

SIFAT FISIKA DAN KIMIA TANAH DI LAHAN PERTANIAN KERING: STRATEGI PENGELOLAAN AIR YANG EFEKTIF

Tegar Khoirul N¹, Yulia Rahmah A², Muhammad Rafi M. R³, Lilian Novelita P⁴,
Carliyan Abednego C⁵

¹⁻⁵Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
22025010134@student.upnjatim.ac.id

Abstrak

Penelitian mengenai sifat fisika dan kimia tanah di lahan pertanian kering menunjukkan bahwa pengelolaan yang tepat dapat meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas pertanian. Sifat fisika tanah, seperti porositas, stabilitas agregat, dan berat jenis, dipengaruhi oleh perlakuan bahan organik dan kapur dolomit. Hasil studi menunjukkan bahwa penambahan bahan organik dapat memperbaiki sifat fisika tanah dengan meningkatkan porositas total, kandungan karbon organik, serta mengurangi kepadatan bulk. Tekstur tanah, yang terdiri dari proporsi pasir, debu, dan liat, memainkan peran penting dalam menentukan kapasitas tanah untuk menahan air. Struktur tanah, yang berkaitan dengan pengelompokan partikel-partikel tanah menjadi agregat, juga mempengaruhi aerasi dan kemampuan infiltrasi air. Tanah salin cenderung memiliki konsentrasi ion natrium (Na⁺) yang tinggi, yang dapat mengganggu penyerapan unsur hara penting seperti kalium (K⁺), kalsium (Ca²⁺), dan magnesium (Mg²⁺) oleh akar tanaman yang menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi. Pengkajian penelitian ini metode sistematis yaitu data yang berasal dari hasil penelitian yang sudah dilakukan orang lain sebelumnya memanfaatkan fasilitas pencarian melalui beberapa jurnal. Artikel tersebut dipilih berdasarkan relevansi dan memiliki bagian teks secara lengkap.

Kata kunci: sifat fisika, sifat kimia, pengelolaan air

Abstract:

Research on the physical and chemical properties of soil in dry agricultural land shows that proper management can improve soil quality and agricultural productivity. Soil physical properties, such as porosity, aggregate stability, and specific gravity, are influenced by the treatment of organic matter and dolomite lime. The study results show that the addition of organic material can improve soil physical properties by increasing total porosity, organic carbon content, and reducing bulk density. Soil texture, consisting of the proportions of sand, silt, and clay, plays an important role in determining the soil's capacity to hold water. Soil structure, which relates to the grouping of soil particles into aggregates, also influences aeration and water infiltration capabilities. Saline soil tends to have a high concentration

Article History

Received: Oktober 2024
Reviewed: Oktober 2024
Published: Oktober 2024
Plagiarism Checker No 234
Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/hibrida.v1i2.365
Copyright : Author Publish
by : Hibrida



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

of sodium ions (Na⁺), which can interfere with the absorption of important nutrients such as potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺), and magnesium (Mg²⁺) by plant roots that causes a nutritional imbalance. This research is assessed using a systematic method, namely data that comes from the results of research that has been previously carried out by other people using search facilities through several journals. The articles are selected based on relevance and have complete text sections.

Keywords: *physical properties, chemical properties, water management*

PENDAHULUAN

Lahan pertanian kering sering kali dihadapkan pada tantangan besar terkait dengan ketersediaan air dan kualitas tanah. Tanah di lahan kering umumnya memiliki karakteristik fisika dan kimia yang berbeda dibandingkan tanah di daerah yang lebih basah, yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Kondisi fisika seperti tekstur, struktur, dan kapasitas penyimpanan air, serta faktor kimia seperti salinitas dan kandungan nutrisi, berperan penting dalam menentukan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan air yang efektif untuk memaksimalkan produktivitas dilahan kering, di mana curah hujan rendah dan penguapan tinggi menjadi hambatan utama (Feldman et al., 2021).

Sifat fisika tanah, seperti kekerasan dan kandungan air, berpengaruh langsung pada kemampuan tanah menyimpan dan menyerap air (Jing et al., 2023). Tanah dengan struktur dan tekstur yang tidak memadai akan sulit menahan air, menyebabkan hilangnya air melalui aliran permukaan dan erosi. Selain itu, sifat kimia tanah seperti Tingkat salinitas yang tinggi dan ketersediaan nutrisi yang rendah seringkali menjadi masalah di lahan kering, memperburuk kondisi pertumbuhan tanaman. Namun, beberapa teknik pengelolaan, seperti pengolahan tanah minimum, penggunaan mulsa, dan pemanenan air hujan, telah terbukti efektif dalam meningkatkan retensi air dan memperbaiki kualitas tanah.

Tekstur dan struktur tanah memegang peran penting dalam kapasitas tanah untuk menyimpan air. Tanah bertekstur kasar, seperti pasir, memiliki infiltrasi yang cepat tetapi retensi air yang rendah, sedangkan tanah liat yang padat mampu menahan air lebih baik tetapi dapat mengalami drainase buruk (Nkurunziza et al., 2019). Pengelolaan salinitas dan nutrisi tanah juga penting, karena tanah dengan salinitas tinggi dapat menghambat penyerapan air oleh tanaman dan mengurangi ketersediaan nutrisi penting. Dengan strategi seperti ameliorasi tanah menggunakan bahan organik dan mineral, sifat fisika-kimia tanah kering dapat diperbaiki untuk mendukung pertanian yang lebih produktif.

Dalam arikel, akan dibahas berbagai aspek pengelolaan tanah kering, dimulai dari analisis sifat fisika dan kimia tanah hingga strategi irigasi yang efisien. Pendekatan ini diharapkan dapat membantu menemukan Solusi berkelanjutan untuk Meningkatkan produktivitas lahan pertanian kering melalui optimasi pengelolaan air dan tanah.

METODOLOGI

Penulisan review ini menggunakan metode tinjauan sistematis dengan sumber data dari artikel ilmiah yang diakses melalui basis data online seperti bersumber dari Google Scholar, Scopus, PubMed dan sumber lain-lain. Artikel-artikel tersebut dipilih berdasarkan ketersediaan teks lengkap serta relevansinya dengan topik penelitian, dengan pencarian literatur yang dilakukan menggunakan kata kunci seperti "Sifat Fisika Tanah," "Sifat Kimia Tanah," "Lahan Pertanian Kering," dan "Strategi Pengelolaan Air." Kriteria inklusi yang digunakan meliputi artikel yang membahas sifat fisika dan kimia tanah di lahan pertanian kering serta strategi pengelolaan air yang efektif, dengan rentang publikasi antara tahun 2015 hingga 2024 (10 tahun terakhir). Proses seleksi dilakukan secara bertahap, dimulai dari identifikasi melalui judul dan abstrak, kemudian dilanjutkan dengan peninjauan teks lengkap untuk memastikan kesesuaiannya dengan topik. Setelah artikel yang relevan terkumpul, dilakukan analisis yang berfokus pada pembahasan mengenai sifat fisika dan kimia tanah di lahan pertanian kering serta strategi pengelolaan air yang efektif. Hasil analisis disajikan secara naratif, dengan mengidentifikasi tema utama dan tren yang muncul dari literatur, guna memberikan gambaran menyeluruh tentang topik yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tekstur dan Struktur Tanah terhadap Penyimpanan Air

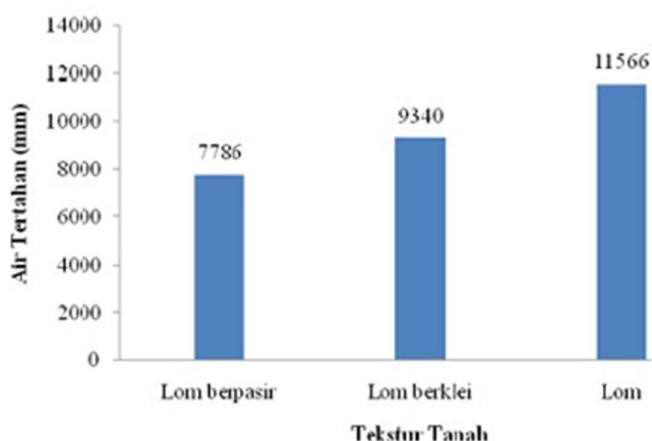
Lahan kering adalah wilayah yang hampir tidak pernah mengalami banjir atau genangan air sepanjang sebagian besar waktu dalam setahun. Tipologi lahan ini dapat ditemukan di berbagai ketinggian, mulai dari dataran rendah (0-700 meter di atas permukaan laut) hingga dataran tinggi (>700 meter di atas permukaan laut). Secara umum, lahan kering beriklim kering didefinisikan sebagai wilayah yang tidak mengalami genangan air sepanjang sebagian besar tahun, dengan curah hujan tahunan kurang dari 2.000 mm dan periode kering yang berlangsung lebih dari 7 bulan (dengan curah hujan di bawah 100 mm per bulan). (Sutrisno & Heryani, 2020).

Keterbatasan sumber daya air saat ini menjadi hambatan utama dalam pembangunan ekonomi dan sosial. Hal ini terutama dirasakan di daerah kering dan semi kering. Ketersediaan air di lahan pertanian sangat penting untuk keberhasilan budidaya tanaman. Air berperan penting dalam meningkatkan produksi pertanian. Oleh karena itu, pasokan air yang cukup menjadi faktor kunci dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Mekiuw & Wahida, 2018).

Tekstur dan struktur tanah merupakan sifat fisik yang sangat berperan dalam menentukan karakteristik serta fungsi tanah, khususnya dalam hal kemampuan menyimpan air, memungkinkan penetrasi air, serta menjaga aerasi dan kesuburan. Sifat fisik tanah memengaruhi sirkulasi udara, panas, air, dan zat mineral yang terlarut, yang mendukung pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produktivitas lahan. Berbagai sifat fisik seperti tekstur, struktur, porositas, berat volume, serta berat jenis partikel tanah bervariasi di antara jenis tanah yang berbeda, dan dapat mengalami perubahan akibat pengolahan tanah (Agustin et al., 2016). Faktor-faktor ini sangat mempengaruhi ketersediaan air, udara tanah, dan ketersediaan unsur hara, yang akhirnya menentukan potensi tanah dalam mendukung produksi tanaman secara optimal. Kerusakan struktur tanah, seperti perubahan warna tanah atau komposisi partikel pasir, debu, dan liat, sering kali disebabkan oleh kesalahan dalam pengelolaan tanah dan dapat mengakibatkan degradasi tanah (Umin & Anasaga, 2019).

Struktur tanah melibatkan susunan partikel tanah seperti pasir, debu, dan liat yang membentuk agregat atau kelompok partikel yang lebih besar. Agregat tersebut dapat memiliki bentuk seperti granular, blok, atau prismatik, yang bergantung pada komposisi mineral, aktivitas biologis, serta proses kimia dalam tanah. Struktur tanah yang ideal menciptakan campuran pori-pori besar dan kecil yang mendukung sirkulasi udara, pergerakan air, dan penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Sebaliknya, pemadatan tanah akibat struktur yang buruk dapat menghambat pergerakan air dan udara, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman (Montero-Martínez et al., 2020).

Tekstur tanah mengacu pada komposisi partikel tanah berdasarkan ukurannya, yaitu proporsi pasir (partikel besar), debu (partikel sedang), dan liat (partikel sangat halus). Komposisi ini memainkan peran penting dalam menentukan sifat fisik tanah, terutama dalam hal kapasitas tanah untuk menyimpan air dan nutrisi. Penelitian menunjukkan bahwa tanah bertekstur halus, seperti tanah liat, memiliki kapasitas retensi air yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah bertekstur kasar seperti pasir, karena tanah liat memiliki lebih banyak pori-pori mikro yang mampu menahan air dengan lebih efektif. (Du, 2020).



Grafik 1. Rata-rata Kapasitas Menahan Air Tekstur Tanah
Sumber : Agustin et al. (2016)

Berdasarkan penelitian Agustin et al., (2016) yang dtunjukkan pada Gambar 1.1, tekstur tanah yang memiliki kapasitas menahan air tertinggi adalah lom. Hal ini disebabkan oleh pori-pori kecil dan permukaan halus yang dimiliki oleh tekstur lom, sehingga mampu menahan lebih banyak air ketika diberikan. Sebaliknya, tekstur lom berpasir memiliki kapasitas menahan air paling rendah, karena pori-pori besar dan permukaan kasar menyebabkan air mudah lolos melalui pori-pori tersebut.

Nutrisi dan Salinitas pada Lahan Kering

Perlakuan	Daya tumbuh (%)	Tinggi tanaman 15 HST (cm)	Biomass tajuk 50 HST (g per tanaman)	Biomass tajuk saat panen (ton ha ⁻¹)
Mulsa				
Tanpa mulsa	96.42	9.1b	6.69	0.91
Mulsa	96.33	10.1a	7.17	1.17 (28.6) ^b
Ameliorasi				
Kontrol	97.08	9.6	7.32	0.99
K ₂ O	97.33	9.5	7.49	1.13 (14.1)
S	96.33	9.7	6.73	0.99
Gypsum	95.08	9.5	6.38	1.08 (9.1)
Pupuk kandang	95.75	9.7	7.31	0.94
Pukan+Gypsum	96.67	9.7	7.35	1.06 (7.1)

Keterangan: Angka dengan huruf yang sama atau tanpa didampingi huruf pada kolom di masing-masing kelompok perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT taraf 5%; ^b angka dalam kurung adalah persentase peningkatan terhadap tanpa mulsa dan tanpa ameliorasi

Tabel 1. Persentase daya kecambah, tinggi tanaman, dan biomass tajuk tanaman kedelai galur K-13 pada tanah salin akibat pemulsaan dan pemberian amelioran
Sumber : Kamsurya (2020)

Nutrisi dan salinitas pada lahan kering merupakan dua faktor yang saling mempengaruhi dan sangat penting dalam pertanian. Salinitas tanah, yang diakibatkan oleh akumulasi garam terlarut seperti natrium (Na⁺), kalsium (Ca²⁺), dan magnesium (Mg²⁺), dapat mengurangi ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Hal ini terjadi karena ion-ion garam dapat mengikat unsur hara penting seperti fosfor (P) dan kalium (K), sehingga membuatnya tidak tersedia untuk diserap oleh akar tanaman (Kamsurya, 2020). Peningkatan salinitas menyebabkan tekanan osmotik yang tinggi, yang menghambat kemampuan tanaman untuk menyerap air dan nutrisi, sehingga tanaman mengalami stres osmotik dan ion (Novita et al., 2019).

Pengaturan bedengan dan model tanam adalah metode keempat untuk mengelola kondisi tanah salin untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Dengan mengatur gundukan di sepanjang barisan tanaman, pengelolaan tanah dapat dilakukan untuk mencegah akumulasi garam di daerah perakaran. Sebuah bedengan ganda dapat digunakan pada tanah dengan tingkat salinitas sedang, sementara bedengan tunggal dapat menyebabkan akumulasi garam di area perakaran. Selama tahap pra-perkecambahan, irigasi sprinkler dapat membantu mengurangi akumulasi garam. Metode alur khusus juga dapat diterapkan (Mindari, 2009). Biochar juga dapat digunakan sebagai bahan ameliorant. Hasil penelitian (Prayoga et al., 2018) Dalam budidaya jagung manis, penambahan biochar ke dalam air irigasi telah dilakukan sebagai metode untuk meningkatkan kualitas tanah. Hasil dari penerapan ini menunjukkan dampak yang positif, yang berarti bahwa penggunaan biochar dapat memperbaiki sifat tanah salin yang ada. Dengan demikian, hasil panen yang diperoleh menjadi sebanding dengan hasil dari lahan budidaya biasa, menunjukkan potensi biochar dalam meningkatkan produktivitas pertanian.

Lahan salinitas merujuk pada tanah yang memiliki kadar garam tinggi, yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Proses ini dikenal sebagai salinisasi, di mana garam-garam larut dalam air terakumulasi di dalam tanah, sering kali disebabkan oleh intrusi air laut atau kondisi iklim yang kering (Karolinoerita & Annisa, 2020). Lahan salin sangat umum ditemukan di daerah pesisir dan wilayah arid, di mana evaporasi melebihi presipitasi, sehingga garam tertinggal di permukaan tanah. Salinitas merupakan salah satu cekaman abiotik yang serius bagi

pertanian. Tanaman padi, misalnya, sangat sensitif terhadap salinitas; peningkatan kadar garam dapat menurunkan hasil panen hingga 50%. Salinitas mengganggu kemampuan tanaman untuk menyerap air dan nutrisi, serta dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah (Masganti et al., 2023). Di Indonesia, lahan sawah yang terletak dekat pantai sangat rentan terhadap masalah ini, dengan luas lahan yang terpengaruh terus meningkat dari tahun ke tahun,

Tanaman yang ditanam di lahan dengan salinitas tinggi sering kali menunjukkan pertumbuhan yang terhambat, karena mereka tidak hanya menghadapi defisit air tetapi juga keracunan akibat akumulasi ion Na^+ . Keracunan ini dapat mengganggu keseimbangan ion dalam sel, mengurangi aktivitas enzim, dan mempengaruhi turgor sel, yang semuanya berkontribusi pada penurunan hasil panen (Hendri & Saidi, 2020). Oleh karena itu, pengelolaan tanah salin menjadi sangat penting, termasuk penerapan teknik seperti leaching untuk mengurangi kadar garam, penggunaan varietas tanaman yang toleran terhadap salinitas, serta pemupukan yang tepat untuk memastikan ketersediaan nutrisi (Novita et al., 2019).

Dampak salinitas pada lahan kering sangat signifikan terhadap ketersediaan nutrisi dan produktivitas tanaman. Salinitas yang tinggi, yang disebabkan oleh akumulasi garam terlarut seperti natrium (Na^+), dapat mengganggu penyerapan nutrisi penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang esensial untuk pertumbuhan tanaman. Ketika salinitas meningkat, tekanan osmotik di sekitar akar tanaman juga meningkat, menyulitkan tanaman untuk menyerap air dan nutrisi, sehingga menyebabkan stres fisiologis yang dapat menurunkan hasil panen. Selain itu, salinitas dapat menyebabkan keracunan ion, di mana konsentrasi Na^+ yang tinggi mengganggu keseimbangan ion dalam sel tanaman, mengurangi fotosintesis, dan menyebabkan degradasi klorofil (Novita et al., 2019).

Pengelolaan lahan salin memerlukan pendekatan yang komprehensif untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan. Beberapa strategi pengelolaan mencakup penggunaan varietas tanaman yang toleran terhadap salinitas, aplikasi bahan pembenah tanah seperti gips dan kapur pertanian untuk memperbaiki struktur tanah, serta pemupukan yang tepat untuk memastikan ketersediaan nutrisi. Selain itu, praktik irigasi yang efisien dapat membantu mengurangi akumulasi garam di permukaan tanah. Dengan menerapkan teknologi pengelolaan hara dan tanaman yang tepat, lahan kering yang terpengaruh oleh salinitas dapat dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan ketahanan pangan dan produktivitas pertanian (Masganti et al., 2023).

Infiltrasi dan Drainase Tanah di Lahan Kering

Infiltrasi dan drainase tanah merupakan dua proses penting dalam pengelolaan air tanah, terutama di daerah lahan kering. Lahan kering dikenal sebagai wilayah dengan keterbatasan air yang signifikan, ditandai oleh rendahnya curah hujan dan tingginya tingkat penguapan. Hal ini menjadikan infiltrasi dan drainase sebagai elemen vital untuk menjaga ketersediaan air serta kelestarian ekosistem tanah di kawasan tersebut. Artikel yang dibahas menawarkan wawasan mendetail tentang pentingnya kedua proses ini dalam pengelolaan lahan kering, dengan menyoroti berbagai faktor yang memengaruhi laju infiltrasi dan drainase serta dampaknya terhadap produktivitas tanah dan upaya konservasi air.

Infiltrasi adalah proses masuknya air permukaan ke dalam tanah (Sindagamanik et al., 2020). Di lahan kering, kemampuan tanah untuk menyerap air sangat penting mengingat curah hujan yang rendah. Jika infiltrasi berjalan dengan baik, air hujan dapat diserap tanah dan disimpan sebagai air tanah yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Sebaliknya, jika kemampuan tanah dalam menyerap air rendah, air hujan akan mengalir di permukaan (*runoff*), meningkatkan risiko erosi dan hilangnya nutrisi penting bagi tanaman. Artikel menekankan bahwa tingkat

infiltrasi dipengaruhi oleh karakteristik fisik tanah seperti tekstur, struktur, dan kandungan bahan organik.

Tanah berpasir umumnya memiliki porositas tinggi, memungkinkan air lebih mudah meresap ke dalam tanah. Namun, lahan kering yang didominasi oleh tanah liat memiliki infiltrasi lebih rendah karena partikel tanah yang padat dan rapat. Struktur tanah yang baik, dengan agregat tanah yang stabil, juga mendukung infiltrasi dengan menciptakan ruang antar partikel yang mempermudah aliran air. Kandungan bahan organik dalam tanah juga berperan signifikan dalam meningkatkan infiltrasi, karena bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, dan menyediakan habitat bagi organisme tanah yang membantu memperbaiki struktur tanah melalui aktivitas biologis (Henny & Arsyad, 2022).

Badu et al., (2023), juga menyebutkan bahwa teknik pengelolaan tanah seperti pengolahan minimal dan penggunaan mulsa organik dapat meningkatkan laju infiltrasi. Pengolahan minimal (*minimum tillage*) bertujuan untuk mengurangi gangguan pada tanah sehingga struktur tanah tetap terjaga. Sementara itu, penggunaan mulsa organik, seperti jerami atau sisa tanaman, dapat meningkatkan infiltrasi dengan cara menurunkan suhu tanah dan mengurangi penguapan. Hal ini memberikan lebih banyak waktu bagi air untuk meresap ke dalam tanah sebelum menguap kembali ke atmosfer.

Drainase tanah mengacu pada pergerakan air di dalam tanah menuju lapisan yang lebih dalam atau ke sumber air bawah tanah (Rionaldi & Prasetyo, 2023). Di lahan kering, drainase yang baik diperlukan untuk mencegah penumpukan air di zona perakaran tanaman, yang bisa menyebabkan kondisi anaerobik (kekurangan oksigen). Kondisi ini tidak hanya berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman, tetapi juga dapat merusak mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam siklus nutrisi. Drainase yang efektif menjaga keseimbangan air dalam tanah, memastikan akar tanaman mendapatkan cukup air tanpa mengalami kelebihan.

Penelitian Desiyanto et al., (2023), menguraikan bahwa karakteristik fisik tanah, seperti tekstur dan struktur, mempengaruhi kecepatan drainase. Tanah bertekstur kasar, seperti pasir, memiliki drainase yang cepat karena pori-pori besar memungkinkan air bergerak dengan cepat ke lapisan bawah. Sebaliknya, tanah dengan tekstur halus, seperti tanah liat, memiliki drainase yang lambat karena pori-porinya kecil dan rapat. Struktur tanah yang baik juga berperan penting dalam proses drainase. Tanah dengan struktur gembur memudahkan aliran air, sementara tanah yang padat cenderung menghambat pergerakan air.

Selain itu, Salam et al., (2023), menyoroti pentingnya penerapan sistem drainase buatan di lahan kering, terutama di area yang rawan genangan selama musim hujan. Sistem drainase buatan, seperti saluran drainase atau pipa bawah tanah, berfungsi untuk mengalirkan kelebihan air dari zona perakaran. Langkah ini membantu memaksimalkan pemanfaatan air yang ada dan mencegah masalah akibat genangan, seperti kerusakan akar tanaman dan penurunan kualitas tanah.

Infiltrasi dan drainase merupakan dua proses yang saling terkait. Infiltrasi menentukan jumlah air yang bisa masuk ke dalam tanah, sedangkan drainase mengatur seberapa cepat air bergerak melalui lapisan tanah. Di lahan kering, keseimbangan antara kedua proses ini sangat penting. Jika infiltrasi berlangsung terlalu cepat tanpa didukung oleh drainase yang baik, air akan cepat terserap ke lapisan tanah yang lebih dalam sebelum dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Sebaliknya, infiltrasi yang lambat dengan drainase yang buruk dapat menyebabkan air menggenang di permukaan tanah, terutama saat hujan lebat, sehingga meningkatkan risiko erosi dan kerusakan tanah.

Purbiantoro et al., (2023), juga menggarisbawahi bagaimana kondisi lahan kering, yang dipengaruhi oleh faktor iklim dan aktivitas manusia, dapat mempengaruhi interaksi antara infiltrasi dan drainase. Perubahan iklim, seperti kenaikan suhu dan penurunan curah hujan, memperburuk kondisi lahan kering dengan mengurangi kemampuan tanah menyerap air karena tanah menjadi lebih kering dan kurang stabil. Aktivitas manusia, seperti deforestasi dan penggembalaan berlebihan, juga memperburuk struktur tanah, yang pada akhirnya mengganggu laju infiltrasi dan drainase.

Sebagai contoh, penelitian Triwanto et al., (2022), lahan kering yang kehilangan vegetasi akibat deforestasi cenderung mengalami erosi yang lebih parah karena air hujan tidak bisa diserap dengan baik oleh tanah yang kehilangan dukungan dari akar tanaman. Selain itu, penggembalaan berlebihan menyebabkan pemadatan tanah, yang menurunkan porositas tanah, memperlambat infiltrasi, dan memperburuk sistem drainase tanah. Pengelolaan infiltrasi dan drainase tanah yang efektif berperan penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian di lahan kering. Tanah dengan infiltrasi yang buruk tidak dapat menyimpan cukup air untuk mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga mengurangi hasil panen. Di sisi lain, drainase yang tidak memadai dapat menyebabkan penumpukan air di sekitar akar tanaman, yang dapat merusak tanaman dan mengurangi produktivitas pertanian.

Artikel Toansiba et al., (2021), menawarkan solusi berbasis praktik pertanian konservasi untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap air dan mengelola drainase. Salah satu pendekatan yang dibahas adalah teknik agroforestri, yaitu menanam pohon atau semak-semak di lahan pertanian. Pohon-pohon ini membantu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan infiltrasi air, serta mengurangi evaporasi dengan memberikan naungan pada tanah. Selain itu, sistem akar pohon juga mendukung drainase dengan menciptakan jalur bagi air untuk mengalir lebih baik di dalam tanah. Teknik lain yang diusulkan adalah pengelolaan bahan organik tanah melalui penerapan pupuk kompos dan sisa tanaman. Bahan organik meningkatkan kualitas tanah dengan memperbaiki strukturnya, meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air, serta memperbaiki drainase. Selain itu, bahan organik juga menyediakan nutrisi yang diperlukan tanaman, yang sangat penting untuk mempertahankan produktivitas pertanian di lahan kering.

Salah satu isu utama yang disoroti dalam penelitian Fadhli, (2021), pentingnya konservasi air di lahan kering melalui pengelolaan infiltrasi dan drainase tanah yang efektif. Setiap tetes air sangat penting di daerah dengan curah hujan yang sangat rendah. Oleh karena itu, hal yang paling penting adalah meminimalkan kehilangan air melalui aliran permukaan, atau runoff, dan memaksimalkan infiltrasi air hujan ke dalam tanah. Teknik konservasi seperti terasering dan penutup tanah dapat memperlambat aliran air, memberikan lebih banyak waktu bagi air untuk terserap ke dalam tanah. Terasering, misalnya, membuat penghalang fisik di lereng untuk mencegah air mengalir terlalu cepat. Daerah miring memiliki risiko erosi yang lebih tinggi, jadi teknik ini sangat efektif. Dengan menjaga kelembaban tanah dan melindungi permukaan tanah dari dampak langsung curah hujan, penutup tanah, seperti tanaman penutup atau mulsa, juga membantu mengurangi evaporasi dan meningkatkan infiltrasi.

Selain itu, drainase yang baik sangat penting untuk mencegah degradasi tanah. Genangan air di permukaan atau di dalam tanah dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti pemadatan tanah, pembentukan lapisan keras (*hardpan*), dan salinisasi tanah, yang semuanya berdampak buruk pada kesuburan tanah. Sistem drainase yang efektif, baik alami maupun buatan, membantu mengatasi masalah ini dengan memastikan bahwa kelebihan air dapat dialirkan tanpa merusak tanah (Ardiansyah et al., 2023), penelitian ini juga menggarisbawahi bahwa teknologi dan inovasi memiliki peran yang semakin penting dalam mengatasi tantangan

pengelolaan infiltrasi dan drainase di lahan kering. Salah satu teknologi yang disebutkan adalah sistem irigasi tetes (*drip irrigation*), yang dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan air dengan menyalurkan air langsung ke zona perakaran tanaman secara terkendali. Teknologi ini tidak hanya membantu meningkatkan efisiensi infiltrasi, tetapi juga meminimalkan kehilangan air akibat penguapan dan aliran permukaan.

Selain itu, inovasi dalam pemetaan tanah menggunakan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) dan sistem informasi geografis (GIS) juga menjadi sorotan. Teknologi ini memungkinkan pemantauan infiltrasi dan drainase secara *real-time*, sehingga dapat membantu pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan lahan dan air, seperti menentukan area yang membutuhkan perbaikan drainase atau penambahan bahan organik untuk meningkatkan infiltrasi.

Penggunaan biochar—karbon yang dihasilkan dari sisa biomassa melalui proses pirolisis—juga dibahas sebagai salah satu pendekatan inovatif untuk meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan memperbaiki struktur tanah di lahan kering. Biochar mampu meningkatkan retensi air di dalam tanah serta memperbaiki kualitas tanah secara jangka panjang, memberikan manfaat berkelanjutan bagi tanaman di wilayah dengan keterbatasan sumber daya air (Lee et al., 2022).

Ameliorasi Tanah Kering untuk Perbaikan Sifat Fisika-Kimia

Ameliorasi tanah kering adalah upaya yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika-kimia tanah yang mengalami degradasi akibat kekurangan air atau kondisi lingkungan yang gersang. Menurut Wahyuni et al., (2023), ameliorasi adalah proses memperbaiki kesuburan tanah dengan memasukkan bahan-bahan tertentu ke dalamnya. Dengan menambah bahan organik untuk meningkatkan porositas, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kemampuan tanah untuk menyimpan air dan mendukung sistem akar tanaman, sifat fisika tanah diperbaiki. Di sisi lain, sifat kimia tanah diperbaiki dengan menambah zat seperti kapur untuk menurunkan pH tanah, serta mineral tertentu untuk meningkatkan kapasitas tukar kation dan memperkaya tanah dengan unsur hara penting.

Penggunaan bahan organik dan mineral dalam teknik perbaikan sifat tanah kering meningkatkan kualitas dan kesuburan tanah yang mengalami kekurangan air atau kelembaban rendah. Bahan organik memainkan peran penting dalam sifat fisik tanah, terutama dalam proses pembentukan struktur dan pemeliharaan kestabilan struktur. Selain itu, bahan organik meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air, yang sangat penting untuk tanah kering. (Panda et al., 2021). Mineral seperti kapur, zeolit, dan gipsium membantu meningkatkan kapasitas tanah dalam menyerap air dan mempertahankan kelembaban, serta memperbaiki tekstur tanah yang kering dan keras. Selain itu, mineral dapat menyeimbangkan pH tanah dan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman, yang penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman di lingkungan tanah yang gersang atau kering.

Tanah kering biasanya memiliki struktur yang buruk, kandungan bahan organik yang rendah, dan kapasitas penyimpanan air yang rendah. Tanah yang baik harus mengandung unsur hara makro dan mikro yang penting, bahan organik, kapasitas pertukaran kation, dan pH yang tepat (Maghfiroh et al., 2022). Struktur tanah yang baik dan kandungan organik yang cukup membuat tanah mampu mempertahankan kelembaban lebih lama serta menjaga ketersediaan unsur hara penting. Hal ini tidak hanya meningkatkan daya dukung tanah terhadap pertumbuhan tanaman, tetapi juga memungkinkan penyerapan pupuk yang lebih efisien. Dalam kondisi di mana sifat tanah berada dalam keadaan seimbang, lahan kering memiliki potensi untuk menyediakan jumlah air dan nutrisi yang memadai bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini

sangat penting karena dapat mendukung efisiensi pemupukan yang dilakukan. (Margaret et al., 2024). Akibatnya, kebutuhan pupuk dapat berkurang karena tanaman dapat memanfaatkan nutrisi secara maksimal dari tanah, sehingga mendukung hasil yang lebih optimal dengan input yang lebih hemat. Kondisi ini juga dapat berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan pertanian dengan mengurangi risiko pencemaran akibat penggunaan pupuk yang berlebihan.

Perlakuan		C-organik (%)	N-total (%)	P ₂ O ₅ Tersedia (ppm)	K (cmol (+)/kg)
L1	Paket Lengkap	2.89	0.16	3.26	0.13
L3	Minus biodekomposer	2.38	0.17	3.30	0.13
L4	Minus pupuk hayati	2.18	0.19	4.66	0.11
L5	Minus ameliorasi	3.18	0.19	3.51	0.12
L6	Minus pemupukan rekomendasi	3.08	0.16	6.47	0.39
L7	Budidaya Petani	2.69	0.16	5.41	0.18

Sumber: *Balitro dan Balittanah, 2019*

Tabel 2. Hasil analisis tanah setelah percobaan komponen teknologi pendukung budidaya padi di lahan kering, Indramayu 2019
Sumber : Margaret et al. (2024)

Percobaan yang dilakukan oleh Margaret et al., (2024) menunjukkan bahwa setelah dilakukan percobaan di lokasi percobaan, terjadi peningkatan kandungan C-organik pada beberapa perlakuan, terutama pada perlakuan minus ameliorasi dan minus pupuk rekomendasi, di mana kandungan C-organik naik hingga kategori tinggi. Hal tersebut berbeda dengan kondisi sebelum diberikan perlakuan, dimana lahan memiliki tingkat bahan organik yang sedang, dengan rasio C/N juga berada dalam kategori sedang. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi bahan organik di dalam tanah belum berlangsung secara optimal. Sementara itu, perlakuan lainnya masih menunjukkan kandungan C-organik yang tetap dalam kategori sedang, menandakan perlunya optimasi lebih lanjut dalam pengelolaan bahan organik tanah.

Irigasi Efisien untuk Lahan Pertanian Kering

Saluran irigasi merupakan infrastruktur penting dalam bidang pertanian yang berfungsi sebagai jalur untuk mengalirkan air guna mengairi areal persawahan maupun perkebunan yang dimiliki oleh para petani (Purwanto & Susanto, 2017). Saluran ini memainkan peran penting dalam menjamin ketersediaan air untuk tanaman, terutama di daerah dengan curah hujan yang tidak merata atau selama musim kemarau. Melalui saluran irigasi, air dapat didistribusikan secara efisien dan merata ke seluruh area pertanian, yang mendukung pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil panen. Irigasi mencakup berbagai usaha yang berkaitan dengan penyediaan, pengaturan, dan pengelolaan air untuk keperluan pertanian. Ada beberapa jenis sistem irigasi, termasuk irigasi permukaan, yang menggunakan aliran air langsung di atas tanah; irigasi rawa, yang digunakan di wilayah dengan rawa; irigasi air bawah tanah, yang mengambil air dari lapisan bawah permukaan tanah; dan irigasi tambak, yang digunakan untuk budidaya perikanan.

Keberadaan saluran irigasi sangatlah penting bagi para petani karena dapat mendukung sistem pengairan lahan yang mereka kelola, baik itu untuk tanaman padi, sayuran, buah-buahan, maupun tanaman perkebunan lainnya (Mufida, 2017). Tanpa saluran irigasi yang baik, petani akan mengalami kesulitan dalam menyediakan kebutuhan air yang mencukupi untuk tanaman,

yang pada akhirnya akan berdampak pada produktivitas dan kualitas hasil pertanian mereka. Dengan demikian, pengelolaan saluran irigasi yang efektif dan efisien sangat diperlukan untuk meningkatkan ketahanan pangan dan kesejahteraan petani. Dalam berbagai macam irigasi seperti irigasi tetes (drip irrigation), irigasi semprot (Sprinkler Irrigation), Irigasi permukaan (Surface irrigation), irigasi dalam permukaan (Sub-surface irrigation) dan irigasi kabut (mist irrigation).

Irigasi tetes adalah sistem bertekanan rendah dan debit kecil yang mengalirkan air langsung ke zona perakaran tanaman melalui penetes. Metode ini menjadi alternatif yang efektif untuk irigasi hemat air, terutama di daerah kering. Irigasi ini telah menjadi populer tidak hanya di daerah kering, tetapi juga di lingkungan perkotaan dan wilayah dengan biaya air yang tinggi. Irigasi tetes memberikan empat keuntungan utama dibandingkan dengan metode irigasi lainnya di lahan kering (arid atau semi-arid). Ini adalah efisiensi aplikasi yang tinggi, pengelolaan nutrisi tanaman yang lebih baik, pengendalian salinitas yang lebih baik, dan, keempat, konsumsi energi yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem sprinkler atau metode irigasi mekanis lainnya.

Emitter ke-	Tekstur Tanah					
	Lempung		Liat		Lempung liat berpasir	
	Ea (%)	Es (%)	Ea (%)	Es (%)	Ea (%)	Es (%)
1	98.63	22.81	100	64.54	100	47.89
2	99.41	24.17	100	66.36	99.41	49.85
3	100	19.27	100	66.12	100	48.94
4	98.83	26.06	100	71.43	99.02	49.80
5	99.02	27.54	100	63.92	100	49.69
6	100	23.30	100	64.21	99.64	46.72
7	98.43	21.15	100	72.90	100	46.90
8	99.61	21.37	100	69.96	100	51.41
9	98.82	24.67	100	67.26	100	48.84
10	99.61	22.66	100	68.06	100	48.20
Rataan	99.24	23.3	100	67.48	99.81	48.82

Tabel 3. Efisiensi irigasi tetes pada fase akhir tekstur lempung, liat dan lempung liat berpasir
Sumber : Mustawa et al. (2017)

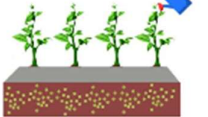
Berdasarkan hasilnya, dapat disimpulkan bahwa jika dibandingkan dengan tanah lempung dan pasir, tanah liat lebih efisien dalam penyimpanan dan penggunaan air. Di lahan kering, irigasi tetes dapat meningkatkan efisiensi irigasi untuk berbagai jenis tanah. Metode ini telah digunakan di hampir seluruh dunia, dan merupakan teknologi terkini dalam bidang irigasi. Irigasi tetes, yang pertama kali dibuat di Israel, sekarang digunakan di banyak tempat di seluruh dunia. Di iklim kering, teknologi ini sangat cocok untuk tanaman penting dan kondisi tanah berpasir dengan sedikit air. Selain itu, sistem irigasi tetes dapat meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman dengan memungkinkan penanaman sepanjang tahun, yang meningkatkan indeks penanaman dan mengurangi ketergantungan pertanian pada musim hujan (Amuddin & Sumarsono, 2015). Irigasi tetes merupakan metode yang mengalirkan air secara langsung ke tanaman, baik pada area akar maupun di permukaan tanah, dengan cara menetes secara perlahan dan berkelanjutan. Teknologi ini, yang juga dikenal sebagai Trickle Irrigation, memanfaatkan jaringan aliran yang bekerja berdasarkan gaya gravitasi untuk mendistribusikan air. Sistem irigasi tetes terdiri dari beberapa elemen, termasuk pipa utama yang berfungsi mengalirkan air dari sumber, pipa sub utama yang mendistribusikan air ke berbagai bagian lahan, serta pipa lateral yang menyalurkan air langsung ke tanaman. Dengan demikian, irigasi tetes mampu mengoptimalkan penggunaan air dan meningkatkan efisiensi dalam praktik pertanian.

Irigasi Sprinkler adalah sistem pengairan yang menggunakan alat pemercik untuk menyebarkan air secara merata ke permukaan lahan, menyerupai hujan. Sistem ini dirancang untuk memberikan kelembapan yang dibutuhkan tanaman dengan efisiensi yang tinggi. Irigasi sprinkler sangat efektif dalam berbagai kondisi tanah dan jenis tanaman, dan dapat diterapkan baik di lahan pertanian maupun taman. Menurut (Sirait et al., 2022) telah diusulkan Salah satu cara yang efektif untuk memenuhi kebutuhan air tanaman dan meningkatkan produktivitas tanaman adalah dengan menggunakan teknologi irigasi sprinkler. Teknologi ini memberikan tingkat efisiensi dan efektivitas yang tinggi dalam memenuhi kebutuhan air tanaman dan memastikan bahwa tanaman menerima jumlah air yang memadai, yang menghasilkan peningkatan produktivitas. Untuk menilai efektivitas irigasi di lahan pertanian, penting untuk mempertimbangkan keseragaman distribusi air dalam sistem irigasi. Jumlah air irigasi yang dapat digunakan tanah untuk memenuhi kebutuhan tanaman dan volume air yang bermanfaat bagi tanaman dibandingkan dengan total jumlah air yang disuplai membantu dalam evaluasi ini. Koefisien keseragaman, retensi air, dan kehilangan air adalah beberapa faktor yang menentukan efisiensi irigasi sprinkler. Metode penggunaan air irigasi, persiapan dan pengolahan tanah, sifat fisik tanah, tingkat kelembapan di daerah perakaran, aspek operasional dan dimensi sistem irigasi, tata letak, dan kondisi iklim yang sesuai adalah beberapa faktor yang memengaruhi efisiensi penggunaan air irigasi. Tabel 4 menunjukkan nilai efisiensi yang terkait dengan penggunaan irigasi sprinkler.

Nozzle Sprinkler	efisiensi penggunaan (%)
Sprinkler 1	73,85
Sprinkler 2	45,19
Sprinkler 3	62,73
Sprinkler 4	63,63
Sprinkler 5	45,19
Sprinkler 6	51,46
Sprinkler 7	84,55
Sprinkler 8	87,99
Sprinkler 9	77,91
Sprinkler 10	83,14
Sprinkler 11	51,03
Sprinkler 12	53,11
Sprinkler 13	55,85
Sprinkler 14	91,97
Sprinkler 15	91,97
Sprinkler 16	81,90
Rata-Rata	68,84

Tabel 4. Nilai efisiensi penggunaan irigasi sprinkler
Sumber : Sirait et al. (2022)

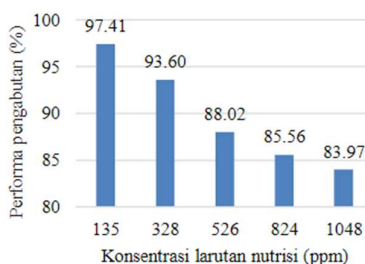
Air adalah bagian penting dari sumber daya alam yang sangat penting untuk sistem produksi pertanian dan sangat penting untuk lahan kering. Menurut (Sutrisno & Heryani, 2020) menyebutkan terdapat 2 teknologi irigasi hemat air yang berkaitan dengan pengelolaan air antara lain teknik pemberian air ke tanaman/teknik penyiraman, teknologi distribusi dari sumber menuju lahan dan aplikasi dosis serta frekuensi irigasi. Teknik irigasi alternatif yang dapat digunakan di lahan kering yaitu irigasi permukaan (*Surface irrigation*) dan bawah permukaan (*Sub-surface irrigation*). Seperti ilustrasi pada gambar 1. berikut.

Kode Perlakuan	Ilustrasi pengaplikasian	Keterangan
P0		Kontrol (P0) yaitu tanpa penambahan bahan organik (Pupuk kandang) dan tanpa mulsa serta metode pemberian air dan pemupukan dari permukaan tanah (<i>Surface irrigation</i>) atau yang dikenal sebagai Metode kocor.
P1		Perlakuan (P1) yaitu penambahan bahan organik (Pupuk kandang 50%) dan penggunaan mulsa dipermukaan bedengan serta pemberian air dan pemupukan dari permukaan tanah (<i>Surface irrigation</i>)
P2		Perlakuan (P2) dilakukan dengan cara penambahan bahan organik (Pupuk kandang 50%), penggunaan mulsa dibawah permukaan serta pemberian air dan pemupukan melalui bawah permukaan (<i>Sub-surface irrigation</i>).

Gambar 1. Ilustrasi Perlakuan dalam Pengelolaan Tanah di Lahan Kering
Sumber : Salam et al. (2023)

Teknik irigasi permukaan (*surface irrigation*) merupakan memanfaatkan air dari berbagai sumber dan menyalurkan ke lahan dengan daya gravitasi, sehingga bagian tanah yang lebih tinggi akan terlebih dahulu mendapatkan. Teknik tersebut sangat umum digunakan oleh petani untuk pengairan dan pemupukan. Namun kelemahan dari teknik tersebut yaitu kurangnya efisiensi penggunaan air karena membutuhkan jumlah atau debit air yang cukup tinggi, khususnya pada wilayah lahan keringberiklim kering. Oleh karena itu, petani membutuhkan sistem pengairan yang lebih efisien untuk menunjang pertumbuhan tanaman hingga panen salah satunya irigasi bawah permukaan air (Mulyadi, & Ansadilla, 2021). Sistem irigasi bawah permukaan merupakan teknik pengairan dari bawah permukaan tanah yang digerakkan oleh gaya kapiler untuk meresapkan air ke daerah perakaran tanaman menggunakan pipa, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Dengan menerapkan metode tersebut dapat mengurangi terjadinya evaporasi secara berlebihan di lahan kering (Sutrisno & Heryani, 2020).

Irigasi kabut (*mist irrigation*) adalah sistem irigasi yang menggunakan alat untuk menyemprotkan air dalam bentuk kabut halus ke tanaman. Metode ini sangat efektif dalam menjaga kelembapan lingkungan, terutama di area yang memerlukan kelembapan tinggi, seperti di rumah kaca atau untuk tanaman tertentu yang sensitif terhadap kekeringan. Kabut terbentuk melalui proses di mana molekul cairan terpecah menjadi partikel-partikel kecil saat melewati permukaan yang bergetar pada frekuensi yang sangat tinggi. Proses ini menghasilkan kabut yang halus dan merata, yang berguna dalam berbagai aplikasi. Jumlah cairan yang diubah menjadi kabut dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti input frekuensi dan luas permukaan kontak antara transduser dan cairan. Penerapan atomizer ultrasonik dalam bidang pertanian dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam praktik budidaya tanaman.(Niam & Sucahyo, 2020). Berikut ini bentuk grafik efisiensi penggunaan irigasi kabut yang ditambahi dengan konsentrasi nutrisi pada Grafik 2.



Grafik 2. Grafik performa pengabutan *atomizer* pada berbagai konsentrasi nutrisi

Sumber : Sucahyo et al., (2023)

KESIMPULAN

Dalam pertanian lahan kering, peningkatan sifat fisik dan kimia tanah serta pengelolaan air yang efektif sangat penting. Tanah dengan tekstur liat memiliki kapasitas retensi air yang lebih baik dibandingkan dengan tanah berpasir. Menambah bahan organik dan dolomit dapat meningkatkan retensi air dan kualitas tanah secara keseluruhan. Selain itu, pengelolaan salinitas juga penting untuk mengatasi masalah penyerapan nutrisi yang disebabkan oleh akumulasi garam. Tingkat salinitas di daerah kering dapat diturunkan melalui penerapan biochar, amelioran, dan penanaman varietas tanaman yang toleran terhadap garam. Berbagai metode irigasi, termasuk irigasi tetes, irigasi semprot, irigasi permukaan, irigasi bawah permukaan, dan irigasi kabut, serta pengelolaan drainase yang baik, dapat meningkatkan efisiensi air dan produktivitas dalam pertanian lahan kering. Dengan menerapkan strategi yang tepat, lahan kering dapat mencapai produktivitas yang lebih tinggi dan mendukung ketahanan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amuddin, A., & Sumarsono, J. (2015). Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Dengan Pompa Otomatis Sistem Irigasi Tetes Pada Lahan Kering. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 3(1), 95–101. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v3i1.8>
- Ardiansyah, F. D., Asmorowati, E. T., & Sarasanty, D. (2023). Perencanaan Sistem Drainase Di Desa Kupang. *Seminar Nasional Fakultas Teknik*, 2(1), 313–318. <https://doi.org/10.36815/semastek.v2i1.211>
- Badu, R. R., Lukum, W., Tahir, M. R., & SM, F. (2023). Efektivitas Teknologi Biopori dengan Pengolahan Sampah Organik untuk Meningkatkan Laju Infiltrasi Tanah. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 8(2), 55–62. <https://doi.org/10.30869/jtpg.v8i2.1260>
- Desiyanto, F., Bayuaji, O., & Jaya, A. R. (2023). Analisis Daya Saring Geotextile terhadap Material Konvensional (Ijuk & Goni) (Studi Kasus Drainase DPT Jl. Prabu Kian Santang, Priuk, Tangerang). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 8(3), 136. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v8i3.136>
- Du, C. (2020). Comparison of the performance of 22 models describing soil water retention curves from saturation to oven dryness. *Vadose Zone Journal*, 19(1), 1–20. <https://doi.org/10.1002/vzj2.20072>
- Fadhli, R. (2021). Perubahan Sifat Kimia Tanah Sawah Di Kabupaten Bener Meriah Oleh Pemberian Kompos Tithonia Dan Jerami Padi. *Jurnal Real Riset* /, 3(1), 61–68.
- Feldman, A. F., Short Gianotti, D. J., Konings, A. G., Gentine, P., & Entekhabi, D. (2021). Patterns of plant rehydration and growth following pulses of soil moisture availability. *Biogeosciences*, 18(3), 831–847. <https://doi.org/10.5194/bg-18-831-2021>

- Henny., & Arsyad, A. (2022). Pengaruh Pengolahan Tanah Menggunakan Traktor dan Pupuk Organik terhadap Infiltrasi Tanah Andisol serta Produktivitas Kentang. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 10(1), 29–36. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2022.010.01.04>
- Hendri, J., & Saidi, B. B. (2020). Pengaruh Ameliorasi Lahan yang Terkena Intrusi Air Laut terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-8 Tahun 2020, Komoditas Sumber Pangan untuk Meningkatkan Kualitas Kesehatan di Era Pandemi Covid-19*, 605–615.
- Jing, X., Su, L., Wang, Y., Yu, M., & Xing, X. (2023). How Do Microplastics Affect Physical Properties of Silt Loam Soil under Wetting–Drying Cycles? *Agronomy*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy13030844>
- Kamsurya, M. Y. (2020). Perbaikan Produktivitas Lahan Salin yang Berkelanjutan : Review (Sustainable Improvement of Saline Productivity : Review). *Jurnal Agrohut*, 11(1), 43–51.
- Karolinoerita, V., & Annisa, W. (2020). Salinisasi Lahan dan Permasalahannya di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(2), 91. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v14n2.2020.91-99>
- Lee, J. M., Park, D. G., Kang, S. S., Choi, E. J., Gwon, H. S., Lee, H. S., & Lee, S. Il. (2022). Short-Term Effect of Biochar on Soil Organic Carbon Improvement and Nitrous Oxide Emission Reduction According to Different Soil Characteristics in Agricultural Land: A Laboratory Experiment. *Agronomy*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy12081879>
- Mulyadi, & Ansadilla, N. S. (2021). ANALISA SISTEM JARINGAN IRIGASI TERSIER DESA CITARIK KECAMATAN PELABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 6(1), 46–60.
- Maghfiroh, C. N., Hartanti, D. A. S., Puspaningrum, Y., Zuhria, S. A., Khiftiyah, A. M., & Chumaidi, M. (2022). Identifikasi Karakteristik Tanah Pertanian Di Desa Banjarsari Kecamatan Bandarkedungmulyo Kabupaten Jombang. *Exact Papers in Compilation (EPiC)*, 4(2), 551–556. <https://doi.org/10.32764/epic.v4i2.767>
- Margaret, S., Nugroho, N., & Agustiani. (2024). Komponen Teknologi Budidaya Mendukung Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Kering. *Djati Conference Series*, 38, 81–91. <http://www.conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/2063%0Ahttps://www.conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/download/2063/1492>
- Masganti, M., Abduh, A. M., Rina D., Y., Alwi, M., Noor, M., & Agustina, R. (2023). Pengelolaan Lahan dan Tanaman Padi di Lahan Salin. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 16(2), 83. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v16n2.2022.83-95>
- Mekiuw, Y., & Wahida. (2018). Potensi Ketersediaan Air Di Kampung Kweel. *Musamus AE Featuring Journal*, 1(1), 1–9.
- Mindari, W. (2009). Cekaman Garam dan Dampaknya pada Kesuburan Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. In *UPN "Veteran" Jawa Timur* (Issue December 2009).
- Montero-Martínez, G., García-García, F., & Arenal-Casas, S. (2020). The change of rainfall kinetic energy content with altitude. *Journal of Hydrology*, 584(February), 124685. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124685>
- Mufida, E. (2017). Otomatisasi Irigasi Sawah Menggunakan Sensor Elektroda Level Berbasis. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, III(1), 44–50.
- Mustawa, M., Abdullah, S. H., Mahardhian, G., & Putra, D. (2017). Analisis Efisiensi Irigasi Tetes pada berbagai Tekstur Tanah untuk Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 5(2), 408–421. <https://core.ac.uk/download/pdf/297915864.pdf>

- Niam, A. G., & Sucahyo, L. (2020). Ultrasonic atomizer application for Low Cost Aeroponic Chambers (LCAC): A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 542(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/542/1/012034>
- Nkurunziza, L., Chirinda, N., Lana, M., Sommer, R., Karanja, S., Rao, I., Romero Sanchez, M. A., Quintero, M., Kuyah, S., Lewu, F., Joel, A., Nyamadzawo, G., & Smucker, A. (2019). The Potential Benefits and Trade-Offs of Using Sub-surface Water Retention Technology on Coarse-Textured Soils: Impacts of Water and Nutrient Saving on Maize Production and Soil Carbon Sequestration. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3(September), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00071>
- Novita, A., Julia, H., & Rahmawati, N. (2019). Tanggap Salinitas Terhadap Pertumbuhan Bibit Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L.). *Agrica Ektensia*, 13(2), 55–58.
- Panda, N. D., Jawang, U. P., & Lewu, L. D. (2021). Pengaruh Bahan Organik Terhadap Daya Ikat Air Pada Tanah Ultisol Lahan Kering. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 327–332. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.3>
- Prayoga, G. I., Mustikarini, E. D., & Wandura, N. (2018). Seleksi kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) lokal Bangka toleran cekaman salinitas. *Jurnal AGRO*, 5(2), 103–113. <https://doi.org/10.15575/3366>
- Purbiantoro, S., Kristanto, W. A. D., & Lukito, H. (2023). Teknik Reklamasi Area Bekas Tambang Tanah Urug Sebagai Pertanian Lahan Kering di Dusun Kaligondang, Kalurahan Temon Wetan, Kapanewon Temon, Kabupaten Kulon Progo, DIY. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI*, 4(1), 165–172. <https://doi.org/10.31315/psb.v4i1.8885>
- Purwanto, M. Y. J., & Susanto, A. (2017). Pengantar Pengelolaan Sumber Daya Air. *Pengelolaan Sumberdaya Air*, 1–51.
- Rionaldi, A., & Prasetyo2, F. (2023). Evaluasi Saluran Drainase Utama (Studi Kasus : Komplek Dosen Ikip). *Structure*, 5(1), 56. <https://doi.org/10.31000/civil.v5i1.8268>
- Salam, R. H., Mulyati, M., Suheri, H., & Darmawan, E. (2023). PENERAPAN BERBAGAI SISTEM PENGAIRAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN TERUNG (*Solanum melongena* L.) DI LAHAN KERING KABUPATEN LOMBOK TIMUR. *Agroteksos*, 33(2), 466. <https://doi.org/10.29303/agroteksos.v33i2.845>
- Sindagamanik, F. D., Antaria, S., & Nenny, N. (2020). Studi Pengaruh Silinder Pori Pada Saluran Drainase Terhadap Debit Infiltrasi Pada Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 6(1), 12. <https://doi.org/10.33506/rb.v6i1.1009>
- Sirait, S., Santoso, D., Sari, N., Hatta, S., & Hendris, H. (2022). Efisiensi Teknologi Irigasi Sprinkler Di Lahan Kelompok Tani Kecamatan Tarakan Utara, Kota Tarakan. *Rona Teknik Pertanian*, 15(1), 13–24. <https://doi.org/10.17969/rtp.v15i1.23360>
- Sucahyo, L., Solahudin, M., & Amarillis, S. (2023). Kajian Sistem Hidroponik Menggunakan Ultrasonic Atomizer Untuk Pembibitan Tss (True Shallot Seed) Bawang Merah. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 11(1), 34–43. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v11i1.488>
- Sutrisno, N., & Heryani, N. (2020). Pengembangan Irigasi Hemat Air untuk Meningkatkan Produksi Pertanian Lahan Kering Beriklim Kering. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(1), 17. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v13n1.2019.17-26>
- Toansiba, M., Katmo, E. T. R., Krisnawati, K., & Wambrauw, Y. L. D. (2021). Pengelolaan Tanah dalam Pengetahuan Lokal dan Praktik Pertanian Berkelanjutan pada Masyarakat Arfak, Papua Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), 370–378. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.3.370>

- Triwanto, J., Arrofi, F. G. R., & Rahayu, E. M. (2022). Contribution of coffee agroforestry to the income of farmers in Tulungrejo Village, Ngantang District, Malang Regency. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 11(2), 79–88. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2022.vol11iss2pp79-88>
- Umin, M., & J.P. Anasaga, A. (2019). KARAKTERISTIK SIFAT FISIK TANAH PADA LAHAN BUDIDAYA UBI KAYU (*Manihot Esculenta* Crantz) DI DESA WOLOGAI TENGAH. *Agrica*, 12(1), 23–33. <https://doi.org/10.37478/agr.v12i1.9>
- Wahyuni, S., Aqiel, M., Ismi, N., Mahdianti, S., Usman, & Fachrian. (2023). Ameliorasi Lahan Berpasir sebagai Cara Pemulihan Lahan Berpasir Menjadi Sawah Produktif di Kebun Percobaan PT PIM. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(1), 4689–4696.
- Zulfa Anis Agustin, Elida Novita, & Suhardjo Widodo. (2016). Kajian Efisiensi Penyimpanan Air Dari Berbagai Tekstur Tanah. *Berkala Ilmiah TEKNOLOGI PERTANIAN*, 1(1), 1–4.