

TEKNOLOGI KONSTRUKSI PADA LAHAN RAWA DI KALIMANTAN SELATAN: TINJAUAN LITERATUR SISTEMATIS

Muhammad Rizan Adam (muhammadrizan@politala.ac.id)

Budi Kurniawan (budikurniawan@politala.ac.id)

Norminawati Dewi (norminadewi@politala.ac.id)

ABSTRAK

Kalimantan Selatan memiliki lahan rawa seluas 2,5 juta hektar, mencakup 66% dari total wilayah, yang menimbulkan tantangan kompleks dalam pembangunan infrastruktur. Karakteristik tanah rawa yang memiliki daya dukung rendah, kadar air tinggi, dan kompresibilitas besar memerlukan pendekatan konstruksi yang khusus dan adaptif. Penelitian ini menganalisis perkembangan teknologi konstruksi di lahan rawa Kalimantan Selatan melalui tinjauan literatur sistematis terhadap 45 publikasi terpilih dari berbagai database. Analisis kualitatif difokuskan pada inovasi dalam teknologi pondasi, stabilisasi tanah, dan penggunaan material konstruksi. Hasil menunjukkan bahwa teknologi *preloading* dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) mampu mengurangi penurunan tanah hingga 60% dan mempercepat konsolidasi 4,2 kali lipat. Pondasi tiang pancang beton prategang berdiameter 40–60 cm dan kedalaman 25–40 meter dapat menahan beban hingga 280 ton per tiang. *Geotekstil woven* meningkatkan nilai CBR hingga 285%, sementara stabilisasi dengan semen 10–15% menghasilkan kuat tekan 400–800 kPa. Penggunaan material lokal seperti abu sekam padi dan kapur terbukti efektif dan ekonomis. Ke depan, fokus perlu diarahkan pada pemantauan jangka panjang, integrasi teknologi digital, dan pemanfaatan material berkelanjutan berbasis limbah lokal.

Kata Kunci: Lahan Rawa, Teknologi Pondasi, Stabilisasi Tanah, Geosintetik, Material Konstruksi.

ABSTRACT

South Kalimantan is dominated by extensive peatlands covering approximately 2.5 million hectares, accounting for 66% of the provincial area, which poses substantial challenges for infrastructure development. The peat soils exhibit characteristics of low bearing capacity, high moisture content, and high compressibility, necessitating specialized construction technologies. This study presents a systematic literature review of 45 selected publications to analyze recent advancements in construction technologies applicable to peatlands in South Kalimantan. A qualitative approach was employed to evaluate innovations in foundation systems, soil stabilization methods, and construction materials. The findings indicate that preloading combined with Prefabricated Vertical Drains (PVD) significantly reduces settlement by up to 60% and accelerates soil consolidation by 4.2 times. Prestressed concrete pile foundations with diameters between 40 and 60 cm and depths ranging from 25 to 40 meters support loads from 120 to 280 tons per pile. Woven geotextiles improve the California Bearing Ratio (CBR) by up to 285%, while cement stabilization at 10–15% concentration achieves unconfined compressive strengths between 400 and 800 kPa. Locally sourced materials such as rice husk ash combined with lime offer sustainable and cost-effective alternatives, increasing CBR by approximately 300% at only 25% of the cost of cement stabilization. Future research should focus on long-term performance monitoring, integration of digital construction technologies, and development of environmentally friendly materials derived from local waste.

Key Words: swamp land, technology foundations, soil stabilization, geosynthetics, construction materials

PENDAHULUAN

Kalimantan Selatan merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki karakteristik geografis unik dengan dominasi lahan rawa yang luas. Menurut data Badan Pusat Statistik (2023), luas lahan rawa di Kalimantan Selatan mencapai sekitar 2,5 juta hektar atau sekitar 66% dari total luas wilayah provinsi. Lahan rawa ini terdiri dari rawa pasang surut, rawa lebak, dan rawa non-pasang surut yang tersebar di berbagai kabupaten (Noor et al., 2019). Dominasi lahan rawa yang begitu signifikan menjadikan Kalimantan Selatan sebagai provinsi dengan potensi pengembangan lahan basah terbesar di Indonesia. Kondisi ini sekaligus menghadirkan tantangan tersendiri dalam perencanaan dan pengembangan wilayah, terutama dalam aspek pemanfaatan lahan, keberlanjutan lingkungan, serta adaptasi sosial-ekonomi masyarakat lokal (Balitbangda Kalimantan Selatan, 2023; Sugiartanti & Sarah, 2020; Muhammad, Arif, & Lili, 2007).

Secara geografis, lahan rawa di Kalimantan Selatan terbentuk melalui proses sedimentasi selama ribuan tahun, yang menghasilkan ekosistem dengan keanekaragaman hayati tinggi namun juga kompleks dalam pengelolaannya. Rawa pasang surut yang mendominasi kawasan pesisir dipengaruhi oleh dinamika pasang surut air laut, sedangkan rawa lebak yang tersebar di sepanjang sungai-sungai besar mengalami fluktuasi muka air sesuai siklus musiman hujan dan kemarau. Dinamika hidrologis ini menimbulkan tantangan dalam perencanaan dan implementasi pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan, terutama terkait pengendalian air, aksesibilitas, dan konservasi lingkungan. Karakteristik tanah rawa yang ditandai oleh daya dukung rendah, kadar air tinggi, serta kompresibilitas yang besar, menimbulkan tantangan teknis signifikan dalam pelaksanaan konstruksi. Tanah ini umumnya mengandung material organik tinggi dan memiliki nilai Standard Penetration Test (N-SPT) yang sangat rendah, berkisar antara 0 hingga 5, yang mencerminkan kondisi tanah yang sangat lunak dan mudah mengalami deformasi. Selain itu, kadar air tanah yang tinggi—dapat mencapai 200–400% dari berat kering—menunjukkan sifat plastis yang dominan dan menjadikan tanah sangat rentan terhadap penurunan (*settlement*) signifikan saat diberi beban struktural (Muhammad, Arif, & Lili, 2007; Sugiartanti & Sarah, 2020; Balitbangda Kalimantan Selatan, 2023).

Sifat kompresibilitas tanah rawa yang tinggi menjadi tantangan utama dalam perencanaan fondasi dan struktur bangunan. Tanah rawa memiliki indeks kompresibilitas (C_c) yang dapat mencapai 2–8, jauh lebih tinggi dibandingkan tanah mineral biasa yang berkisar antara 0,1–0,5. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan yang signifikan dan tidak seragam pada struktur bangunan, yang dapat mengakibatkan kerusakan struktural dan kegagalan konstruksi jika tidak ditangani dengan teknologi yang tepat. Selain itu, proses penurunan tanah rawa berlangsung dalam jangka waktu yang relatif lama, bahkan dapat mencapai puluhan tahun setelah pembangunan selesai (Desiani, 2019; Nugrahanto, 2016). Aspek lingkungan dalam pengembangan lahan rawa menjadi pertimbangan penting yang tidak dapat diabaikan. Ekosistem rawa memiliki fungsi ekologis yang sangat vital, termasuk sebagai penyerap karbon alami, habitat berbagai spesies flora dan fauna endemik, serta pengatur tata air regional. Pembangunan infrastruktur yang tidak mempertimbangkan aspek lingkungan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem yang tidak dapat diperbaiki, hilangnya keanekaragaman hayati, dan gangguan terhadap keseimbangan hidrologis wilayah. Oleh karena itu, pengembangan teknologi konstruksi harus mengintegrasikan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan yang ramah lingkungan (Préau et al., 2022; Qian et al., 2021).

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, pengembangan teknologi konstruksi pada lahan rawa harus mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, dan lingkungan secara terintegrasi. Aspek teknis mencakup pemilihan metode konstruksi yang tepat, teknologi perbaikan tanah, dan sistem drainase yang efektif. Aspek ekonomis meliputi analisis biaya-manfaat jangka panjang, efisiensi penggunaan sumber daya, dan keberlanjutan finansial proyek. Sementara aspek lingkungan memerlukan evaluasi dampak lingkungan yang komprehensif dan implementasi mitigasi yang tepat untuk meminimalkan gangguan terhadap ekosistem rawa (Suwanda & Noor, 2021; Wibowo, 2015; Garcia-Herrero et al., 2023).

Program pemerintah dalam mendukung ketahanan pangan nasional memberikan momentum penting bagi pengembangan lahan rawa di Kalimantan Selatan. Melalui program Food Estate dan cetak sawah baru, pemerintah menargetkan peningkatan produktivitas pangan dari lahan rawa yang dapat berkontribusi signifikan terhadap swasembada beras nasional. Namun, keberhasilan program ini sangat bergantung pada ketersediaan teknologi konstruksi yang dapat mengatasi tantangan teknis lahan rawa, mulai dari pembangunan sistem irigasi dan drainase hingga infrastruktur pendukung seperti jalan dan jembatan yang dapat berfungsi optimal dalam kondisi tanah yang menantang (Kementerian Pertanian, 2024; Kementerian Pertanian, 2025). Pengembangan kawasan transmigrasi yang banyak berlokasi di daerah rawa memerlukan dukungan teknologi konstruksi yang tepat untuk memastikan keberlanjutan program dan kesejahteraan transmigran. Infrastruktur permukiman, fasilitas umum, dan sarana prasarana ekonomi harus dibangun dengan standar teknis yang sesuai dengan karakteristik lahan rawa untuk menghindari kegagalan konstruksi yang dapat merugikan masyarakat dan pemerintah. Pengalaman dari berbagai program transmigrasi sebelumnya menunjukkan bahwa kegagalan dalam aspek teknis konstruksi sering menjadi penyebab utama ketidakberhasilan program pengembangan kawasan transmigrasi di lahan rawa (Widiatmaka, 2012; Surandono, 2020; Darsani & Alwi, 2022).

Urgensi pengembangan teknologi konstruksi yang tepat dan efektif untuk lahan rawa di Kalimantan Selatan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan pembangunan infrastruktur dan tekanan terhadap pemanfaatan lahan yang optimal. Tanpa teknologi yang tepat, potensi besar lahan rawa tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal, bahkan dapat menimbulkan kerugian ekonomi dan lingkungan yang signifikan. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan teknologi konstruksi lahan rawa menjadi prioritas strategis yang memerlukan kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan praktisi industri untuk menghasilkan solusi inovatif yang dapat diadaptasi dengan kondisi spesifik lahan rawa di Kalimantan Selatan.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik Lahan Rawa Kalimantan Selatan

Kalimantan Selatan memiliki dominasi lahan rawa yang sangat signifikan, dengan luas mencapai sekitar 2,5 juta hektar atau sekitar 66% dari total luas wilayah provinsi. Lahan rawa ini terdiri dari tiga kategori utama, yaitu rawa pasang surut, rawa lebak, dan rawa non-pasang surut, yang tersebar di berbagai kabupaten. Rawa pasang surut mendominasi wilayah pesisir dengan luas sekitar 1,8 juta hektar dan dibagi menjadi empat tipe berdasarkan durasi genangan air asin (Tipe A hingga D). Sementara itu, rawa lebak seluas 500.000 hektar terletak di cekungan sungai dengan genangan musiman, dan rawa non-pasang surut seluas 200.000 hektar umumnya berupa rawa gambut dalam (Umar & Alihamsyah, 2014; BBSDLP, 2014).

Kondisi geoteknik yang ekstrem di lahan rawa Kalimantan Selatan menyebabkan terjadinya penurunan yang signifikan dan tidak seragam pada struktur bangunan, yang dapat mengakibatkan kerusakan struktural dan kegagalan konstruksi jika tidak ditangani dengan teknologi yang tepat. Proses penurunan tanah rawa berlangsung dalam jangka waktu yang relatif lama, bahkan dapat mencapai puluhan tahun setelah pembangunan selesai, sehingga memerlukan perencanaan khusus dan teknologi konstruksi yang sesuai untuk mengatasi tantangan pembangunan infrastruktur di wilayah ini (Gazali & Fathurrahman, 2019; Rithy & Wilopo, 2011).

Teknologi Pondasi untuk Lahan Rawa

Teknologi pondasi dangkal dengan perbaikan tanah telah terbukti efektif untuk kondisi tanah rawa di Kalimantan Selatan. Kombinasi preloading dengan Prefabricated Vertical Drain (PVD) dapat mengurangi settlement hingga 60% dan mempercepat konsolidasi 3–5 kali lipat, dengan aplikasi yang telah berhasil pada proyek jalan dan bangunan di wilayah ini. Aplikasi stone column dilaporkan efektif untuk tanah rawa dengan kandungan organik kurang dari 40%, sementara Deep Soil Mixing (DSM) dengan semen sebagai stabilizer menunjukkan peningkatan kuat geser hingga 200–300%, memberikan alternatif solusi untuk kondisi tanah rawa yang memerlukan peningkatan daya dukung secara signifikan (Winner, 2017; Muis & Wulandari, 2023; Ali, 2020; Fatmawati et al., 2021).

Untuk struktur yang memerlukan daya dukung tinggi, teknologi pondasi dalam menjadi pilihan utama dengan berbagai inovasi yang telah dikembangkan. Tiang pancang beton prategang dengan diameter 40–50 cm dan kedalaman 25–35 meter dapat memberikan daya dukung 150–250 ton per tiang pada kondisi tanah rawa. Teknologi bored pile dengan casing temporary menunjukkan efektivitas tinggi pada tanah rawa dengan groundwater level tinggi karena minimnya gangguan terhadap tanah sekitar. Inovasi terbaru meliputi konsep pondasi mengambang untuk bangunan ringan yang menyeimbangkan berat bangunan dengan volume tanah yang dipindahkan, serta sistem kombinasi tiang-rakit yang dapat mengurangi differential settlement hingga 40% untuk bangunan bertingkat pada lahan rawa (Hartono et al., 2017; Riyanto, 2017; Istanto & Saputra, 2013).

Stabilisasi Tanah

Penggunaan geosintetik telah menunjukkan hasil yang sangat baik dalam konstruksi lahan rawa dengan berbagai jenis aplikasi yang efektif. Geotekstil dapat meningkatkan CBR tanah rawa hingga 300%, di mana geotekstil woven dan non-woven banyak digunakan untuk perkuatan tanah dasar jalan dan embankment, berfungsi sebagai separator, filter, dan reinforcement. Geogrid biaxial dan uniaxial diaplikasikan untuk perkuatan struktur timbunan dan retaining wall, efektif mengurangi lateral deformation dan meningkatkan stabilitas lereng. Sistem geocell dengan infill material lokal seperti pasir dan kerikil menunjukkan efektivitas tinggi untuk konstruksi jalan pada lahan rawa dan dapat mengurangi ketebalan struktur perkerasan hingga 30% (Saputra et al., 2019; Widjaja et al., 2020; Sja Putra et al., 2019).

Material stabilisasi tanah menawarkan berbagai solusi teknis yang efektif dan ekonomis untuk memperbaiki karakteristik tanah rawa. Penggunaan semen dalam kadar 8–15% dapat meningkatkan kuat tekan bebas (UCS) hingga 500–800 kPa, meskipun biayanya relatif tinggi sehingga lebih tepat untuk proyek-proyek strategis (Zulnasari et al., 2021). Alternatif lain yang lebih ekonomis adalah penggunaan kapur, baik tohor maupun padam, dengan kadar optimal 6–10%, yang efektif untuk tanah dengan pH rendah serta mampu meningkatkan nilai CBR dan menurunkan indeks plastisitas (Moebaraq et al., 2024). Selain itu, limbah industri seperti abu

terbang (fly ash) dari PLTU memberikan hasil positif ketika dikombinasikan dengan semen. Campuran 15% fly ash dan 5% semen menunjukkan peningkatan kuat tekan hingga 600 kPa (Zulnasari et al., 2021). Penelitian juga menunjukkan bahwa material lokal seperti abu sekam padi memiliki potensi besar sebagai stabilizer. Kombinasi 12% abu sekam padi dan 8% kapur dapat meningkatkan nilai CBR hingga 250%, menjadikannya alternatif yang efisien dan berkelanjutan untuk perbaikan tanah rawa (Widianti, 2016; Virginda et al., 2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis (*systematic literature review*) dengan pendekatan kualitatif untuk memberikan analisis yang komprehensif dan objektif terhadap perkembangan teknologi konstruksi pada lahan rawa. Strategi pencarian literatur dilakukan melalui berbagai sumber data elektronik seperti ScienceDirect, IEEE Xplore, Google Scholar, dan GARUDA, serta repositori institusi dari IPB University, UGM, ITB, UNLAM dan beberapa universitas lain, ditambah publikasi pemerintah dari Kementerian Pertanian, Kementerian PUPR, dan BRIN.

Pencarian literatur menggunakan kata kunci yang spesifik meliputi "*swamp land construction technology*", "*teknologi konstruksi lahan rawa*", "*peatland engineering*", "*wetland infrastructure*", "*South Kalimantan swamp*", dan "*geotechnical swamp soil*". Kriteria inklusi yang ditetapkan mencakup publikasi yang fokus pada teknologi konstruksi lahan rawa dengan lokasi penelitian di Kalimantan Selatan atau kondisi serupa, dipublikasikan dalam bahasa Indonesia atau Inggris, dan berupa jurnal, prosiding, thesis, atau laporan penelitian. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi publikasi yang berfokus hanya pada aspek pertanian tanpa teknologi konstruksi, lokasi penelitian tidak relevan, dan publikasi dengan kualitas metodologi rendah.

Proses seleksi dan ekstraksi data dilakukan secara bertahap melalui tiga tahap utama yaitu screening judul dan abstrak, pembacaan full-text, dan ekstraksi data. Dari total 127 publikasi yang teridentifikasi pada tahap awal, hanya 45 publikasi yang memenuhi kriteria yang telah ditetapkan dan kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mendukung penelitian tentang teknologi konstruksi pada lahan rawa ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Publikasi dan Tren Penelitian

Penelitian teknologi konstruksi lahan rawa Kalimantan Selatan mengalami intensifikasi yang signifikan dalam dekade terakhir, sebagaimana ditunjukkan oleh tren peningkatan publikasi ilmiah di bidang ini. Berdasarkan proses seleksi sistematis yang dilakukan, dari 127 publikasi yang teridentifikasi pada tahap awal, sebanyak 45 publikasi memenuhi kriteria inklusi dan layak dianalisis dalam kajian komprehensif ini. Distribusi temporal publikasi menunjukkan pola yang sangat menarik, dengan 62% dari total publikasi diterbitkan dalam periode 2020-2024, mengindikasikan adanya intensifikasi penelitian yang luar biasa dalam bidang teknologi konstruksi lahan rawa. Profil jenis publikasi juga menunjukkan diversifikasi yang baik, dengan 60% berupa artikel jurnal nasional dan internasional, 25% prosiding konferensi, 10%

tesis/disertasi, dan 5% laporan penelitian pemerintah. Dari perspektif geografis, mayoritas penelitian (73%) dilakukan secara spesifik di Kalimantan Selatan, sementara 27% sisanya merupakan studi komparatif dengan lokasi lahan rawa serupa di Indonesia dan Asia Tenggara, menunjukkan bahwa temuan penelitian memiliki relevansi tinggi untuk konteks lokal Kalimantan Selatan

Karakteristik Geoteknik Lahan Rawa di Kalimantan Selatan

Lahan rawa di Kalimantan Selatan menunjukkan kompleksitas yang tinggi dalam hal karakteristik geoteknik, yang dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama dengan sifat-sifat yang sangat berbeda satu sama lain. Rawa pasang surut mendominasi lanskap dengan mencakup sekitar 72% dari total lahan rawa atau setara dengan 1,8 juta hektar, menunjukkan variabilitas sifat geoteknik yang sangat tinggi akibat pengaruh kompleks dari intrusi air laut yang terjadi secara periodik. Kategori kedua adalah rawa lebak yang mencakup sekitar 20% atau sekitar 500.000 hektar, memiliki karakteristik yang relatif lebih stabil dibandingkan rawa pasang surut, namun tetap mengalami fluktuasi musiman yang signifikan yang mempengaruhi kondisi geotekniknya. Kategori ketiga adalah rawa non-pasang surut dengan luasan sekitar 8% atau sekitar 200.000 hektar, yang didominasi oleh tanah gambut dengan kandungan organik yang sangat tinggi, menciptakan tantangan geoteknik yang unik (Gazali & Fathurrahman, 2019).

Sifat Geoteknik dan Korelasi Parameter Tanah

Analisis komprehensif terhadap studi geoteknik yang dilakukan di berbagai lokasi lahan rawa Kalimantan Selatan mengungkapkan variabilitas sifat fisik dan mekanik yang luar biasa signifikan, mencerminkan kompleksitas kondisi tanah rawa di wilayah ini. Kadar air tanah rawa menunjukkan rentang yang sangat lebar, berkisar antara 100-800% dengan nilai rata-rata 350%, jauh melebihi batas cair yang berkisar antara 50-300%, menunjukkan kondisi tanah yang sangat jenuh air dan memerlukan penanganan khusus dalam proses konstruksi. Nilai N-SPT (Standard Penetration Test) yang sangat rendah, berkisar antara 0-5 pada kedalaman 0-5 meter, mengindikasikan kondisi tanah yang sangat lunak dan memiliki daya dukung yang rendah, sehingga memerlukan perlakuan khusus dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi. (Dewi et al., 2024 ; Hikmatullah & Sukarman, 2014)

Variabilitas parameter geoteknik pada tanah gambut menunjukkan tingkat heterogenitas yang tinggi, tercermin dari rentang berat jenis antara 1,3 hingga 1,8, indeks plastisitas antara 20% hingga 200%, kuat geser berkisar 5 hingga 25 kPa, serta nilai compression index yang bervariasi dari 1,5 hingga 8,0. Rentang nilai tersebut mencerminkan sifat tanah yang sangat bervariasi dan kompleks, yang menjadi tantangan dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi. Salah satu temuan penting dalam studi-studi tersebut adalah adanya korelasi statistik yang kuat antara kandungan organik dan nilai compression index ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi kandungan material organik dalam tanah, maka semakin besar tingkat kompresibilitasnya. Temuan ini sejalan dengan teori geoteknik yang menyatakan bahwa material organik memiliki struktur yang lebih lunak dan mudah terdeformasi dibandingkan dengan mineral tanah anorganik,

sehingga berkontribusi signifikan terhadap sifat kompresibel tanah gambut. (Chenthan et al., 2019; Kazemian et al., 2014 dan Dewi et al., 2024)

Evolusi Teknologi Pondasi dan Perbaikan Tanah

Teknologi perbaikan tanah untuk konstruksi di lahan rawa telah mengalami perkembangan signifikan, bergerak dari metode konvensional menuju pendekatan yang lebih inovatif dan efisien. Salah satu teknologi yang paling banyak diterapkan adalah kombinasi *preloading* dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), yang dilaporkan digunakan dalam sekitar 67% studi kasus di lahan rawa. Metode ini terbukti efektif dalam mempercepat konsolidasi dan mengurangi penurunan tanah (*settlement*). Efektivitasnya dalam mengurangi *settlement* berkisar antara 45–75% dengan nilai rata-rata 60%, serta meningkatkan laju konsolidasi hingga 3–7 kali dibandingkan dengan konsolidasi alami, dengan nilai rata-rata 4,2 kali (Suhendra et al., 2018). Efektivitas metode ini sangat dipengaruhi oleh tinggi *preload*, jarak antar-PVD, serta karakteristik tanah dasar. Di sisi lain, teknologi *Deep Soil Mixing* (DSM) dengan semen sebagai bahan stabilisasi juga menunjukkan hasil yang menjanjikan. Meta-analisis terhadap beberapa studi menunjukkan peningkatan kuat geser tanah rata-rata sebesar 280%, dengan rentang antara 150–450%, ketika digunakan kadar semen optimal antara 12–18% (Rahman et al., 2016). Namun demikian, efektivitas DSM menurun secara signifikan pada tanah dengan kandungan organik lebih dari 30% karena keterbatasan reaksi kimia antara semen dan bahan organik (Frontiers, 2024).

Teknologi Pondasi Dalam dan Inovasi Konstruksi

Teknologi pondasi dalam telah menjadi solusi utama untuk pembangunan infrastruktur berat di atas tanah lunak atau lahan rawa. Tiang pancang beton prategang berdiameter 40–60 cm dan kedalaman 25–40 m telah menunjukkan kemampuan menahan beban ultimate hingga 120–280 ton per tiang, bergantung pada kedalaman dan kekuatan lapisan tanah keras yang tercapai (Lim et al., 2021). Pada kondisi muka air tanah tinggi, bored pile dengan temporary casing banyak diterapkan karena efektivitasnya dalam menjaga kestabilan pengeboran dan minimnya gangguan terhadap struktur eksisting, meskipun biayanya 15–25% lebih tinggi dibandingkan tiang pancang konvensional (Muneerah et al., 2016). Tiang kayu ulin tetap digunakan secara terbatas untuk struktur ringan karena efisiensi biaya dan kelestarian material lokal, namun dibatasi oleh masalah keberlanjutan (Chai et al., 2015).

Inovasi seperti floating foundation menunjukkan pengurangan penurunan (*settlement*) hingga 60–80%, seperti ditunjukkan dalam simulasi laboratorium dan pemodelan numerik menggunakan kolom tanah-semen mengambang (Jiang et al., 2015; Gong et al., 2015; Mat Said, 2019). Sementara itu, sistem kombinasi pile-raft foundation terbukti mengurangi differential *settlement* hingga 45% dengan pengaturan rasio beban antara tiang dan rakit secara optimal (Yang, 2022).

Teknologi Material dan Stabilisasi Inovatif

Aplikasi teknologi material dan stabilisasi tanah di lahan rawa, khususnya di Kalimantan Selatan, menunjukkan perkembangan pesat dalam mendukung konstruksi yang efektif dan berkelanjutan. Berdasarkan meta-analisis terhadap 15 studi, penggunaan geotekstil woven mampu meningkatkan nilai California Bearing Ratio (CBR) rata-rata sebesar 285% (rentang 150–450%), sedangkan geotekstil non-woven mencatat peningkatan sebesar 195% (rentang 100–320%). Perbedaan ini

disebabkan oleh kekuatan tarik yang lebih tinggi pada jenis woven (Adinda, 2024). Selain itu, penggunaan geogrid dalam perkuatan timbunan terbukti mengurangi deformasi lateral hingga 65% dan meningkatkan faktor keamanan lereng rata-rata sebesar 1,4 kali (Mochtar & Yulianto, 2018). Sistem geocell yang diisi dengan material lokal juga efektif dalam mengurangi ketebalan struktur perkerasan sebesar 25–35%, memberikan manfaat ekonomi yang signifikan.

Dalam stabilisasi kimiawi, semen telah terbukti meningkatkan kuat tekan tanah gambut secara signifikan. Analisis regresi terhadap 12 studi menunjukkan hubungan linear yang kuat antara kadar semen dan peningkatan kuat tekan ($R^2 = 0,89$), dengan kadar optimal 10–15% mampu menghasilkan kuat tekan antara 400–800 kPa, meskipun dengan biaya tinggi (Mochtar & Yulianto, 2018). Sebaliknya, stabilisasi dengan kapur lebih efektif pada tanah dengan pH rendah. Kadar kapur optimal 6–12% mampu meningkatkan CBR hingga 250% serta menurunkan indeks plastisitas sebesar 40–60% (Muntohar, 2005). Kombinasi kapur dan abu terbang (rasio 1:2) terbukti mengurangi biaya hingga 35% dibandingkan dengan penggunaan semen saja (Muntohar & Yulianto, 2018). Pemanfaatan material lokal seperti abu sekam padi juga memiliki potensi besar; kombinasi abu sekam padi 12% dan kapur 8% dilaporkan meningkatkan CBR hingga 300% dengan biaya hanya 25% dari stabilisasi menggunakan semen, mendukung prinsip konstruksi berkelanjutan (Ma'ruf et al., 2022).

Evaluasi Kinerja, Analisis Ekonomi, dan Prospek Masa Depan

Evaluasi jangka panjang terhadap kinerja teknologi konstruksi di lahan rawa menunjukkan hasil yang sangat positif, terutama pada teknologi pondasi dalam dan metode perbaikan tanah. Studi oleh Gofar dan Sutejo (2018) serta temuan dari *Soils and Foundations* (2020) mengungkapkan bahwa pondasi dalam mampu menjaga tingkat penurunan (*settlement*) rata-rata di bawah 20 mm dalam periode 5 hingga 15 tahun. Sementara itu, metode preloading yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) menghasilkan penurunan yang lebih besar, yaitu berkisar antara 25 hingga 45 mm. Struktur beton dengan desain yang sesuai diketahui memiliki masa pakai antara 50 hingga 75 tahun, sedangkan penggunaan geosintetik berkualitas tinggi dapat memperpanjang umur layanan hingga 100 tahun (Hu et al., 2020). Meskipun biaya awal implementasi teknologi modern ini tercatat 2 hingga 3 kali lebih tinggi dibandingkan metode konvensional, analisis biaya siklus hidup menunjukkan efisiensi jangka panjang dengan penghematan sebesar 20 hingga 35% karena minimnya kebutuhan pemeliharaan dan umur teknis yang lebih lama. *Return on investment* (ROI) umumnya tercapai dalam kurun waktu 8 hingga 12 tahun. Dari sisi keberlanjutan, penerapan teknologi konstruksi modern yang mengoptimalkan penggunaan material lokal dan pendekatan ramah lingkungan mampu menurunkan jejak karbon sebesar 25 hingga 40 persen. Namun demikian, intensifikasi sistem drainase berpotensi menyebabkan subsidensi tanah hingga 2 hingga 5 cm per tahun, yang perlu diantisipasi dalam perencanaan jangka panjang (Hu et al., 2020).

Selain itu, analisis bibliometrik mengindikasikan beberapa celah penelitian yang signifikan, antara lain keterbatasan studi monitoring jangka panjang (hanya sekitar 18% dari total publikasi), rendahnya integrasi teknologi digital dan *Internet of Things* (sekitar 11%), serta minimnya studi menyeluruh tentang penilaian keberlanjutan (sekitar 22%). Oleh karena itu, agenda riset ke depan perlu diarahkan pada pengembangan material berkelanjutan berbasis limbah lokal, optimalisasi desain berbantuan kecerdasan buatan, serta sistem monitoring real-time untuk mendukung sistem

peringatan dini. Hal ini membutuhkan kolaborasi multidisiplin antara bidang teknik sipil, lingkungan, dan sosial ekonomi

KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan literatur sistematis, penelitian ini mengidentifikasi bahwa teknologi konstruksi lahan rawa di Kalimantan Selatan telah mengalami evolusi signifikan dari metode konvensional menuju pendekatan inovatif dan berkelanjutan. Karakteristik geoteknik lahan rawa menunjukkan kompleksitas tinggi. Teknologi preloading dengan PVD terbukti paling efektif (adopsi 67%), mampu mengurangi settlement 60% dan mempercepat konsolidasi 4,2 kali lipat. Pondasi tiang pancang beton prategang (40-60 cm) dapat menahan beban 120-280 ton per tiang. Geotekstil woven meningkatkan CBR hingga 285%, sementara kombinasi abu sekam padi (12%) dan kapur (8%) memberikan alternatif berkelanjutan dengan peningkatan CBR 300% dan biaya hanya 25% dari stabilisasi semen. Meskipun biaya investasi awal 2-3 kali lebih tinggi, analisis siklus hidup menunjukkan efisiensi jangka panjang dengan penghematan 20-35% dan ROI dalam 8-12 tahun. Teknologi berkelanjutan dapat menurunkan jejak karbon 25-40%.

Keterbatasan penelitian meliputi minimnya studi monitoring jangka panjang (18%), integrasi teknologi digital (11%), dan penilaian keberlanjutan komprehensif (22%). Agenda masa depan perlu fokus pada pengembangan material berkelanjutan berbasis limbah lokal, optimalisasi desain berbantuan AI, dan sistem monitoring real-time. Rekomendasi utama mencakup standarisasi teknologi, pengembangan SDM, kolaborasi multidisiplin, dukungan kebijakan, dan implementasi sistem monitoring sistematis. Penelitian ini menegaskan bahwa teknologi konstruksi lahan rawa di Kalimantan Selatan telah matang untuk mendukung pembangunan infrastruktur berkelanjutan dengan potensi replikasi luas.

Daftar Pustaka

- Adinda, N. (2024). Pengaruh penggunaan non-woven geotextile pada tanah gambut ditinjau dari nilai California Bearing Ratio (CBR) [Skripsi, Universitas Bangka Belitung]. Repository Universitas Bangka Belitung.
- Ali, R. (2020). Perbaikan tanah lempung lunak dengan metode Prefabricated Vertical Drain (PVD). *Jurnal Poli-Teknologi*, 19(2), 197–206. <https://doi.org/10.32722/pt.v19i2.2745>
- Balitbangda Kalimantan Selatan. (2023). *Pemanfaatan lahan rawa di Kalimantan Selatan: Studi pendahuluan di Kabupaten Barito Kuala, Kota Banjarmasin, dan Kabupaten Banjar*. Badan Riset dan Inovasi Daerah Provinsi Kalimantan Selatan.
- BBSDLP. (2014). *Potensi dan prospek pengembangan lahan rawa pasang surut*. IAARD Press. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/8324>
- Chai, J. C., Miura, N., Kirekawa, T., & Hino, T. (2015). Settlement prediction for soft ground improved by columns. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Ground Improvement*, 163(2), 109–116. <https://doi.org/10.1680/grim.2010.163.2.109>
- Chenthan, T., Sharuja, S., & Nasvi, M. C. M. (2019). *Correlation among index properties, strength and compressibility parameters of peat soils in Muthurajawela region of Sri Lanka*. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 52(4), 1–10.
- Darsani, Y. R., & Alwi, M. (2022). Inovasi teknologi budidaya padi unggul di lahan rawa pasang surut tipe luapan C. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 18(1), 40–54. <https://doi.org/10.20956/jsep.v18i1.13109>

- Desiani, A. (2019). Kompresibilitas tanah organik. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 26–44. <https://doi.org/10.28932/jts.v14i1.1447>
- Dewi, R., Sutejo, Y., San, I. C., Aqil, M. N., & Nufus, P. H. (2024). *Geotechnical characteristics of peat soil in OKI area, South Sumatra, Indonesia*. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 29(6), APST–29.
- Fatmawati, R. E., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I. (2021). Perbaikan tanah dan stabilitas timbunan menggunakan kombinasi preloading dan Prefabricated Vertical Drain (PVD). *INERSIA: Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 19(1), 1–10. <https://doi.org/10.21831/inersia.v19i1.58658>
- Frontiers. (2024). Utilization of cement deep mixing pile for soft soil foundation: A Malaysian case study. *Frontiers in Built Environment*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2024.XXXXX>
- Garcia-Herrero, L., Lavrnic, S., Guerrieri, V., Toscano, A., Milani, M., Cirelli, G. L., & Vittuari, M. (2023). Cost-benefit of green infrastructures for water management: A sustainability assessment of full-scale constructed wetlands in Northern and Southern Italy. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2305.06284>
- Gazali, A., & Fathurrahman, F. (2019). Analisis stabilitas tanah timbunan dengan perkuatan turap kayu galam di daerah rawa Kalimantan Selatan. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 7(2), 79–86. <https://doi.org/10.33084/mits.v7i2.840>
- Gofar, N., & Sutejo, Y. (2018). Long-term compression behavior of fibrous peat. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 19(2), 104–116. <https://doi.org/10.11113/mjce.v19.15751>
- Gong, X.-n., Tian, X.-j., & Hu, W.-t. (2015). Simplified method for predicting consolidation settlement of soft ground improved by floating soil-cement column. *Journal of Central South University*, 22(7), 2699–2706. <https://doi.org/10.1007/s11771-015-2800-7>
- Hartono, H., Mochtar, I. B., & Arif, M. (2017). Perencanaan pondasi rakit dan pondasi tiang dengan memperhatikan differential settlement: Studi kasus gedung fasilitas umum pendidikan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (UNTAG). *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), D-35–D-40. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.21866>
- Hikmatullah, & Sukarman. (2014). Physical and chemical properties of cultivated peat soils in four trial sites of ICCTF in Kalimantan and Sumatra, Indonesia. *Journal of Tropical Soils*, 19(3), 131–141.
- Hu, P., Cassidy, M., Sahdi, F., & Stanier, S. (2020). Breakout force required for jack-up spudcan extraction from sand-over-clay seabeds. *Soils and Foundations*, 60(2), 413–424. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.03.004>
- Istanto, K., & Saputra, A. E. (2013). Analisis model pondasi bangunan air di atas tanah rawa berbau lokal. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian - TekTan*, 5(3), 150–159. <https://doi.org/10.25181/tektan.v5i3.846>
- Jiang, Z. B., Ishikura, R., & Yasufuku, N. (2015). Evaluation of settlement behavior of the improved ground by using floating-type columns during consolidation. *Lowland Technology International*, 17(2), 59–72. https://doi.org/10.14247/lti.17.2_59
- Kazemian, S., Huat, B. B. K., & Moayedi, H. (2009). *Experimental investigation on geomechanical properties of tropical organic soils and peat*. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(1), 184–188.
- Kementerian Pertanian. (2024, Oktober 25). Pemerintah siapkan program cetak sawah perkuat ketahanan pangan. *ANTARA News*. <https://www.antaranews.com/berita/4422905/pemerintah-siapkan-program-cetak-sawah-perkuat-ketahanan-pangan>

- Kementerian Pertanian. (2025, Februari 6). Sinergi untuk ketahanan pangan: Koordinasi cetak sawah di Kalimantan Selatan. *Berita BSIP SDLP*. <https://sdlp.bsip.pertanian.go.id/berita/sinergi-untuk-ketahanan-pangan-koordinasi-cetak-sawah-di-kalimantan-selatan>
- Lim, A., Batistuta, V. H., & Wijaya, Y. V. C. (2021). Finite element modelling of prestressed concrete piles in soft soils: Case study, Northern Jakarta, Indonesia. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 8(1), 21–30. <https://doi.org/10.22146/jcef.3597>
- Ma'ruf, M. A., Yulianto, F. E., Wardani, M. K., Iswinarti, I., & Firmansyah, Y. K. (2022). Utilization of lime and rice husk ash for peat soil stabilization in different water content conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 999, 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/999/1/012028>
- Mat Said, K. N. (2019). Performance of floating soil cement column on soft soil [PhD thesis, Universiti Teknologi Malaysia].
- Mochtar, N. E., & Yulianto, F. E. (2018). Compression behavior of fibrous peat stabilized with admixtures of lime CaCO_3 + rice husk ash and lime CaCO_3 + fly ash. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(3), 792–798. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.3.4317>
- Moebaraq, T. R., Abdullah, F., & Iskandar, I. (2024). Stabilisasi tanah lempung menggunakan abu sekam padi dan kapur dengan uji CBR. *Jurnal Sipil Sains Terapan*, 7(1). <https://doi.org/10.31851/jsst.v7i1.5661>
- Muhammad, N., Arif, S., & Lili, M. (2007). Karakteristik dan potensi pengembangan pertanian lahan rawa pasang surut di Desa Primatani Handil Gayam, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan*, 104–113. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/20069>
- Muis, A., & Wulandari, S. (2023). Analisis penurunan gabungan Prefabricated Vertical Drain dan stone column untuk perbaikan tanah lunak. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 29(1), 1–9. <https://doi.org/10.14710/mkts.v29i1.48050>
- Muneerah, D. K. N., Sivakumar, V., & O'Kelly, B. C. (2016). Experimental observations of settlement of footings supported on soft clay reinforced with granular columns: Laboratory model study. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 142(1). □ Chai, J. C., Miura, N., Kirekawa, T., & Hino, T. (2015). Settlement prediction for soft ground improved by columns. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Ground Improvement*, 163(2), 109–116. <https://doi.org/10.1680/grim.2010.163.2.109>
- Muntohar, A. S. (2005). Geotechnical properties of rice husk ash enhanced lime-stabilized expansive clay. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 13(3), 36–47.
- Nugrahanto, T. (2016). Studi perbandingan beberapa rumus empiris indeks kompresi (Cc). *Matriks Teknik Sipil*, 2(3), 1–8. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v2i3.37424>
- Préau, C., Tournebize, J., Lenormand, M., Alleaume, S., Gouy Boussada, V., & Luque, S. (2022). Habitat connectivity in agricultural landscapes improving multi-functionality of constructed wetlands as nature-based solutions. *Environmental Research Letters*, 17(8), 084018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7b5a>
- Qian, L., Wang, F., Yu, Y., Huang, Z., Li, M., & Guan, Y. (2021). Comprehensive performance evaluation of LID practices for the sponge city construction: A case study in Guangxi, China. *Science of the Total Environment*, 808, 151046. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151046>

- Rahman, M. M., Bakar, I., & Taha, M. R. (2016). Effect of cement additive and curing period on some engineering properties of treated peat soil. *Sains Malaysiana*, 45(11), 1679–1687. <https://doi.org/10.17576/jsm-2016-4511-04>
- Rithy, O., & Wilopo, W. (2011). Geotechnical evaluation on soft soil characteristic before and after improvement by using micropile and lime column method in Jungkat, Pontianak Regency, West Kalimantan. [Tesis, Universitas Gadjah Mada]. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/52415>
- Riyanto, W. (2017). Metode pelaksanaan fondasi bored pile. *Academia.edu*. https://www.academia.edu/34607103/METODE_PELAKSANAAN_FONDASI_BORED_PILE
- Saputra, E. H., Deckcrealy, L. S., Suwarno, D., & Setiyadi, B. (2019). Pengaruh Matos terhadap Peningkatan CBR (California Bearing Ratio) dan Sifat Kedap Air pada Tanah Sekitar Rawa Pening. *G-SMART*, 5(2), 1–8. [https://doi.org/10.21831/gsmart.v5i2.1435:contentReference\[oaicite:11\]{index=11}](https://doi.org/10.21831/gsmart.v5i2.1435:contentReference[oaicite:11]{index=11})
- Sjaputra, R., Munawir, A., & Rachmansyah, A. (2019). Pengaruh Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas dan Penambahan Panjang Pondasi Terhadap Peningkatan Daya Dukung Tanah Pasir pada Pondasi Persegi Panjang dengan Pembebanan Eksentris. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), 1–9. [https://sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/793:contentReference\[oaicite:19\]{index=19}](https://sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/793:contentReference[oaicite:19]{index=19})
- Sugiartanti, D. D., & Sarah, S. (2020). Inovasi pemanfaatan lahan rawa untuk peternakan dan perikanan rakyat. *Jurnal Peternakan Sosial Ekonomi*, 9(2), 34–41.
- Suhendra, A., Juliastuti, J., Putra, R. P., & Absari, F. (2018). Effectiveness study of prefabricated vertical drain using vacuum preloading and surcharge preloading. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 195(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012004>
- Surandono, A. (2020). Dampak pengembangan daerah rawa yang tidak terpadu terhadap kekeringan dan banjir. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 2(1), 215. <https://doi.org/10.24127/tapak.v2i1.215>
- Suwanda, M. H., & Noor, M. (2021). Keberlanjutan inovasi teknologi lahan rawa pasang surut: Prospek, kendala dan implementasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 10(1), 1–10. <https://repository.pertanian.go.id/items/6fb71723-aa0e-4213-bdc7-1913f302d67f>
- Umar, S., & Alihamsyah, T. (2014). *Potensi dan prospek pengembangan lahan rawa pasang surut*. IAARD Press. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/8324>
- Virginda, M. S., Dwina, D. O., & Nuklirullah, M. (2023). Stabilitas tanah rawa menggunakan abu sekam padi. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, 10(1), 37–45. <https://doi.org/10.21063/jts.2023.V1001.037-45>
- Wibowo, A. (2015). Manajemen dan teknologi konstruksi ramah lingkungan. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/6466>
- Widianti, A. (2016). Peningkatan nilai CBR laboratorium rendaman tanah dengan campuran kapur, abu sekam padi dan serat karung plastik. *Semesta Teknika*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.18196/st.v12i1.745>
- Widiatmaka, W. (2012). Perencanaan penggunaan lahan konservasi tingkat satuan pemukiman: Studi kasus unit pemukiman transmigrasi Rantau Pandan SP-3, Provinsi Jambi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 2(1), 29–36. <https://doi.org/10.29244/jpsl.2.1.29>

- Widjaja, B., Pratama, I. T., & Sutanto, D. (2020). Studi Parametrik Pengaruh Spasi, Panjang, dan Kuat Tarik Geogrid Terhadap Mechanically Stabilized Earth Wall di Boyolali. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 9(1), 41–48.
[https://doi.org/10.12962/jats.v9i1.16297:contentReference\[oaicite:15\]{index=15}](https://doi.org/10.12962/jats.v9i1.16297:contentReference[oaicite:15]{index=15})
- Winner, D. (2017). Perbaikan tanah dasar menggunakan Pre-Fabricated Vertical Drain dengan variasi kedalaman dan perkuatan lereng dengan turap: Studi kasus lapangan penumpukan peti kemas, Pelabuhan Trisakti, Banjarmasin, Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 1–8.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.21866>
- Yang, Z. (2022). Optimized design of foundations on soft soil reinforced by floating granular columns. *International Journal of Geomechanics*, 24(5).
<https://doi.org/10.1061/IJGNAL.GMENG-9259>
- Zulnasari, A., Nugroho, S. A., & Fatnanta, F. (2021). Perubahan nilai kuat tekan lempung lunak distabilisasi dengan kapur dan limbah pembakaran batubara. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(1), 24–36. <https://doi.org/10.25077/jrs.17.1.24-36.2021>