
Pengembangan Kesesuaian Lahan Pala Fakfak (*Myristica Argante Warb*) untuk Peningkatan Produksi

Feyzah Sheila Lamadi^{1*}, Ishak MUSAAD², Sartji Taberima³

Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kabupaten Fakfak, Indonesia¹

Universitas Papua, Manokwari, Indonesia^{2,3}

Email: feyzahlamadi84@gmail.com^{1*}

Abstrak:

Produksi Pala Fakfak (*Myristica argantea Warb*) di Kabupaten Fakfak masih tergolong rendah meskipun memiliki luas lahan yang besar. Salah satu permasalahan utama adalah ketidaksesuaian karakteristik lahan lokal dengan kebutuhan spesifik tanaman, karena selama ini evaluasi lahan masih mengacu pada standar Pala Banda. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik lahan Pala Fakfak, menganalisis hubungan antara karakteristik lahan dengan produksi, serta memodifikasi kriteria kesesuaian lahan menggunakan pendekatan boundary line analysis. Metode yang digunakan adalah studi deskriptif dengan pengambilan sampel di 15 lokasi, analisis kimia tanah, korelasi, regresi stepwise, dan peneraan produksi berdasarkan standar FAO (1976). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas kesesuaian lahan aktual didominasi S3 dengan faktor pembatas utama berupa curah hujan, kedalaman tanah, bahan kasar, batuan permukaan, dan singkapan batuan. Karakteristik lahan yang paling berpengaruh terhadap produksi adalah K tersedia, tekstur tanah, dan bahan kasar. Implikasi dari hasil penelitian ini adalah perlunya pengembangan kriteria kesesuaian lahan spesifik untuk Pala Fakfak agar program peningkatan produksi lebih efektif. Selain itu, hasil ini dapat digunakan untuk memperbaiki kebijakan pengembangan agribisnis lokal dan optimalisasi pemanfaatan lahan sesuai kebutuhan tanaman endemik.

Kata kunci : Kesesuaian lahan; Metode Garis batas; Karakteristik lahan; Pala Fakfak

Abstract:

*The production of Fakfak Nutmeg (*Myristica argantea Warb*) in Fakfak Regency remains relatively low despite the region's extensive land area. One major issue is the mismatch between local land characteristics and the specific needs of the crop, as previous land evaluations have relied on the standards for Banda Nutmeg. This study aims to evaluate the land characteristics of Fakfak Nutmeg, analyze the relationship between land characteristics and nutmeg production, and modify land suitability criteria using a boundary line analysis approach. The method employed was a descriptive study involving soil sampling at 15 locations, soil chemical analysis, correlation tests, stepwise regression, and production classification based on FAO (1976) standards. The results showed that the current land suitability is predominantly classified as S3, with major limiting factors including rainfall, soil depth, coarse material content, surface rocks, and rock outcrops. The most influential land characteristics affecting production are available potassium (K), soil texture, and coarse material content. The implications of this study highlight the need to develop specific land suitability criteria for Fakfak Nutmeg to enhance production programs effectively. Moreover, these findings can inform policies for local agribusiness development and optimize land use based on the crop's ecological requirements.*

Keywords: Land suitability; Boundary Method; land characteristics; Fakfak Nutmeg

Article Info:

Submitted: 15-04-25

Final Revised: 28-04-25

Accepted: 02-05-25

Published: 07-04-25

Corresponding: Feyzah Sheila Lamadi
E-mail: feyzahlamadi84@gmail.com



PENDAHULUAN

Pala merupakan salah satu komoditi yang cukup diminati di seluruh dunia dan Indonesia merupakan salah satu negara penghasil serta pengeksport Pala dunia, selain India, Srilangka, Grenada dan negara lainnya (Hafif, 2021; Heriyanto & Asrol, 2017). Penggunaan Pala sangat beragam dimulai sebagai rempah-rempah atau bumbu masakan hingga ke industri kosmetik (Trifan et al., 2023) , farmasi (de Souza Basso et al., 2021; Matulyte et al., 2020). Di Indonesia sendiri, Pala sudah tersebar diberbagai daerah, namun ada 5 wilayah penghasil Pala yang cukup besar, yaitu Aceh, Maluku,Sulawesi Utara, Maluku Utara, Papua Barat (Heriyanto & Asrol, 2017). Menurut Menurut (Heriyanto and Asrol, 2017) pada tahun 2007 hingga 2016 indeks spesialisasi perdagangan (ISP) ekspor Pala menunjukkan nilai sebesar 0,988, yang artinya Indonesia berada pada tahap kematangan untuk pengeksport Pala, sedangkan nilai *revealed comparative advantage* (RCA) mencapai 19,554 menggambarkan kecenderungan Indonesia sebagai negara pengeksport Pala dunia dengan daya saing yang kuat, walaupun disisi lain nilai *constant market share* Pala Indonesia memiliki pertumbuhan standart yang negatif, artinya terdapat kemunduran nilai ekspor Pala Indonesia lebih kecil dibandingkan dengan komoditi ekspor lainnya.

Usaha peremajaan Pala oleh Kementerian Pertanian pada tahun 2020 telah dilakukan diberberapa daerah di Indonesia seluas 42.900 hektar termasuk di Kabupaten Fakfak, salah satu usaha untuk meningkatkan produksi dan pertumbuhan hasil Pala yang ditargetkan naik sebanyak 2,28 % di tahun 2024 (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, 2020). Pala di Papua Barat memiliki kontribusi produksi 8,6% dari keseluruhan produksi Pala nasional yang dihasilkan dari perkebunan rakyat yang dikelola secara tradisional dengan peralatan seadanya (Suaery, Amal & Akbar, 2022). Fakfak merupakan salah satu kabupaten penghasil Pala terbesar dengan jenis *Myristica argantea* Warb di wilayah Papua. Keunggulan lainnya dari Pala adalah kandungan minyak atsiri, namun kandungan minyak atsiri Pala Fakfak lebih rendah dibandingkan dengan Pala Banda (Marzuki et al., 2014). Pala Fakfak memiliki keunggulan tersendiri, yaitu tingginya kandungan *safrol*, *sabinen*, *bethapellandrene*, dan *hidrokarbon beroksigen* (Musaad et al., 2017), serta tingginya lemak pala yang dapat digunakan dalam sabun serta parfum (Wahyuni & Bermawie, 2020). Menurut (Yuanjaya, 2018) bahwa potensi sektor agribisnis kabupaten Fakfak cukup besar dan telah menunjukkan produktivitas yang cukup berarti dengan adanya kegiatan perkebunan dan dana otonomi khusus yang digunakan secara masif pada program pengembangan Pala.

Namun pada kenyataannya produksi pala fakfak masih jauh dari harapan, luas lahan Pala Fakfak mencapai 18.547 ha tetapi produksinya hanya mencapai 1.542 ton di tahun 2023. Menurut (Wahyuni and Bermawie, 2020) produktivitas biji pala tergolong rendah, hanya mencapai 175 kg/ha/tahun, produktivitasnya Pala Fakfak rendah akibat pemilihan bibit pala yang tidak sesuai standart untuk budidaya. Pengaruh Iklim, ketinggian tempat, temperatur rata-

rata, jenis tanah, curah hujan, kesuburan tanah termasuk sifat fisik dan kimia tanah merupakan faktor-faktor yang mempunyai peranan penting untuk pertumbuhan tanaman (Hafif et al., 2017). Hasil penelitian (Hay et al., 2020) menyatakan bahwa distrik Fakfak Tengah, Timur Tengah dan distrik Fakfak Timur merupakan wilayah pengembangan tinggi untuk agropolitan berbasis tanaman Pala, sementara distrik lainnya berada pada kelas pengembangan agak tinggi dan sedang, kriteria ini berdasarkan Permen PU No 20 tahun 2007 yang mengacu pada parameter curah hujan, hari hujan, temperatur, ketinggian tempat, kelerengan, kelembaban, pH tanah, drainase, kedalaman serta tekstur tanah. Sedangkan menurut (Musaad et al., 2016) pola distribusi Pala dan kondisinya pada tiap distrik bergantung pada perbedaan karakter serta variasi lahan.

Pengembangan komoditas pertanian perlu memperhatikan syarat tumbuh tanaman tersebut serta kesesuaian dengan lahan yang akan dikembangkan. Pemilihan komoditas pertanian yang sesuai secara biofisik dan layak secara ekonomi untuk dibudidayakan serta alternatif teknologi pengelolaannya pada masing-masing wilayah berdasarkan atas lingkungan dan karakteristiknya (Wahyunto et al., 2016). Bagi para petani yang mengusahakan Pala sebagai mata pencahariannya, tentu dihadapkan pada usaha untuk memperbaiki kualitas tanaman. Begitu pula bagi pemerintah daerah yang menggali permasalahan tentang produksi Pala di Kabupaten Fakfak berdasarkan hasil evaluasi kesesuaian lahan sehingga mendapatkan input apa yang digunakan untuk memperbaiki faktor pembatasnya.

Pala Fakfak yang merupakan tanaman endemik Fakfak, varietas Fakfak ini dilepas dengan surat keputusan Menteri Pertanian No 95 tahun 2017. Menurut (Musaad et al., 2016) : kesesuaian lahan tanaman Pala di Kabupaten Fakfak berupa cukup (S2) dan sesuai marjinal (S3) dengan faktor pembatas berupa retensi hara dan bahaya erosi, sedangkan penelitian terbaru LPP Yogyakarta, (2022) menyatakan bahwa kesesuaian lahan tanaman Pala adalah S3 dengan faktor pembatas berupa ketersediaan air (curah hujan yang tinggi). Sebelumnya evaluasi kesesuaian lahan Pala Fakfak selalu menggunakan parameter kesesuaian lahan Pala Banda (*Myristica fragrance* L Houtt), padahal Pala Fakfak (*Myristica argante* Warb) memiliki karakteristik yang berbeda dengan Pala Banda, sehingga perlu dilakukan pengkajian ulang tentang karakteristik lahan Pala Fakfak di Kabupaten Fakfak sebagai bahan koreksi kriteria kesesuaian lahan Pala Banda Versi Djaenuddin *et al.* (2011) dan dimodifikasi untuk kriteria kesesuaian lahan bagi Pala Fakfak di Kabupaten Fakfak.

Produktivitas Pala Fakfak (*Myristica argantea* Warb) di Kabupaten Fakfak masih tergolong rendah meskipun memiliki luas lahan yang cukup besar. Ketidaksesuaian karakteristik lahan dengan kebutuhan optimal tanaman menjadi salah satu penyebab utama rendahnya produksi. Selama ini, evaluasi kesesuaian lahan di Fakfak masih mengacu pada kriteria Pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt), padahal kedua varietas ini memiliki karakteristik fisiologi dan ekologi yang berbeda. Kondisi ini menimbulkan perlunya kajian ulang terhadap karakteristik lahan lokal yang spesifik untuk varietas Pala Fakfak, agar dapat memodifikasi parameter kesesuaian lahan sesuai dengan kebutuhan aktual.

Faktor-faktor pembatas seperti curah hujan yang tinggi, kedalaman tanah yang dangkal, kandungan bahan kasar dalam tanah, serta keberadaan batuan permukaan dan singkapan batuan diketahui berpengaruh signifikan terhadap produktivitas Pala Fakfak. Tanpa adanya perbaikan kriteria kesesuaian lahan yang berbasis pada karakteristik asli Pala Fakfak, program peningkatan produksi dikhawatirkan tidak akan berjalan efektif. Oleh karena itu, diperlukan

pendekatan ilmiah untuk mengevaluasi faktor-faktor pembatas dan menetapkan kriteria baru kesesuaian lahan yang lebih adaptif.

Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya memperbaharui kriteria kesesuaian lahan berdasarkan karakteristik spesifik Pala Fakfak, bukan lagi hanya berdasarkan standar Pala Banda. Dengan adanya kriteria kesesuaian lahan yang lebih tepat, diharapkan peningkatan produktivitas Pala Fakfak dapat tercapai secara optimal, mendukung program peremajaan dan pengembangan komoditas unggulan daerah, serta memperkuat daya saing ekspor pala nasional dari Papua Barat.

Penelitian MUSAAD et al. (2016) mengkaji karakteristik lahan tanaman Pala di Kabupaten Fakfak dan menemukan bahwa faktor retensi hara dan risiko erosi menjadi pembatas utama kesesuaian lahan. Namun, penelitian ini masih menggunakan pendekatan umum tanpa spesifikasi untuk varietas Pala Fakfak.

Studi Hay et al. (2020) lebih menekankan pada aspek pengembangan wilayah agropolitan berbasis tanaman Pala di Fakfak dengan mengacu pada faktor lingkungan seperti curah hujan, suhu, dan tekstur tanah, tetapi tidak secara langsung memodifikasi parameter kesesuaian lahan berdasarkan produksi aktual Pala Fakfak.

Penelitian LPP Yogyakarta (2022) memberikan update bahwa faktor pembatas utama di wilayah ini adalah ketersediaan air akibat curah hujan yang sangat tinggi. Akan tetapi, penelitian tersebut belum melakukan integrasi antara hasil produktivitas aktual dengan kriteria evaluasi lahan menggunakan metode boundary line analysis yang lebih presisi.

Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya fokus pada evaluasi lahan berdasarkan standar Pala Banda atau pendekatan umum tanpa memperhitungkan karakteristik spesifik Pala Fakfak. Selain itu, belum ada penelitian yang secara sistematis menghubungkan faktor karakteristik lahan dengan produktivitas aktual melalui metode boundary line untuk memodifikasi kriteria kesesuaian lahan berdasarkan data lokal.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penerapan boundary line analysis untuk menetapkan batasan baru kesesuaian lahan Pala Fakfak berdasarkan hubungan empiris antara karakteristik tanah dengan produktivitas aktual. Penelitian ini menghasilkan modifikasi kriteria kesesuaian lahan spesifik untuk Pala Fakfak, termasuk batasan baru untuk kandungan K tersedia, tekstur tanah, dan bahan kasar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik lahan Pala Fakfak, menganalisis hubungan antara faktor-faktor karakteristik lahan dengan produksi, serta memodifikasi kriteria kesesuaian lahan berdasarkan data produktivitas aktual melalui pendekatan boundary line analysis guna meningkatkan akurasi dalam menentukan kesesuaian lahan Pala Fakfak.

Penelitian ini bermanfaat secara teoritis dalam memperkaya pendekatan evaluasi kesesuaian lahan berbasis komoditas lokal, serta secara praktis memberikan rekomendasi kriteria baru yang dapat digunakan oleh pemerintah daerah, petani, dan stakeholder agribisnis untuk meningkatkan produktivitas Pala Fakfak melalui pengelolaan lahan yang lebih sesuai dengan kebutuhan tanaman.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan deskriptif kualitatif di beberapa distrik penghasil Pala yaitu Distrik Pariwari, Fakfak Barat, Fakfak Tengah, Teluk Patipi, Furwagi, Kokas, Kramongmongga dan Kayauni. Pengambilan data dilakukan berdasarkan satuan pemetaan lahan (5 SPL). Ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu pengamatan karakteristik lahan, pengambilan sampel tanah untuk analisis kimia tanah dan pengambilan data produksi, setelah itu data karakteristik lahan di *matching* dengan Pedoman evaluasi kesesuaian lahan versi Djaenudin et al 2011 yang akan mengetahui faktor pembatas tiap SPT, sedangkan data produksi diolah untuk mengetahui produktivitas lahannya, dilanjutkan dengan pengolahan data karakteristik lahan dengan data produksi untuk mengetahui korelasi dan hubungan antara variabel tersebut, lalu dilakukan peneraan produksi untuk memodifikasi kriteria kesesuaian lahan, disesuaikan dengan kelas kesesuaian produksi, dimana FAO (1976) dalam (Mimboro et al., 2015) mengelompokkan kelas produksi S1 yang nilainya 80-100% dari produksi maksimum), S2 bernilai 60-80% dari produksi maksimum sedangkan untuk S3 40%-60% dari total produksi maksimum, serta kelas N bernilai <40% dari produksi maksimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi-lokasi pengambilan sampel yang telah diambil berada di ketinggian 30-300 m dpl dan tersebar di beberapa distrik yaitu ; Distrik Fakfak Tengah, Distrik Pariwari, Distrik Fakfak Barat, Distrik Teluk Patipi, Distrik Furwagi, Distrik Kokas, Kramongmongga dan Kayauni sesuai dengan satuan pemetaan lahan (SPL) yang berasal dari overlay peta topografi, jenis tanah dan peta geologi. Wilayah penelitian ini memiliki jenis tanah Entisol dengan seri tanah Udorthents dan Endoaquent. Sedangkan menurut jenis formasi batuan, lokasi-lokasi tersebut memiliki jenis formasi Anggota Batugamping Rumbari, Batu Gamping Ogar dan Formasi Batu Gamping Onim.

Proses mengidentifikasi karakteristik lahan ini dilakukan dengan mendeskripsikan seluruh parameter yang dijumpai di lapangan, hasil analisa sampel tanah, pengamatan lapangan dan juga hasil dari mengolah data sekunder. dari temperatur rata-rata harian dalam kurun waktu 10 tahun terakhir berkisar 23 – 28⁰C. Kabupaten Fakfak masuk dalam kriteria S1 (sangat sesuai) dengan kriteria yang ditetapkan oleh Djaenudin *et al.* (2011). Pengaruh suhu terhadap tanaman yaitu dapat mempengaruhi berbagai aspek fisiologi tanaman seperti fotosintesis, respirasi, dan metabolisme. Penelitian (Saputri et al., 2022) menunjukkan bahwa suhu berperan penting dalam proses fotosintesis, dan suhu optimal untuk fotosintesis adalah antara 25 dan 35 derajat Celcius, namun suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan stres panas pada tanaman. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kenaikan suhu dapat mempengaruhi komposisi karbon dioksida di atmosfer, sehingga berkontribusi terhadap berkurangnya ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit (Nurindah & Yulianti, 2018).

Dikarenakan data temperatur udara di tiap lokasi tidak tersedia, maka digunakan rumus Braak (Purwantara, 2018) sebagai berikut :

$$t = 26,30C - \frac{(0,61-h)}{100}$$

Keterangan :

t : suhu udara

26,3: suhu rata-rata tahunan

0,61 : gradien suhu setiap kenaikan 100 m

h : ketinggian tempat

Hasil perhitungan rumus Braak ini menggambarkan suhu terendah lokasi 24,5⁰C hingga paling tinggi 26,12⁰C. Sehingga kisaran suhu ini masih berada pada kriteria kesesuaian lahan sangat sesuai atau S1.

Seperti halnya temperatur udara, ketersediaan air juga merupakan salah satu faktor kunci pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Air berperan sebagai media transportasi unsur hara, mendukung proses fotosintesis, dan menjaga keseimbangan perluasan sel yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Tanpa ketersediaan air yang cukup, tanaman tidak dapat tumbuh secara optimal sehingga dapat mengakibatkan penurunan hasil panen secara signifikan. Berikut ini adalah beberapa karakteristik lahan yang dipandang penting yaitu curah hujan, kelembaban udara dan lama masa kering.

Berdasarkan data yang diperoleh dari BMKG-Torea, dapat dilihat curah hujan tertinggi adalah 4619,5 mm pada tahun 2022 sedangkan curah hujan terendah pada tahun 2015 1781,1 mm sehingga curah hujan rata-rata dalam kurun waktu 10 tahun adalah 3419,56 mm sehingga dapat dimatchingkan kelas kesesuaiannya adalah S3 (3000-4000 mm/thn). Menurut (2019), intensitas curah hujan yang tinggi mempengaruhi kapasitas infiltrasi yang cepat jenuh dan laju infiltrasi menjadi lebih rendah dibandingkan laju limpasan. Namun, kebun Pala memiliki vegetasi yang sangat rapat sehingga mengurangi dampak air hujan. Menurut Kartasapoetra (2010) dalam Sarminah et al, (2018) lahan bervegetasi umumnya memiliki daya serap air yang lebih tinggi karena adanya sisa-sisa tumbuhan di permukaan tanah. Air hujan juga tertahan oleh tajuk tanaman dan tidak langsung mengenai permukaan tanah.

Kelembaban udara yang tercatat dalam data pengamatan stasiun meteorologi torea adalah kisaran kelembaban udara yaitu 70-90%, hingga dikategorikan masuk dalam kesesuaian S2 atau S3. Salah satu hal yang mempengaruhi kelembaban adalah jarak tanam, sedangkan penanaman Pala Fakfak secara umum tidak menggunakan jarak tanam ideal. Pada sistem tanam campuran, peningkatan kelembaban dapat memperbaiki iklim mikro, mempengaruhi penyerapan cahaya, dan menurunkan produksi buah akibat persaingan intraspesifik antar pohon pala (Madiki et al., 2015).

Lama masa kering berturut-turut < 60 mm sehingga sesuai dengan data curah hujan, Kabupaten Fakfak masuk dalam kategori S1 yaitu <2 bulan. Musim kemarau yang panjang mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil pala (*Myristica fragrans*) diberbagai parameter fisiologis dan agronomi. Penelitian (Lestaluhu et al., 2022) menunjukkan bahwa kondisi kekeringan yang berkepanjangan dapat menurunkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan hasil buah secara keseluruhan. Periode pengeringan yang berkepanjangan dapat menghambat perkembangan akar dan penyerapan unsur hara sehingga mengakibatkan cacat pertumbuhan. Menurut (Jannah et al., 2021)) bahwa ada korelasi antara hasil pala ketersediaan air saat musim kemarau sehingga menurunkan jumlah produksi buah yang dipanen serta berat secara signifikan.

Sesuai hasil pengamatan pada semua SPL, diperoleh drainase baik hingga sedang, yang tergolong S1 (sangat sesuai). Drainase tanah sangat penting untuk kesehatan dan pertumbuhan tanaman, karena mempengaruhi ketersediaan air, aerase, serapan unsur hara, dan

perkembangan tanaman secara keseluruhan. Sedangkan tekstur tanah pada masing-masing SPL yang diteliti adalah halus hingga agak halus yang tergolong S1. Tanah berbutir halus sampai sedang merupakan jenis tanah yang partikelnya kecil. Tekstur tanah ditentukan oleh proporsi tiga komponen utama: pasir, debu, dan liat. Tanah dengan struktur halus atau agak halus mempunyai kandungan liat dan debu yang lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan pasir.

Bahan kasar pada media perakaran di lokasi penelitian berada antara 5-45% batuan, baik ukuran kerikil (2-75 mm) maupun kerakal (75-256 mm). SPL yang paling rendah bahan kasarnya adalah SPL 2 sebesar 10% yang masuk dalam kategori S1 sedangkan yang paling banyak memiliki bahan kasar dalam tanah adalah SPL 1 sebesar 35%. Bahan kasar pada media perakaran juga memiliki efek baik dan efek buruk bagi tanaman. Apabila bahan kasar terlalu banyak, akar tanaman akan sulit mendapatkan nutrisi yang cukup, walaupun demikian bahan kasar pada media perakaran juga memiliki beberapa manfaat yaitu dapat meningkatkan aerasi tanah dan menghindari tanaman dari kerusakan akar akibat genangan.

Hasil pengamatan pada titik-titik sampel menunjukkan adanya variasi keadalam efektif tanaman Pala yaitu rata-rata 45 cm hingga 60 cm. Tanaman pala yang ditanam pada tanah dengan kedalaman tanah minimal 60 cm menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan tanaman yang ditanam pada tanah dangkal. Merujuk pada tanah Entisol, merupakan tanah-tanah yang belum berkembang lama, salah satu cirinya adalah solum yang dangkal dan belum banyaknya perkembangan horizon. Tanah yang dangkal menunjukkan sedikitnya ketersediaan ruang bagi perkembangan akar (penetrasi akar) yang nantinya akan berpengaruh terhadap kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara dan air yang pada akhirnya mempengaruhi hasil produksi.

KTK erat kaitannya dengan ketersediaan unsur hara dalam tanah dan merupakan salah satu indikator kesuburan tanah. Semakin besar jumlah kation yang dipertukarkan maka semakin besar pula ketersediaan unsur hara dalam tanah. Sebaliknya jika nilai KTK rendah, maka tanah mungkin kekurangan unsur hara ((Nopsagiarti et al., 2020). Secara keseluruhan, kapasitas tukar kation pada SPL yang diteliti berada pada nilai sedang, tinggi hingga sangat tinggi, yang paling tinggi pada lokasi. Beberapa perbedaan KTK pada lapisan atas dengan yang dibawahnya bisa diakibatkan proses pencucian hara/ *leaching*, senada dengan yang diungkapkan (Georgiou et al., 2022) bahwa adanya nilai KTK pada lapisan bawah tanah yang lebih tinggi dari pada lapisan atas dapat disebabkan peningkatan kandungan liat dan kompleksitas mineral. Namun secara umum kriteria-kriteria ini masih masuk dalam kelas kesesuaian lahan yang sangat sesuai (S1).

Hasil analisis laboratorium menunjukkan kisaran nilai kejenuhan basa dari sedang paling rendah (41%) pada SPL 3 lapisan 0-30 cm dan kriteria tinggi (54,5%) pada lokasi SPL 1 lapisan 30cm-60 cm. Secara umum kelas kesesuaian lahannya adalah Sangat sesuai (S1) dan Cukup Sesuai (S2). Adanya keterkaitan hubungan antara nilai kapasitas tukar kation dengan kejenuhan basa yang tinggi dengan potensi produktivitas tanaman, sehingga bila keduanya cenderung baik, maka tanah akan lebih produktif (Sahfitra, 2023).

Hasil analisis laboratorium sampel tanah rata-rata berkisar pH 6-7, SPL 4 dengan nilai pH yang paling rendah derajat kemasamannya menunjukkan pH 6,14 dengan kriteria agak masam yaitu pada lapisan ke 2 (kedalaman 30-60 cm), demikian juga lapisan diatasnya (kedalaman 0-30 cm) berpH 6,46 dengan kelas kesesuaian lahan S1. Sementara pH pada SPL

yang lain memiliki kriteria sama yaitu netral dengan kisaran pH 6,72-7,45, namun kelas kesesuaian lahannya berbeda-beda. pH yang netral juga bisa disebabkan oleh kandungan bahan induk pembentukan tanah yang didominasi oleh batuan gamping. Beberapa sifat dari tanah berkapur yaitu dengan konsentrasi CaCO_3 yang tinggi menyebabkan pH tanah menjadi lebih tinggi, ini juga berpengaruh pada rendahnya aktivitas mikroba serta memiliki siklus nutrisi dan ketersediaan yang rendah (Brownrigg et al., 2022).

Karbon yang terkandung di dalam sampel tanah bervariasi dari kriteria rendah hingga sangat tinggi. SPL 1 lapisan 30-60 cm memiliki kriteria C-organik yang rendah, jika dibandingkan dengan lapisan olah atau lapisan atasnya (0-30 cm) memiliki nilai C-Organik 2,6% tergolong Sangat sesuai (S1) dengan nilai 0,48% di lapisan 0-30 adalah yang paling rendah. Nilai persen Carbon Organik tertinggi (sangat tinggi) ada pada lokasi SPL3 lapisan 0-30cm yaitu 7,3%, pada lapisan 30-60 cm 3,0% dengan kriteria sedang, pada SPL -SPL lainnya juga bervariasi. Perbedaan persen carbon organik antara lapisan tanah bagian atas (0-30 cm) dan lapisan di bawahnya (30-60cm) namun nilai C organik ini masih masuk dalam kesesuaian lahan S1 atau sangat sesuai. C-Organik sangat berpengaruh pada kualitas dan kesehatan tanah, karena penting untuk sifat fisik, biologi dan kimia tanah, dimana kandungan c-organik tanah berkorelasi juga dengan faktor abiotik seperti iklim (Poeplau & Don, 2023; Yulina & Ambarsari, 2021).

Kandungan Nitrogen dalam tanah pada SPL-SPL yang diteliti rata-rata berkisar rendah hingga sedang, paling rendah adalah pada SPL 2 dengan nilai N-total 0,19 % sedangkan paling tinggi berada pada SPL 5 dan SPL 1 dengan nilai N-total 0,32(pada lapisan 0-30 cm) yang kriterianya adalah sedang, namun pada lapisan 2 (30-60 cm) antara SPL 1 dan SPL 5, nilai N-total yang paling tinggi adalah pada SPL 1 sebesar 0,22 %. Walaupun nitrogen sangat melimpah keberadaannya di alam, namun untuk bisa diserap oleh tanaman, nitrogen harus berada dalam bentuk yang NO_3^- & NH_4^+ yang berasal dari aktivitas organik maupun anorganik (Yulina & Ambarsari, 2021). Kandungan N total yang rendah, dapat disebabkan karena faktor lingkungan baik vegetasi maupun iklim, yang mana vegetasi yang tumbuh disekitarnya belum mampu mengoptimalkan penyerapan nitrogen ke dalam tanah serta iklim setempat baik pH tinggi, curah hujan tinggi maupun panas matahari membuat nitrogen menjadi tercuci atau cepat menguap.

Nisbah atau ratio C/N sangat bervariasi dari kriteria tinggi yaitu pada SPL 3 & SPL 2 lapisan 0-30 cm masing-masing senilai 19,67 hingga yang memiliki kriteria rendah pada SPL 1 lapisan 30-60 cm senilai 5,67. Rasio C/N rendah hingga sedang berdampak pada tanaman. Keseimbangan karbon dan nitrogen mempengaruhi tersedianya nutrisi bagi tanaman, keberadaan mikroorganisme tanah dan juga kesehatan tanah secara keseluruhan (Jurišić et al., 2020; Li et al., 2022).

Kandungan unsur P tersedia dalam tanah yang sangat rendah-tinggi, kandungan dengan kriteria tinggi terdapat pada SPL 3 lapisan 0-30 cm sebesar 31 walaupun lapisan dibawahnya jauh lebih rendah (13,67 ppm), kriteria rendah ada pada SPL 1, 2, 4 dan 5 sedangkan kriteria sangat rendah ada pada SPL 5 lapisan 30-60 cm sebesar 5,67 ppm. Ketersediaan P dalam tanah sangat penting untuk perkembangan vegetatif dan reproduksi tanaman yaitu dapat meningkatkan imunitas tanaman terhadap penyakit serta meningkatkan kualitas panen. (Nursyamsi & Setyorini, 2009). Menurut (Brownrigg et al., 2022) ; tanah-tanah yang berbahan

induk kapur atau kandungan CaCO_3 yang tinggi memiliki pH yang alkalin cenderung mengikat unsur P sehingga menyebabkan defisiensi unsur P dan mengurangi produktivitas tanaman.

Hasil analisis menunjukkan semua lokasi memiliki nilai K tersedia pada kisaran sangat tinggi 66-163 ppm. Unsur Kalium (K) merupakan salah satu unsur utama (makro) yang dibutuhkan oleh tanaman, kriteria ketersediaan Kalium pada ke lima SPL sangat tinggi. Menurut (Sardans and Peñuelas, 2021) ; fungsi Kalium seperti menekan respon tanaman terhadap stres lingkungan dengan mengendalikan beberapa peran penting antara lain transportasi air, transmembran, metabolit dan nutrisi tanaman.

Pada survey atau pengamatan, beberapa lokasi berada pada kemiringan lereng 8% dengan kelas S2, kecuali pada SPL 2 6% yaitu kelas kesesuaiannya S1. Produksi tanaman dapat dipengaruhi oleh kemiringan lereng, karena jika kemiringan yang lebih curam, tanah mudah mengalami erosi dan pencucian unsur hara, sedangkan bila kemiringan lereng yang lebih landai mampu meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, mencegah retensi hara agar tanaman dapat tumbuh dengan lebih baik (Dafflon et al., 2023) dan cenderung memiliki akumulasi karbon organik serta nutrisi akibat proses transportasi bahan (Agegnehu et al., 2023).

Lokasi SPL yang telah dilakukan pengamatan memberikan informasi bahwa disemua lokasi SPL memiliki bahaya erosi yang sangat rendah (S1) hingga rendah (S2). Selain karena faktor topografi, bahaya erosi juga berkaitan dengan praktek penggunaan lahan pertanian serta kondisi iklim. Pada kelima SPL tersebut diatas juga berkaitan dengan bentang lahan wilayah pengamatan yang kelimanya berada paling besar kemiringannya adalah 8% sehingga masih tergolong cukup landai, dengan kriteria bahaya erosi tergolong sangat rendah. Menurut (Musaad et al., 2017) cara budidaya Pala juga masih dilakukan secara sederhana sehingga tidak banyak dilakukan pengolahan tanah, pemeliharaan tanaman hanya saat panen yaitu dilakukan pembersihan gulma disekitar tanaman Pala, sehingga aktivitas budidaya tidak menyebabkan erosi disekitarnya.

Pengamatan pada lokasi-lokasi survey tiap SPL memiliki kesamaan yaitu pada nilai F0 dengan kriteria sangat rendah yang kelas kesesuaian lahannya adalah S1. Persentase batuan dipermukaan lebih banyak ditunjukkan pada SPL 3 dan SPL 4, masing-masing 20% dan 25% namun jika mengikuti kriteria kesesuaian lahan, maka semua SPL memiliki kesesuaian lahan S3 atau sesuai marjinal. Walaupun perbaikannya akan memakan waktu dan biaya, namun untuk peningkatan kelas kesesuaian lahan bisa dilakukan dengan mempersiapkan lahan saat awal budidaya, hal ini dilakukan untuk meningkatkan nilai kesuburan serta mendukung tumbuhnya tanaman dengan lebih baik. Menurut (Dai et al., 2023) cara menyiapkan lahan pada tanah yang berbatu dilakukan dengan memperbaiki struktur dan kesuburan tanah, lahan seperti ini cenderung memiliki pH yang bersifat basa sehingga memerlukan lebih banyak bahan organik agar terjadi peningkatan ketersediaan unsur hara dan meningkatkan retensi kelembaban.

SPL yang paling banyak memiliki singkapan batuan adalah SPL 1 sebanyak 23% sehingga kelas kesesuaian lahannya menjadi S3 atau sesuai marjinal, demikian juga dengan SPL 3. sementara SPL lainnya berada pada kelas kesesuaian lahan cukup sesuai (S2) walaupun kisarannya berada antara 6%-11%. Singkapan batuan merupakan gambaran kondisi lahan dengan pelapukan yang masih berjalan, ini juga menggambarkan kedalaman perkembangan solum tanah. Akan tetapi, walaupun demikian, tanaman Pala masih dapat berproduksi dengan baik setiap musimnya. Adaptasi tanaman pada tanah yang berbatu yaitu dengan memanfaatkan

celah pada bebatuan hingga terjadi perkolasi dan mendukung pertumbuhan akar (Rodríguez-Robles et al., 2017), terciptanya lingkungan mikro yang sesuai bagi tanaman hingga dapat tumbuh subur (Rafiee et al., 2022).

Kelas Kesesuaian Lahan menurut kriteria acuan (Djaenudin et al., 2011) pada tiap SPL adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Kelas Kesesuaian Lahan

NO	SPL	Sub KKL	Faktor Pembatas
1	SPL 1	S3-wa,rc,lp	Curah hujan, bahan kasar, kedalaman tanah, batuan permukaan, singkapan batuan
2	SPL 2	S3-wa,lp	Curah hujan, batuan permukaan
3	SPL 3	S3-wa,lp	Curah hujan, batuan permukaan, singkapan batuan
4	SPL 4	S3-wa,lp	Curah hujan, batuan permukaan
5	SPL 5	S3-wa,lp	Curah hujan, batuan permukaan

Pengolahan data statistik

Uji statistik pertama dilakukan dengan uji normalitas dengan *Kolmogrov-smirnov* untuk mengetahui data yang telah terdistribusi dengan normal atau tidak sehingga diperoleh variabel temperatur harian, drainase, tekstur, bahan kasar dan kedalaman tanah, KPK, lereng, bahaya erosi, batuan permukaan, singkapan batuan memiliki nilai $p < 0.05$ yaitu data yang tidak berdistribusi normal. Sementara variabel KB, dan perkiraan produksi per hektar memiliki nilai $p > 0.05$ sehingga data terdistribusi normal.

Pengujian korelasi pada data yang tidak berdistribusi normal dilakukan dengan menggunakan korelasi *spearmanrank* sementara pada data yang berdistribusi normal dilakukan analisis korelasi dengan menggunakan korelasi *pearson*. Berikut hasil analisis korelasi *spearmanrank* pada data yang tidak berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa adanya hubungan signifikan perkiraan produksi per hektar dengan temperatur rata-rata harian sebesar $r = 0.568$ dengan nilai p value = 0.027 atau < 0.05 . dengan demikian peningkatan temperatur harian dapat berkorelasi positif dengan perkiraan produksi per hektar. Kemudian hasil uji korelasi ini menunjukkan juga adanya hubungan signifikan perkiraan produksi per hektar dengan tekstur sebesar $r = 0.768$ dengan nilai p value = 0.001 atau < 0.05 . dengan demikian peningkatan perkiraan produksi per hektar dapat berkorelasi dengan tekstur tanah yang halus. Serta adanya hubungan signifikan perkiraan produksi per hektar dengan bahan kasar sebesar $r = -0.641$ dengan nilai p value = 0.001 atau < 0.05 . dengan demikian peningkatan perkiraan produksi per hektar dapat penurunan bahan kasar. Dan juga adanya hubungan signifikan perkiraan produksi per hektar dengan KTK tanah sebesar $r = 0.620$ dengan nilai p value = 0.014 atau < 0.05 . dengan demikian peningkatan perkiraan produksi per hektar dapat berkorelasi peningkatan KTK tanah.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa adanya hubungan signifikan perkiraan produksi per hektar dengan KB sebesar $r = -0.525$ dengan nilai p value = 0.044 atau < 0.05 . dengan demikian penurunan KB tanah dapat berkorelasi dengan peningkatan perkiraan produksi per hektar, dan juga adanya hubungan signifikan perkiraan produksi per hektar dengan K tersedia sebesar $r = 0.670$ dengan nilai p value = 0.006 atau < 0.05 . dengan demikian peningkatan K tersedia dapat berkorelasi positif dengan perkiraan produksi per hektar.

Setelah pengujian korelasi, maka variabel-variabel independen yang berkorelasi dilanjutkan analisis regresi linier dengan *stepwise*, sehingga diperoleh pengaruh yang paling signifikan dengan peningkatan produksi Pala Fakfak yaitu tekstur tanah, bahan kasar dalam tanah dan K tersedia. Berdasarkan analisa *stepwise*, tekstur tanah berpengaruh terhadap perkiraan produksi per hektar sebesar $\beta = 0.469$, hal tersebut karena memiliki nilai sig 0.014 atau < 0.05 dan nilai t hitung = 2.926 atau > 1.96 . dengan demikian tekstur tanah halus dapat meningkatkan perkiraan produksi per hektar sebesar 46.9%. Selain itu, bahan kasar pada tanah juga berpengaruh terhadap perkiraan produksi per hektar sebesar $\beta = -0.342$ Hal tersebut karena memiliki nilai sig 0.038 atau < 0.05 dan nilai t hitung = -2.359 atau > 1.96 . dengan demikian penurunan jumlah bahan kasar dapat meningkatkan perkiraan produksi per hektar sebesar 34.2%. K tersedia juga berpengaruh terhadap perkiraan produksi per hektar sebesar $\beta = 0.324$ Hal tersebut karena memiliki nilai sig 0.048 atau < 0.05 dan nilai t hitung = 2.225 atau > 1.96 . dengan demikian peningkatan K tersedia dapat meningkatkan perkiraan produksi per hektar sebesar 32.4%.

Modifikasi Kriteria dengan *Boundryline*

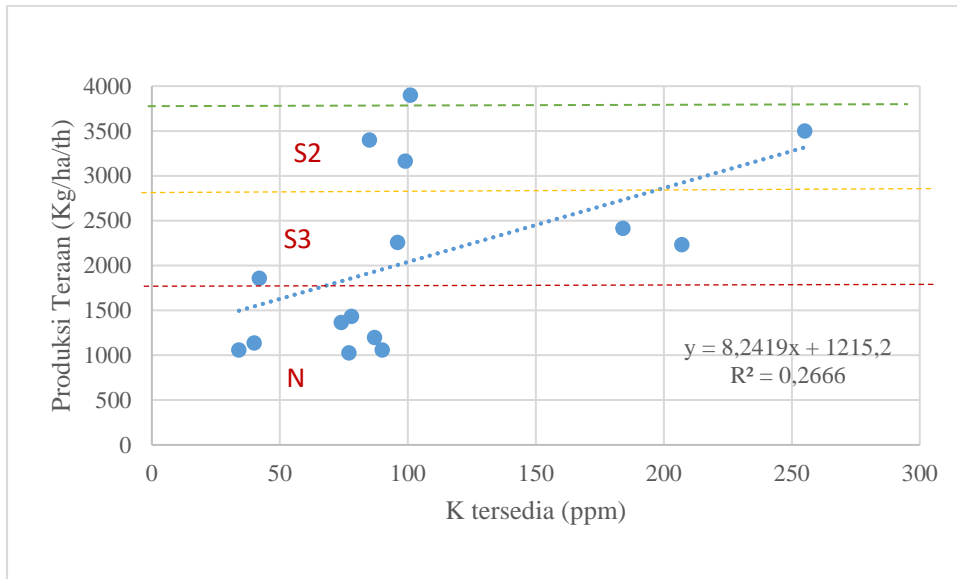
Penentuan garis batas (*boundary line*) dilakukan dengan menera produksi dengan persamaan $Y_t = Y_i + (Y - \hat{Y})$; Dimana Y_t adalah produksi teraan ; Y_i adalah produksi aktual dari pengamatan, Y adalah rata-rata umum dan \hat{Y} adalah produksi dugaan tergantung umur.

Tabel 2. Kelas Kesesuaian Produksi

SPL	Produksi teraan (kg/ha/th)	Persentase produksi	KKP)*
I-MB	1138	23,53	N
I-MM	1058	21,88	N
I-MN	1058	21,88	N
II-BS	1364,7	28,22	N
II-SK	3898	80,60	S1
II-SM	3498	72,33	S2
III-BF	3164,7	65,44	S3
III-PW	2414,7	49,93	S3
III-PB	2231,3	46,14	S3
IV-DW	3398	70,26	S2
IV-WK	1431,3	29,60	N
IV-WU	1858	38,42	N
V-AF	1198	24,77	N
V-TK	1026,6	21,22	N
V-TG	2258	46,69	S3

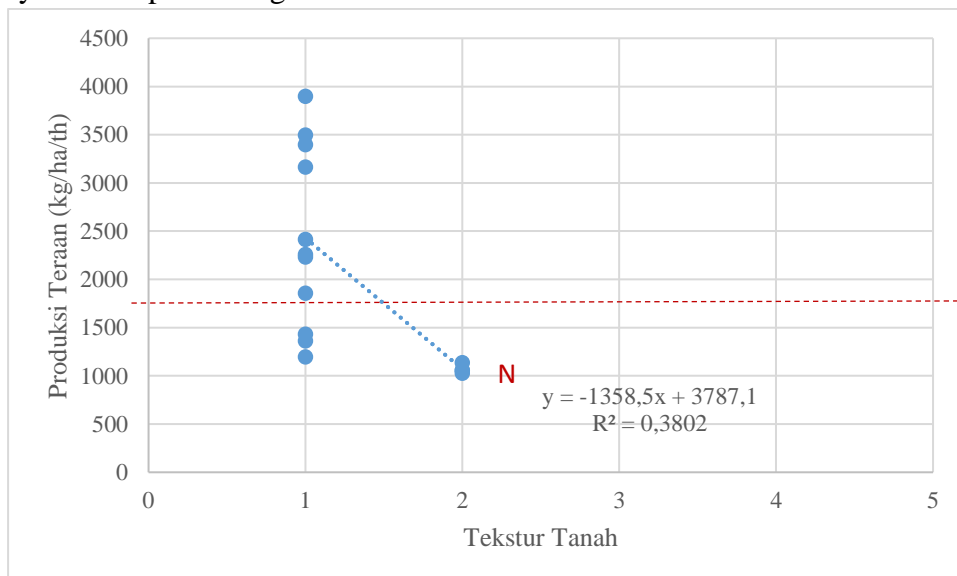
Keterangan : *) kelas kesesuaian produksi ; KKP S1 (80-100%) 3868-4836 kg/ha/th; S2 (60-80%) 2901,6-<3868,8 kg/ha/th ; S3 (40-60%) 1934,4-<2901,6 kg/ha/th ; N (<40%) <1934,4 kg/ha/th

Modifikasi kriteria kesesuaian lahan yang berpengaruh berdasarkan uji korelasi dan regresi sehingga diperoleh 3 karakteristik yaitu K tersedia, tekstur tanah dan bahan kasar. Produksi terendah berdasarkan hasil teraan yaitu sebesar 1026,6 kg/ha/th sedangkan produksi paling tinggi 3898 kg/ha/th. Berikut ini adalah penerapan *boundryline analysis* yang memberikan gambaran hubungan antara produksi teraan dengan nilai K tersedia,



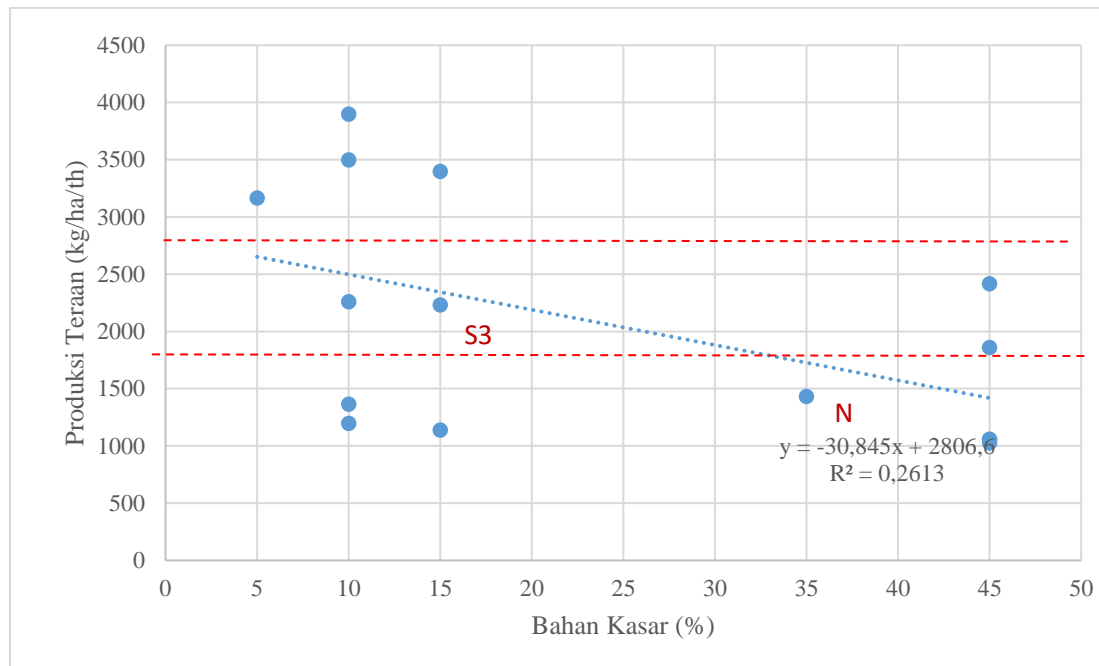
Gambar 1. Hubungan antara K Tersedia dengan produksi teraan

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa batasan produksi S1 adalah memiliki nilai K tersedia lebih dari 300 ppm, sedangkan batas S2 berada pada kisaran 200- < 300 ppm, S3 berada pada 65- < 200 ppm dan kelas produksi N berada pada nilai K tersedia < 65 ppm. Sedangkan hubungan produktivitas teraan dengan tekstur tanah, jika S1 berada di tekstur tanah yang halus, selebihnya masuk pada kategori N.



Keterangan gambar : 1 : tekstur tanah halus ; 2 : agak halus ; 3: sedang ; 4 : agak kasar ; 5: Kasar

Gambar 2. Hubungan Tekstur Tanah dengan Produksi teraan



Gambar 3. Hubungan Bahan Kasar dalam tanah dengan produksi teraan

Pada gambar 3, dengan persamaan linier yang minus artinya bahwa jika persen bahan kasar semakin kecil maka produksi tanaman akan meningkat, menunjukkan batas S3 yaitu berkisar antara 3-33% bahan kasar yang ada di dalam tanah, sedangkan untuk N >33% Setelah penentuan batas dari masing-masing kriteria yang akan dikembangkan, maka dapat dibuat kriteria pengembangan untuk tanaman Pala Fakfak seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. Kriteria Kesesuaian Lahan Pengembangan sesuai berdasarkan *Boundaryline analysis*

Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan modifikasi			
	S1	S2	S3	N
K tersedia	< 300 ppm	200-300 ppm	65-<200 ppm	< 65 ppm
Tekstur tanah	Tanah halus			Agak halus, sedang, agak kasar, kasar
Bahan Kasar	<3%		3-<33%	< 33%

KESIMPULAN

Pada penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan yaitu a). kelas kesesuaian lahan aktual Pala Fakfak di Kabupaten Fakfak berdasarkan acuan (Djaenudin et al 2011) meliputi kesesuaian lahan S3 dengan faktor-faktor pembatas antara lain curah hujan, bahan kasar, kedalaman tanah, batuan permukaan dan singkapan batuan. b). Karakteristik yang berpengaruh dalam produktivitas tanaman Pala Fakfak adalah K tersedia, tekstur tanah dan bahan kasar dalam tanah. c). Kriteria kesesuaian lahan hasil *boundaryline analysis* adalah K tersedia (S1 : >300 ppm ; S2 : 200-<300 ppm ; S3 : 65-<200 ppm ; N : < 65ppm), tekstur tanah (S1 : halus; N : agak halus, sedang, agak kasar dan kasar), serta bahan kasar (S1-S2 : < 3% ; S3 : 3-33% dan N : < 33%).

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah memperluas cakupan lokasi penelitian dengan jumlah sampel lahan yang lebih beragam untuk meningkatkan validitas dan generalisasi hasil modifikasi kriteria kesesuaian lahan. Penelitian berikutnya juga disarankan untuk mengintegrasikan analisis faktor iklim mikro secara lebih rinci, seperti kelembaban udara bawah kanopi dan intensitas cahaya, serta memanfaatkan teknologi penginderaan jauh (remote sensing) untuk pemetaan potensi lahan secara spasial. Selain itu, perlu dilakukan kajian mengenai pengaruh praktik pengelolaan lahan, seperti penggunaan bahan organik, teknik konservasi tanah, dan penerapan metode budidaya adaptif, guna meningkatkan produktivitas Pala Fakfak secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agegnehu, G., Amede, T., Desta, G., Erkossa, T., Legesse, G., Gashaw, T., Van Rooyen, A., Harawa, R., Degefu, T., Mekonnen, K., & Schulz, S. (2023). Improving fertilizer response of crop yield through liming and targeting to landscape positions in tropical agricultural soils. *Heliyon*, 9(6), e17421. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17421>
- Brownrigg, S., McLaughlin, M. J., McBeath, T., & Vadakattu, G. (2022). Effect of acidifying amendments on P availability in calcareous soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 124(2), 247–262. <https://doi.org/10.1007/s10705-022-10241-1>
- Dafflon, B., Léger, E., Falco, N., Wainwright, H. M., Peterson, J., Chen, J., Williams, K. H., & Hubbard, S. S. (2023). Advanced monitoring of soil-vegetation co-dynamics reveals the successive controls of snowmelt on soil moisture and on plant seasonal dynamics in a mountainous watershed. *Frontiers in Earth Science*, 11(May), 1–17. <https://doi.org/10.3389/feart.2023.976227>
- Dai, H., Dong, B., Yang, Z., Yuan, Y., Tan, Y., Huang, Y., & Zhang, X. (2023). Mixed Plantations Improve Soil Bacterial Similarity by Reducing Heterogeneous Environmental Selection. *Forests*, 14(7), 1341. <https://doi.org/10.3390/f14071341>
- de Souza Basso, B., Haute, G. V., Ortega-Ribera, M., Luft, C., Antunes, G. L., Bastos, M. S., Carlessi, L. P., Levorse, V. G., Cassel, E., Fagundes Donadio, M. V., Santarém, E. R., Gracia-Sancho, J., & Rodrigues de Oliveira, J. (2021). Methoxyeugenol deactivates hepatic stellate cells and attenuates liver fibrosis and inflammation through a PPAR- γ and NF- κ B mechanism. *Journal of Ethnopharmacology*, 280(July). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114433>
- Djaenudin, Marwan, Subagio, & Hidayat. (2011). *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian*.
- Georgiou, K., Jackson, R. B., Vindušková, O., Abramoff, R. Z., Ahlström, A., Feng, W., Harden, J. W., Pellegrini, A. F. A., Polley, H. W., Soong, J. L., Riley, W. J., & Torn, M. S. (2022). Global stocks and capacity of mineral-associated soil organic carbon. *Nature Communications*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31540-9>
- Hafif, B. (2021). Strategi Mempertahankan Indonesia Sebagai Produsen Utama Pala Dunia The Strategy to Maintain Indonesia as a Main Nutmeg Producer in the World. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 40(1), 58–70. <https://doi.org/10.21082/jp3.v40n1.2021.p58-70>
- Hafif, B., Mawardi, R., & Utomo, J. S. (2017). Analisis Karakteristik Lahan Dan Mutu Biji Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) Daerah Lampung / Analysis of Land Characteristics and Nutmeg (*Myristica Fragrans* Houtt) Seed Quality of Lampung. *Industrial Crops Research Journal*, 23(2), 63–71. <https://doi.org/10.21082/littri.v23n2.2017.63-71>
- Hay, K., Hay, K., & Aulia, B. U. (2020). Analisis Lokasi Pengembangan Sub Sistem Agropolitan Berbasis Komoditas Pala di Kabupaten Fakfak. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), C169–C174. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.49190>
- Heriyanto, & Asrol. (2017). Daya Saing Ekspor Pala Indonesia Di Pasar Internasional. *Jurnal Dinamika Pertanian*, 33(2), 179–189.

- Jannah, A., Anggarawati, S., Sunardi, S., & Turuy, I. (2021). Performance of Nutmeg (*Myristica fragrans*) Post Harvest and Marketing in East Halmahera Regency. *International Conference on Tropical Agrifood, Feed and Fue*, 74–78.
- Jurišić, M., Radočaj, D., Krčmar, S., Plaščak, I., & Gašparović, M. (2020). Geostatistical analysis of soil C/N deficiency and its effect on agricultural land management of major crops in eastern Croatia. *Agronomy*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/agronomy10121996>
- Karangan, R. (2019). *Pengaruh Intensitas Curah Hujan terhadap Kapasitas Infiltrasi Tanah Kampus FT-UH Gowa*.
- Lestaluhi, S. M., Riry, J., & La Habi, M. (2022). Pengaruh Perlakuan Kompos Ela Sagu Dan Air Kelapa Muda Terhadap Pertumbuhan Bibit Pala (*Myristica fragrans* Houtt) Di Pembibitan. *Agrologia*, 11(2), 135–144.
- Li, J., Ren, T., Li, Y., Chen, N., Yin, Q., Li, M., Liu, H., & Liu, G. (2022). Organic materials with high C/N ratio: more beneficial to soil improvement and soil health. *Biotechnology Letters*, 44(12), 1415–1429. <https://doi.org/10.1007/s10529-022-03309-z>
- Madiki, A., Guritno, B., Syekhfani, S., & Aini, N. (2015). The Relationship between Plant Density and Microclimate and Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt) Production in Nutmeg and Coconut Mixed-Planting System in Wakatobi District in Indonesia. *Journal of Agricultural Science*, 7(12), 187. <https://doi.org/10.5539/jas.v7n12p187>
- Marzuki, I., Joefrie, B., A. Aziz, S., Agusta, H., & Surahman, M. (2014). Physico-Chemical Characterization Of Maluku Nutmeg Oil. *International Journal of Science and Engineering*, 7(1), 61–64. <https://doi.org/10.12777/ijse.7.1.61-64>
- Matulyte, I., Jekabsone, A., Jankauskaite, L., Zavistanaviciute, P., Sakiene, V., Bartkiene, E., Ruzauskas, M., Kopustinskiene, D. M., Santini, A., & Bernatoniene, J. (2020). The Essential Oil and Hydrolats from *Myristica fragrans* Seeds with Magnesium Aluminometasilicate. *Foods*, 9(37), 1–12.
- Mimboro, P., widiyatmaka, Sutandi, A., & Iswati, A. (2015). Pengembangan Kriteria Kesesuaian Lahan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di PT Perkebunan Nusantara|||, Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 23, 16–26.
- Musaad, I., Djuuna, I., & Attamimi, N. (2016). Land Characteristics and their Relationship to Papua Nutmeg (*Myristica argentea* Warb.) Population in Fakfak Regency. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 11, 957–966.
- Musaad, I., Tubur, H., Wibowo, K., & Santoso, B. (2017). *Pala Fakfak* (I). Alfabeta Bandung.
- Nopsagiarti, T., Okalia, D., Marlina, G., Agroteknologi, P., Pertanian, F., Islam, U., Singingi, K., Gatot, J., Km7, S., Jake, K., & Kuantan Singingi, K. (2020). Analisis C-Organik, Nitrogen Dan C/N Tanah Pada Lahan Agrowisata Beken Jaya. *Agrosains Dan Teknologi*, 5(1).
- Nurindah, & Yulianti, T. (2018). Strategi Pengelolaan Serangga Hama dan Penyakit Tebu dalam Menghadapi Perubahan Iklim Nurindah dan Titiiek Yulianti. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 10(1), 39–53. <https://doi.org/10.21082/btsm.v9n1.2018.39-54>
- Nursyamsi, D., & Setyorini, D. D. (2009). Ketersediaan P Tanah-Tanah Netral dan Alkalin Soil P Availability in Neutral and Alkaline Soils. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 30, 25–36.
- Poeplau, C., & Don, A. (2023). A simple soil organic carbon level metric beyond the organic carbon-to-clay ratio. *Soil Use and Management*, 39(3), 1057–1067. <https://doi.org/10.1111/sum.12921>
- Purwantara, S. (2018). Studi Temperatur Udara Terkini Di Wilayah Di Jawa Tengah Dan Diy. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 13(1), 41–52. <https://doi.org/10.21831/gm.v13i1.4476>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. (2020). *Outlook Komoditas Perkebunan PALA*.
- Rafiee, F., Ejtehadi, H., Farzam, M., Zare, H., & Bashirzadeh, M. (2022). Changes in plant biodiversity facets of rocky outcrops and their surrounding rangelands across precipitation and soil gradients. *Scientific Reports*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13123-2>

- Rodríguez-Robles, U., Arredondo, T., Huber-Sannwald, E., Ramos-Leal, J. A., & Yépez, E. A. (2017). Technical note: Application of geophysical tools for tree root studies in forest ecosystems in complex soils. *Biogeosciences*, *14*(23), 5343–5357. <https://doi.org/10.5194/bg-14-5343-2017>
- Sahfitra, A. A. (2023). Variasi Kapasitas Tukar Kation (KTK) Dan Kejenuhan Basa (Kb) Pada Tanah Hemic Haplosaprist Yang Dipengaruhi Oleh Pasang Surut Di Pelalawan Riau. *Biofarm*, *19*, 103–112.
- Saputri, N. V. C., Surbakti, D. K. B., Tarmizi, A. D., Supriatno, B., & Anggraeni, S. (2022). Desain Eksperimen Fotosintesis Pengaruh Suhu Bermuatan Literasi Kuantitatif. *Jurnal Basicedu*, *6*(4), 7608–7618. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3482>
- Sardans, J., & Peñuelas, J. (2021). Potassium Control of Plant Functions: Ecological and Agricultural Implications. *Plants*, *10*(2), 419. <https://doi.org/10.3390/plants10020419>
- Sarminah, S., Prititania, F. S., & Karyati. (2018). Pengaruh Keragaman Vegetasi Terhadap Laju Erosi. *AGRIFOR*, *XVII*, 355–368.
- Suaery, Amal, I., & Akbar, B. (2022). Pemberdayaan Petani Pala dalam Meningkatkan Produktivitas Hasil Tanaman Pala di Distrik Pariwari Kabupaten Fakfak. *Jurnal Terapan Pemerintahan Minangkabau*, *2*(2), 187–200. <https://doi.org/10.33701/jtpm.v2i2.2752>
- Trifan, A., Zengin, G., Korona-Glowniak, I., Skalicka-Woźniak, K., & Luca, S. V. (2023). Essential Oils and Sustainability: In Vitro Bioactivity Screening of *Myristica fragrans* Houtt. Post-Distillation By-Products. *Plants*, *12*(9), 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants12091741>
- Wahyuni, S., & Bermawie, N. (2020). Yield and fruit morphology of selected high productive Papua nutmeg trees (*Myristica argentea* Warb.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *418*(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012032>
- Wahyunto, Suryani, E., Tafakresnanto, C., Ritung, S., Mulyani, An., Sukarman, Nugroho, K., Sulaeman, Y., Apriyana, Y., Suciantini, Pramudia, A., Suparto, Subandiono, R. E., Sutriadi, T., & Nursyamsi, D. (2016). *Pedoman Penilaian Kesesuaian Lahan Untuk Komoditas Pertanian Strategis Tk. Semi Detail Skala 1:50.000* (1st ed.). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Yuanjaya, P. (2018). Mengejar Ketertinggalan : Menggali Potensi Sektor Agribisnis Kabupaten Fakfak, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Natapraja*, *6*(1), 99–114. <https://doi.org/10.21831/JNP.V6I1.26402>
- Yulina, H., & Ambarsari, D. W. (2021). Hubungan Kandungan N-Total dan C-Organik Terhadap Berat Panen Tanaman Pakcoy Pada Kombinasi Kompos Sampah Kota dan Pupuk Kandang Sapi. *Jurnal Agro Wiralodra*, *4*.