

RESEARCH ARTICLE

Deteksi Keadaan Tanah Kebun Teh Untuk Optimalisasi Produksi Di Perkebunan Rakyat CPCL Sebagai Upaya Untuk Mendukung Produksi Berkelanjutan

Diyah Widiyasari , Vinsensius Sigit Widhi Prabowo*, Aloysius Adya Pramudita, Erna Sri Sugesti

School of Electrical Engineering, Telkom University, Telekomunikasi Street, 40257, West Java, Indonesia

*Corresponding author: vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id / Telkom University

Received on (19/Mei/2025); accepted on (30/Mei/2025)

Abstrak

Kelompok tani Batu Belang Medal merupakan bagian dari perkebunan rakyat yang memiliki potensi budidaya teh yang baik, namun masih menghadapi berbagai kendala adaptasi teknologi. Keterbatasan akses terhadap teknologi, rendahnya tingkat adopsi inovasi, dan metode pemetaan lahan yang masih manual menjadi hambatan utama dalam pengelolaan kebun teh. Petani cenderung melakukan perlakuan seragam pada seluruh lahan tanpa mempertimbangkan perbedaan kondisi tanah dan tanaman, yang berdampak pada pemborosan sumber daya serta rendahnya efisiensi produksi. Penelitian ini mengusulkan penggunaan sistem berbasis kamera multispektral, radar, drone, dan GPS untuk memetakan kondisi tanah meliputi kadar air air dan tingkat kesuburan tanah untuk mengatasi permasalahan produktivitas. Hasil uji menunjukkan bahwa 91% titik memiliki komposisi tanah dominan 60%, dengan kadar air terendah sebesar 22%. Sebanyak 75% titik sampel mengalami defisiensi unsur hara utama (N, P, K, Mg), dan hanya 5% yang kekurangan N dan K saja. Teknologi ini terbukti mampu mengidentifikasi kebutuhan spesifik lahan, sehingga dapat membantu petani rakyat dalam pengambilan keputusan berbasis data untuk mendukung peningkatan produksi secara berkelanjutan.

Keywords: Defisiensi hara, *Ground Penetrating Radar*, Kandungan air tanah, Kesuburan tanah, Perkebunan

Pendahuluan

Salah satu sentra produksi teh di Indonesia adalah perkebunan teh Calon Petani Calon Lahan (CPCL). Salah satu kelompok tani di Kawasan CPCL ini adalah kelompok tani Batu Belang Medal. Kelompok tani ini memiliki pengalaman yang cukup baik dalam mengelola perkebunan. Kelompok ini kebanyakan berusia mid-produktif (40-60 tahun) dengan latar belakang Pendidikan yang bervariasi (Tingkat SD hingga sarjana). Karena profil inilah kelompok tani Batu Belang Medal menghadapi tantangan dalam adaptasi teknologi dan metode pertanian yang modern [1]. Karena mayoritas petani memiliki latar belakang Pendidikan yang cukup terbatas, mereka memiliki juga keterbatasan dalam akses informasi terbaru dan teknologi perkebunan yang relevan. Beberapa anggota kelompok yang memiliki latar belakang pendidikan yang lebih tinggi sangat berperan penting dalam membantu kelompok ini untuk mengakses informasi dan pengetahuan yang baru [2].

Dengan pengalaman yang cukup mumpuni (5-10 tahun) kelompok tani Batu Belang Medal memiliki dasar yang kuat terkait pemahaman dasar praktik penanaman teh. Tetapi, pengalaman ini tidak selalu menjamin tingkat produktifitas yang optimal. Hal ini dikarenakan terbatasnya akses terhadap teknologi modern dan informasi baru terkait pengelolaan perkebunan teh yang efektif dan efisien. Sebelumnya, kelompok tani ini sudah mendapatkan bantuan dari program GPATN. Bantuan yang diberikan adalah bantuan teknis dan bantuan material dalam pengelolaan perkebunan teh. Walaupun sudah memberikan dampak positif, tetapi belum menyelesaikan secara penuh masalah optimasi produksi dan pengelolaan perkebunan [3].

Masalah utama yang dihadapi kelompok tani Batu Belang

Medal, dan juga kelompok tani pada umumnya adalah proses pemetaan dan pendataan tanaman di area perkebunan. Kelompok tani biasanya melakukan treatment yang sama untuk semua pohon di areanya. Hal ini menyebabkan beberapa area yang sebenarnya membutuhkan perhatian lebih dan intervensi penanganan yang intensif mengalami defisiensi nutrisi, yang tentunya berpengaruh dalam proses pertumbuhan, dan juga dalam hal kualitas dan kuantitas hasil panen. Petani sangat menggantungkan sumber pendapatan utama pada hasil panen, sehingga dalam jangka panjang, bila tidak ditangani dengan baik, akan menyebabkan kerugian ekonomi yang cukup signifikan [4].

Penanganan area yang dibuat secara makro dan tidak mendetail biasanya dikarenakan adanya keterbatasan pengetahuan, informasi, dan alat yang digunakan oleh kelompok tani. Biasanya para petani mengandalkan pengamatan secara visual dan sederhana, serta pengalaman lampau dalam melakukan pemetaan dan penanganan di area perkebunan. Metode ini memiliki kekurangan dalam keakuratan dan membutuhkan waktu yang cukup panjang, sehingga penanganan yang dilakukan sering tidak tepat dan terlambat. Pemupukan yang dilakukan secara makro pun dapat mengakibatkan pemborosan dalam biaya pemeliharaan sehingga membuat biaya produksi ikut meningkat [5].

Luas tanah yang cukup kecil (0,5 – 1 hektar) dengan kepadatan tumbuhan yang cukup tinggi (5000-8000 pohon) juga membuat proses pemetaan manual secara visual lebih sulit dilakukan. Dengan kepadatan tanaman yang cukup tinggi, kebutuhan nutrisi per tanaman akan menjadi lebih tinggi [6]. Proses pemetaan yang tidak baik dan proses pemupukan yang dilakukan secara makro juga akan membuat defisiensi nutrisi pada bagian lahan yang kekurangan nutrisi dan pemupukan yang

berlebihan dibagian lahan yang sudah cukup subur. Hal ini tidak hanya mengurangi kefektifan dalam penggunaan sumber daya, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan struktur tanah yang secara jangka panjang dapat menurunkan Tingkat Kesuburan tanah [4].

Selain itu masalah lain yang dihadapi kelompok tani Batu Belang Medal adalah masalah sertifikasi perkebunan. Kebun yang belum tersertifikasi memberikan batasan dalam menemukan pasar yang lebih luas, yang biasanya memerlukan syarat sertifikasi lahan sebagai syarat utama. Sedangkan proses sertifikasi lahan biasanya memerlukan standar tertentu terkait praktik pengelolaan perkebunan yang berkelanjutan, yang hingga saat ini belum diterapkan secara utuh oleh kelompok tani ini [2]. Status pengelolaan lahan juga menjadi masalah tersendiri. Saat ini status pengelolaan lahan yang dikelola kelompok tani ini masih bervariasi (milik sendiri dan milik negara). Lahan milik sendiri cenderung bersifat lebih fleksibel dalam proses pengelolaannya, tetapi tanpa dukungan pengetahuan dan pengelolaan yang baik, produktifitasnya menjadi terbatas. Sementara lahan milik negara memiliki keterbatasan dalam proses investasi jangka panjang, peningkatan infrastruktur dan penerapan teknologi terkini [6].

Faktor lain seperti kurangnya dukungan sosial dan finansial juga perlu diperhatikan dan menambah kompleksitas masalah kelompok tani Batu Belang Medal. Petani dengan sumber daya yang terbatas biasanya mengalami kesulitan dalam meningkatkan hasil panen [1]. Ketidakseimbangan rantai pasok juga menjadi masalah tambahan bagi petani. Ketidak seimbangan antara produsen kecil dengan produsen besar menyebabkan pula ketidakseimbangan dalam distribusi keuntungan antar petani [7]. Dalam konteks global, praktik pertanian berkelanjutan dan sertifikasi sangat penting untuk menjaga daya saing teh Indonesia di pasar internasional [8].

Tinjauan Pustaka

Kandungan Air Tanah dan Tingkat Kesuburan Tanah

Kandungan air dan tingkat kandungan hara tanah merupakan salah satu parameter penting dalam aktivitas perkebunan. Dengan pengukuran yang tepat, pemupukan efektif dapat dilakukan. Kelebihan atau kekurangan dalam proses penyiraman dan pemupukan dapat berakibat langsung terhadap hasil panen. Kandungan air tanah optimal berada di angka 30%-70% [9]. Tanah yang terlalu kering dapat mengakibatkan tanaman menjadi kering juga, sedangkan tanah yang terlalu basah akan membuat tanaman akan cepat membusuk karena kelebihan air. Beberapa tanaman bisa jadi memerlukan tingkat kandungan air tanah yang berbeda-beda.

Tanah yang baik untuk perkebunan haruslah mengandung beberapa unsur berikut antara lain [10]:

1. Nitrogen (N)
Merupakan unsur makro utama, esensial untuk pembentukan asam amino, protein, klorofil, dan asam nukleat. Kekurangan Nitrogen menyebabkan daun menguning, pertumbuhan kerdil, dan hasil panen tanaman yang menurun.
2. Fosfor (P)
Zat ini mendukung pembentukan akar, pembelahan sel, bunga, dan biji .
3. Kalsium (K)
Kalsium sangat penting untuk metabolisme karbohidrat, dan proses metabolisme dan aktivitas tumbuhan.
4. Magnesium (Mg)
Mempunyai fungsi penting dalam fotosintesis dan metabolisme energi. Defisiensi Mg tampak sebagai klorosis antara tulang daun dan turunnya kualitas hasil dari fotosintesis.

Waktu pemberian pupuk juga menjadi salah satu Waktu terbaik pemupukan teh dilakukan pada curah hujan 60-200 mm/minggu. Curah hujan yang kurang 60 mm tidak mendukung penguraian sempurna pupuk yang diberikan [11].

Ground Penetrating Radar (GPR)

GPR merupakan metode berbasis gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk menginvestigasi struktur

bawah permukaan tanah secara non-destructif. GPR biasanya digunakan untuk survey benda-benda yang terpendam dangkal, dalam dan pemeriksaan beton. Kelebihan sistem ini adalah tidak merusak bagian tanah karena menggunakan sistem pancaran gelombang elektromagnetik sehingga tidak harus bersentuhan langsung diperlukan tanah [12].

Tidak hanya bisa digunakan untuk mendeteksi benda, namun teknologi ini dapat digunakan untuk bisa mendeteksi kadar air dalam tanah. GPR menggunakan sistem pancaran gelombang elektromagnetik di bawah permukaan tanah dan memberikan estimasi mengenai permitivitas dielektrik relatif (ϵ_r), yang berkaitan dengan kecepatan gelombang elektromagnetik (v), serta konduktivitas listrik (σ), yang berkaitan dengan atenuasi gelombang elektromagnetik (α) dari medium tempat gelombang merambat. Gelombang elektromagnetik dipancarkan oleh antena pemancar (Tx), sedangkan gelombang yang tersebar, terpantulkan, dan terbiaskan dideteksi oleh satu atau beberapa antena penerima (Rx). Terdapat tiga konfigurasi umum pengukuran GPR yang banyak digunakan, yaitu pengukuran di permukaan, di dalam lubang bor (borehole), dan di atas permukaan (off-ground). Persamaan permitivitas ini dapat ditunjukkan pada persamaan 1:

$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2 \quad (1)$$

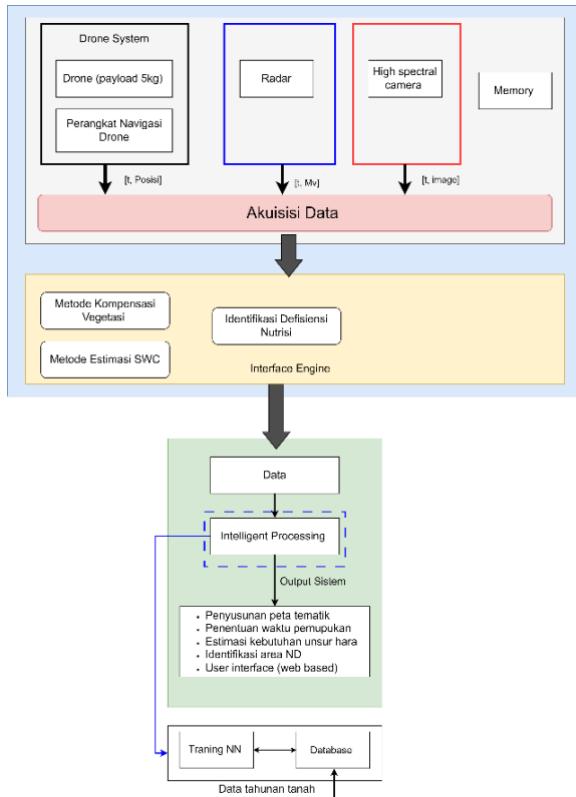
Dengan c adalah kecepatan cahaya di ruang hampa (0,3 m/ns). Sistem GPR komersial biasanya memiliki frekuensi antara 50 MHz hingga 3,6 GHz, dan panjang gelombangnya (λ_c) dihitung dari $\lambda_c = v / f_c$. Dengan demikian, semakin tinggi frekuensinya, semakin kecil panjang gelombangnya, yang memungkinkan pencapaian resolusi yang lebih tinggi dalam karakterisasi bawah [13].

Air memiliki nilai permitivitas dielektrik yang jauh lebih tinggi dibandingkan udara atau partikel tanah kering. Perbedaan ini menyebabkan perubahan kecepatan dan atenuasi (pelemanan) sinyal GPR saat melewati lapisan tanah yang memiliki kadar air berbeda. Dengan menganalisis waktu tempuh dan kekuatan pantulan gelombang, GPR dapat memperkirakan distribusi kadar air di bawah permukaan tanah secara non-destructif dan cepat.

Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem pemetaan kandungan air tanah pada lahan perkebunan teh, untuk membantu petani teh dalam menentukan kadar pupuk pada lahan pertanian. Sistem ini bernama Agriradar karena menggabungkan kamera, radar dan drone. Sistem dirancang menjadi dua bagian utama yaitu sistem akuisisi, analisis data untuk sistem rekomendasi pemupukan. Sistem akuisisi data ini kami memanfaatkan data pengambilan citra kamera multispektral yang digunakan untuk mengetahui kadar nutrisi, sedangkan untuk data radar digunakan untuk mendeteksi kadar air pada tanah. Sistem yang kami buat ini menggunakan drone sebagai sistem scanning pada area perkebunan teh. Desain sistem rancangan kami dapat dilihat pada Gambar 1. Pengolahan data ini melibatkan beberapa komponen input seperti pemetaan data lokasi yang didapatkan dari Integrasi GPS, radar, kamera dan drone.

Pengolahan data dari masing-masing komponen seperti radar, kamera, GPS dan pemetaan menggunakan drone kemudian akan diolah menggunakan metode machine learning untuk bisa menghasilkan keluaran berupa estimasi kesuburan tanaman berupa kadar N, P, K, Mg dan kadar air dalam tanah. Hasil ini juga akan ditampilkan dalam website untuk mempermudah petani dalam memantau tanaman. Ilustrasi akuisisi data kamera, radar, gps dan komponen lainnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Block Diagram Sistem Pengolahan Data AGRIRADAR

Sistem Radar

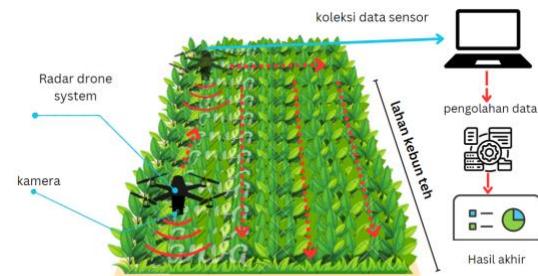
Preprocessing yang pertama diperlukan adalah dengan menggunakan radar, kami menggunakan sistem radar ultra wide band (UWB) Stepped Frequency Continuous Wave (SFCW). Radar ini bekerja dengan mengirimkan gelombang elektromagnetik secara kontinu dengan frekuensi yang berubah dalam rentang 500 MHz sampai dengan 3000 MHz. Hasil sinyal receiver yang diterima pancaran radar ke area kebun teh dibagi menjadi tiga bagian yaitu udara, vegetasi tanaman dan tanah. Kemudian hasil pancaran sinyal radar diolah menggunakan metode FFT untuk mendapatkan tiga kategori sinyal yang representasi ketika bentuk data tersebut.

Sistem Kamera

Kamera multispectral dipasang pada radar drone dan dikendalikan untuk mengambil gambar. Pengambilan gambar daun teh sebagai data set dilakukan di perkebunan teh PPTK, Gambang, Cwidey, Jawa Barat. Pengambilan dataset dilakukan di beberapa area perkebunan teh dengan harapan mendapatkan variasi defisiensi nutrisi yang banyak. Terdapat 8 area yang digunakan untuk mengambil Gambar kamera. Gambar-gambar tersebut kemudian dikelompokan dalam 6 kelas defisiensi unsur hara yaitu kelas pertama N dan K, kelas kedua N, K, Mg, kelas ketiga N, kelas keempat N, P, K, kelas kelima N, P, K, dan Mg, serta kelas terakhir yaitu sehat. Kamera tersebut memiliki 5 buah channel, yaitu channel Green, NIR (Near Infra Red), Red, REG, dan RGB.

Hasil output deteksi kamera ini nantinya akan diproses menggunakan machine learning untuk mengetahui kandungan air dan kandungan hara tanah yang diuji. Konversi gambar NIR ke citra spectral dilakukan dengan mengubah ukuran citra menjadi 256x256, hal ini bertujuan untuk meringankan beban kerja model pada saat dilakukan pelatihan. Model klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan CNN dengan total 4 layer pada feature extraction layer, dan 2 layer pada fully connected layer. Proses pengolahan citra ini dapat tunjukkan pada Gambar 3 dan 4. Hasil training menunjukkan bahwa kondisi konvergen pada akurasi 99%. Sedangkan untuk testing menunjukkan rata akurasi 91% untuk 6 kelas tersebut. Untuk kelas 1 mencapai akurasi 100%, kelas 2 mencapai akurasi 94%, kelas 3 mencapai akurasi 88%,

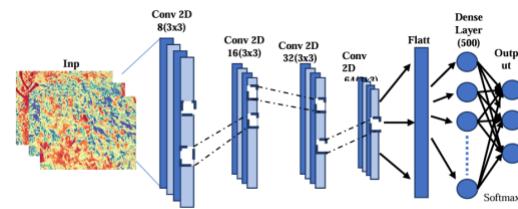
kelas 4 mencapai akurasi 74%, kelas 5 mencapai akurasi 89% dan kelas 6 mencapai akurasi 94%. Ilustrasi model CNN ini dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Ilustrasi pengambilan data



Gambar 3. Pengolahan data citra kamera



Gambar 4. Model CNN untuk pelatihan klasifikasi defisiensi nutrisi pada tanaman teh.



Gambar 5. Proses setting alat pengambilan data



Gambar 6. Pengambilan data Agriradar

Dashboard User Interface

Bagian user interface ini disajikan dalam bentuk website yang terdiri dari beberapa bagian yaitu hasil pengukuran kondisi tanah, kadar air serta rekomendasi pemupukan yang sesuai dengan kondisi tanah saat diukur. Pada dashboard ini dapat dilihat jalur mana saja yang dilewati drone, berapa luas lahan yang diamati, bagaimana kandungan air tiap sampel yang diambil, dan juga kandungan zat hara tanahnya. Dashboard ini didesain agar mudah untuk dimengerti, dilengkapi dengan penanda wama yang memudahkan dalam hal analisis data sampel.

Hasil dan Pembahasan

Pada tanggal 5 Oktober 2025, sudah dilakukan pengabdian masyarakat pada kelompok tani Batu Belang Medal, bekerja sama dengan Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung. Beberapa hal yang dilakukan adalah mengujicoba wahana drone yang sudah dikembangkan. Beberapa fitur yang ditawarkan oleh sistem pemetaan ini antara lain :

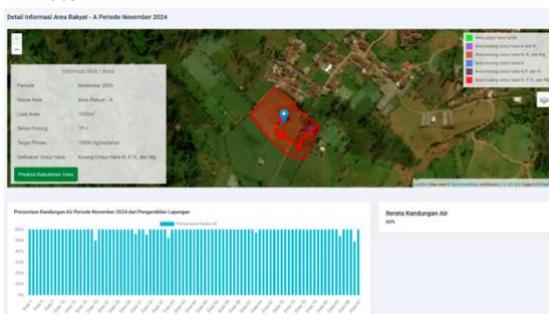
1. Penyediaan peta tematik lahan yang termasuk kandungan air lahan dan estimasi kondisi defisiensi hara lahan yang akan berpengaruh dengan pertumbuhan tanaman.
2. Justifikasi waktu pemupukan
3. Estimasi jumlah pupuk yang dibutuhkan
4. Lokasi pemupukan
5. Dashboard berupa website yang menampilkan informasi-informasi dari lahan yang ditinjau.

Hal ini dirasa dapat meningkatkan kinerja dari kelompok tani ini, karena dengan adanya sistem monitoring AGRIRADAR ini, percepatan pengukuran kandungan air tanah dapat dilakukan menjadi beberapa menit (tadinya dalam hitungan jam), dan juga kebutuhan unsur hara lahan yang nantinya akan menunjang efisiensi biaya pemeliharaan dan pemupukan tanaman, dan juga ketepatan pengambilan keputusan pada lahan tersebut.

Sistem radar terbang selama sekitar 40 menit pada lahan seluas 1000 m². Hasil dari monitoring sistem AGRIRADAR pada dashboard website dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**. Selama terbang didapati secara umum lahan tersebut memiliki kandungan air hingga 60%, dan cukup banyak mengalami defisiensi hara. Data pengambilan sample oleh sistem AGRIRADAR dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan hasil pengambilan data dan hasil deteksi sistem radar dapat dilihat pada

Ketinggian terbang 3 meter

Tabel 2.



Gambar 7. Hasil Monitoring Sistem Agriradar pada Dashboard

Tabel 1. Parameter Pengambilan Sample AGRIRADAR pada Lahan

Parameter	Nilai
Luas Lahan	1000 m ²
Durasi Terbang	40 menit
Jumlah sampel	79 titik sampel
Ketinggian terbang	3 meter

Tabel 2. Parameter Hasil Uji

Parameter Hasil Uji	Jumlah	Percentase
Kandungan air 60%	72	91,14%
Kandungan air <60%	7	8,86%
Kekurangan N, P, K, dan MG	59	74,68%
Kekurangan N, P, dan K	14	17,72%
Kekurangan N, dan K	4	5,06%
Kekurangan N, K, dan MG	2	2,53%

Dari hasil uji lahan dengan sistem radar, didapatkan hasil bahwa tanah pada lahan yang diuji memiliki mayoritas kandungan tanah 60% (91% titik sampel) dengan kandungan air yang paling rendah berada di 22% (1 titik sampel). Secara umum, lahan yang diuji mengalami defisiensi hara di semua aspek (N, P, K, dan MG) dengan hampir 75% titik mengalami defisiensi di semua aspek, dan hanya 5% titik sampel yang mengalami kekurangan zat N, dan K.

Kesimpulan

Hasil dari kegiatan pengabdian masyarakat ini mendapat feedback yang sangat baik dari masyarakat petani. Mereka beranggapan dengan adanya sistem radar ini, pemupukan dapat dilakukan dengan tepat di setiap titik yang memang diperlukan pemupukan. Hal ini dapat mengurangi jumlah pupuk yang digunakan karena tidak diperlukan proses pemupukan secara merata dan keseluruhan, cukup di titik yang mengalami defisiensi hara saja.

Daftar Pustaka

- [1] M. I. K. Imam, H. Setiadi, and W. Sumadio, "Tea smallholder sustainability, a case study in Cisitu Village, West Java, Indonesia," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 561, no. 1, p. 012014, Aug. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/561/1/012014.
- [2] K. Sita, S. H.-I. J. of T. Science, and undefined 2016, "The Self-Reliance of Member on Tea Smallholder Farmer Groups in West Java Province, Indonesia," *teascience.inK Sita, SS HariadiInternational Journal of Tea Science, 2016-teascience.in*, p. 66, 2016, doi: 10.20425/ijts.01of.9580.
- [3] U. S. Riani, H. Hasnah, and I. W. Syarfi, "Analysis of Factors Affecting the Productivity of Smallholder Tea Farming in Solok Regency, West Sumatra," *International Journal of Agricultural Sciences*, vol. 6, no. 2, pp. 75–79, Dec. 2022, doi: 10.25077/IJASC.6.2.75-79.2022.
- [4] R. Hajiboland, "Nutrient Deficiency and Abundance in Tea Plants: Metabolism to Productivity," *Stress Physiology of Tea in the Face of Climate Change*, pp. 173–215, Nov. 2018, doi: 10.1007/978-981-13-2140-5_9.
- [5] P. Chivenge, K. Saito, M. A. Bunquin, S. Sharma, and A. Dobermann, "Co-benefits of nutrient management tailored to smallholder agriculture," *Glob Food Sec*, vol. 30, p. 100570, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.GFS.2021.100570.
- [6] I. Jelsma, L. S. Woittiez, J. Olivier, and A. H. Dharmawan, "Do wealthy farmers implement better agricultural practices? An assessment of implementation of Good Agricultural Practices among different types of independent oil palm smallholders in Riau, Indonesia," *Agric Syst*, vol. 170, pp. 63–76, Mar. 2019, doi: 10.1016/J.AGSY.2018.11.004.
- [7] W. Sumadio, E. Andriesse, F. Aprilianti, and A. Sulyat, "Droughts and debts: The domestic tea value chain and vulnerable livelihoods in Girimukti village, West Java, Indonesia," *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, vol. 118, no. 1, Mar. 2017, Accessed: Aug. 23, 2024. [Online]. Available: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2017010351858>
- [8] R. Suprihatini, "Supply chain analysis of Indonesia tea," *Jurnal Sains Teh dan Kina*, vol. 18, no. 2, Mar. 2015, doi: 10.22302/PPTK.JUR.JPTK.V18I2.72.
- [9] Y. Sulæman, E. Sutanto, A. Kasno, N. Sunandar, and R. D. Purwaningrahayu, "Developing and Testing a Portable Soil Nutrient Detector in Irrigated and Rainfed Paddy Soils from Java, Indonesia," *Computers*, vol. 13, no. 8, Aug. 2024, doi: 10.3390/computers13080209.
- [10] A. Baliyan *et al.*, "Stella International TM Publication Advances in Agronomy," 2015.
- [11] M. Syakir, *Budidaya dan Pasca Panen Teh*. 2010.
- [12] F. Oktafiani, "Sistem Ground Penetrating Radar untuk Mendeteksi Benda-benda di Bawah Permukaan Tanah."
- [13] A. Klotzsche, F. Jonard, M. C. Looms, J. van der Kruk, and J. A. Huisman, "Measuring Soil Water Content with Ground Penetrating Radar: A Decade of Progress," *Vadose Zone Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, Jan. 2018, doi: 10.2136/vzj2018.03.0052.