

Inovasi dalam Teknik Irigasi dan Dampaknya terhadap Hasil Pertanian: Kajian Bibliometrik

Ikhwan Alfiansyah¹, Rani Eka Arini², Muhamad Ammar Muhtadi³

¹Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Gayo Lues, Aceh dan ikhwan.alfiansyah@gayolueskab.go.id

²Universitas Nusa Putra dan raniekaarini1009@gmail.com

³Universitas Nusa Putra dan muhamad.ammar_mn10@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menunjukkan bahwa inovasi dalam teknik irigasi secara signifikan mempengaruhi hasil pertanian dan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan fokus pada teknologi terkini seperti irigasi defisit, irigasi tetes, dan otomatisasi berbasis IoT, riset ini mengungkap bagaimana teknik-teknik ini dapat meningkatkan produktivitas pertanian sambil mengurangi konsumsi air. Temuan ini menegaskan pentingnya integrasi teknologi canggih dalam praktik irigasi untuk menghadapi tantangan global seperti keamanan pangan dan perubahan iklim. Melalui analisis bibliometrik, penelitian ini juga menyoroti kebutuhan akan pendekatan multidisiplin dan kolaborasi lintas sektor dalam mengembangkan solusi berkelanjutan untuk pengelolaan sumber daya air di pertanian.

Kata Kunci: Teknologi Irigasi, Produktivitas Pertanian, Analisis Bibliometrik, VOSviewer

ABSTRACT

This study demonstrates that innovations in irrigation techniques significantly impact agricultural yields and resource use efficiency. Focusing on recent technologies such as deficit irrigation, drip irrigation, and IoT-based automation, the research reveals how these techniques can enhance agricultural productivity while reducing water consumption. The findings underscore the importance of integrating advanced technology into irrigation practices to address global challenges such as food security and climate change. Through bibliometric analysis, this research also highlights the need for multidisciplinary approaches and cross-sector collaboration in developing sustainable solutions for water resource management in agriculture.

Keywords: Irrigation Technology, Agricultural Productivity, Bibliometric Analysis, VOSviewer

PENDAHULUAN

Irigasi merupakan komponen kritical dalam pertanian yang berkontribusi signifikan terhadap produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya air (M et al., 2024). Dengan semakin menipisnya ketersediaan sumber air bersih dan meningkatnya kebutuhan akan produksi pangan yang berkelanjutan, inovasi dalam teknik irigasi menjadi sangat penting (Vadityavath & Baddam, 2024). Metode irigasi tradisional yang seringkali tidak efisien mulai digantikan dengan teknologi irigasi modern seperti irigasi tetes, irigasi sprinkler, dan sistem irigasi otomatis yang dikontrol oleh teknologi informasi (Batykova et al., 2024). Penggunaan teknologi ini tidak hanya memungkinkan penggunaan air yang lebih hemat dan tepat guna, tetapi juga mendukung upaya dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air (Devendiran et al., 2023; Jagtap, 2023).

Perubahan iklim global menambah tantangan dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya di sektor pertanian (Ciampittiello et al., 2024). Perubahan pola curah hujan dan suhu yang ekstrem menyebabkan ketersediaan air menjadi tidak menentu, yang memaksa para petani dan ilmuwan untuk mencari solusi inovatif dalam teknik irigasi (Crossman et al., 2013; Mehta et al.,

2024). Ini mencakup pengembangan dan implementasi sistem irigasi yang dapat menyesuaikan diri dengan fluktuasi sumber daya air dan kondisi cuaca, sehingga dapat menjamin ketersediaan air untuk pertanian di masa yang akan datang (Adamopoulou et al., 2023; Mahato, 2014).

Peningkatan kebutuhan pangan global mendorong para peneliti dan praktisi untuk mengembangkan teknik irigasi yang tidak hanya efisien tapi juga ramah lingkungan (Ragab et al., 2022). Integrasi teknologi irigasi dengan sistem manajemen pertanian pintar, yang melibatkan penggunaan sensor tanah dan data cuaca real-time, menjadi area riset yang berkembang (Srilikhitha et al., 2017). Melalui sistem ini, petani dapat mengoptimalkan penggunaan air dan nutrisi, meminimalkan pemborosan, dan meningkatkan hasil panen (Leh et al., 2019). Di sisi lain, adopsi inovasi teknologi irigasi seringkali menghadapi hambatan, baik dari segi biaya, kompleksitas teknologi, maupun keberatan dari para petani yang terbiasa dengan metode tradisional. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana inovasi-inovasi ini diterima di kalangan petani dan sejauh mana dampaknya terhadap hasil pertanian secara umum. Studi bibliometrik terhadap literatur yang ada bisa memberikan wawasan tentang tren penelitian, kolaborasi antar ilmuwan, dan pengaruh inovasi irigasi terhadap pertanian.

Meskipun terdapat kemajuan teknologi yang signifikan dalam bidang irigasi, masih kurangnya penelitian yang menggabungkan analisis bibliometrik untuk memahami secara komprehensif tentang perkembangan terbaru dan dampaknya terhadap hasil pertanian. Penelitian bibliometrik yang sistematis akan membantu dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis hasil riset yang telah dilakukan, serta mengidentifikasi kekosongan dalam literatur yang ada.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara bibliometrik literatur yang berkaitan dengan inovasi dalam teknik irigasi dan dampaknya terhadap hasil pertanian. Kajian ini diharapkan dapat mengidentifikasi tren utama, kolaborasi antar peneliti, dan kontribusi signifikan dari berbagai inovasi irigasi. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang berbasis bukti untuk para stakeholder di sektor pertanian guna meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air dan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

LANDASAN TEORI

A. Konsep dan Teknologi Irigasi Modern

Irigasi adalah praktek penyediaan air ke tanaman menggunakan metode buatan untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman saat suplai air dari hujan tidak memadai (Ragab et al., 2022; Thote et al., 2024). Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi irigasi telah berkembang pesat, dari metode tradisional seperti irigasi permukaan dan irigasi banjir, menuju teknik yang lebih canggih dan efisien seperti irigasi tetes dan irigasi sprinkler. Irigasi tetes, khususnya, memungkinkan pengiriman air dan nutrisi langsung ke zona akar tanaman, mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Menurut FAO, irigasi tetes dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 90% dibandingkan dengan teknik tradisional.

B. Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Irigasi

Perubahan iklim secara global telah mempengaruhi sumber daya air, dengan pola hujan yang menjadi tidak dapat diprediksi dan periode kekeringan yang lebih panjang. Hal ini mendorong penelitian lebih lanjut dalam pengembangan sistem irigasi yang adaptif dan resilien. Studi oleh (Wheeler et al., 2015) menunjukkan bahwa sistem irigasi pintar, yang mengintegrasikan sensor lingkungan dan model prediktif, dapat secara signifikan mengurangi kebutuhan air irigasi sambil mempertahankan atau bahkan meningkatkan hasil pertanian.

C. Adopsi Teknologi Irigasi oleh Petani

Meskipun terdapat manfaat yang jelas dari teknologi irigasi modern, adopsinya oleh petani terkadang terhambat oleh beberapa faktor. Biaya awal yang tinggi, kebutuhan akan pelatihan teknis, dan kerumitan dalam pengoperasian adalah beberapa dari hambatan tersebut. Penelitian oleh (Singh et al., 2021) menunjukkan bahwa program pendidikan dan demonstrasi yang efektif dapat meningkatkan penerimaan petani terhadap teknologi irigasi baru, dengan penekanan pada demonstrasi return on investment (ROI) yang jelas dan manfaat jangka panjang.

D. Dampak Inovasi Irigasi terhadap Hasil Pertanian

Berbagai studi telah mengkaji dampak penggunaan teknologi irigasi canggih terhadap hasil pertanian. Sebuah meta-analisis oleh (Oad et al., 2019) menemukan bahwa adopsi irigasi tetes dan sprinkler tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air tetapi juga memperbaiki kualitas dan kuantitas hasil panen. Lebih lanjut, irigasi yang diintegrasikan dengan sistem manajemen pertanian pintar terbukti dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan melalui pengoptimalan penggunaan sumber daya.

E. Bibliometrik dalam Penelitian Irigasi

Studi bibliometrik dalam konteks irigasi adalah relatif baru tetapi penting untuk mengidentifikasi tren penelitian, kerja sama antar negara, dan area-area potensial untuk penelitian lebih lanjut. Penelitian bibliometrik oleh (Cooley et al., 2021) mengilustrasikan bagaimana analisis ini dapat digunakan untuk memetakan perkembangan penelitian dalam irigasi, menyoroti peneliti utama, institusi, dan negara yang aktif dalam bidang ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode bibliometrik untuk menganalisis literatur yang berkaitan dengan inovasi dalam teknik irigasi dan dampaknya terhadap hasil pertanian. Metode bibliometrik memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi tren penelitian, identifikasi topik-topik utama, dan memetakan hubungan antara berbagai penelitian. Analisis ini akan melibatkan pengumpulan, pemrosesan, dan analisis data dari publikasi ilmiah yang relevan untuk mengidentifikasi pola dan kecenderungan dalam literatur.

Sumber data utama untuk penelitian ini adalah publikasi ilmiah yang terkait dengan inovasi teknik irigasi dan dampaknya terhadap hasil pertanian. Data akan dikumpulkan basis data Google

Scholar. *Database* ini dipilih karena mereka menyediakan akses yang luas ke artikel jurnal, konferensi, dan dokumen ilmiah lainnya yang relevan. Publikasi yang akan dimasukkan dalam analisis harus memenuhi kriteria berikut:

1. Publikasi yang diterbitkan dalam kurun waktu 20 tahun terakhir untuk memastikan relevansi dan keterkinian informasi.
2. Artikel jurnal, makalah konferensi, dan ulasan yang membahas inovasi teknik irigasi dan dampaknya terhadap hasil pertanian.
3. Publikasi dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia, dengan pertimbangan literatur internasional dan lokal.
4. Publikasi dari jurnal yang terindeks dalam database akademik terkemuka untuk memastikan kualitas dan kredibilitas informasi.

Analisis data bibliometrik akan dilakukan dengan menghitung jumlah publikasi yang relevan dalam periode waktu tertentu dan mengidentifikasi tren pertumbuhan publikasi, me nilai jumlah sitasi yang diterima oleh setiap publikasi untuk menentukan dampak dan pengaruhnya dalam bidang penelitian ini, menganalisis kontribusi penulis utama dan institusi yang paling banyak berkontribusi dalam penelitian inovasi teknik irigasi, menggunakan perangkat lunak analisis bibliometrik untuk memetakan hubungan kolaborasi antara peneliti di bidang ini, dan mengidentifikasi topik utama, tren penelitian, dan area kosong dalam literatur melalui analisis konten dan pengelompokan tema.

Proses analisis literatur akan dilakukan dengan bantuan software bibliometric khusus yakni VOSviewer yang digunakan u ntuk memvisualisasikan jaringan kolaborasi dan keterhubungan antara publikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Matriks Data Penelitian

Tabel 1. Metrik Data Penelitian

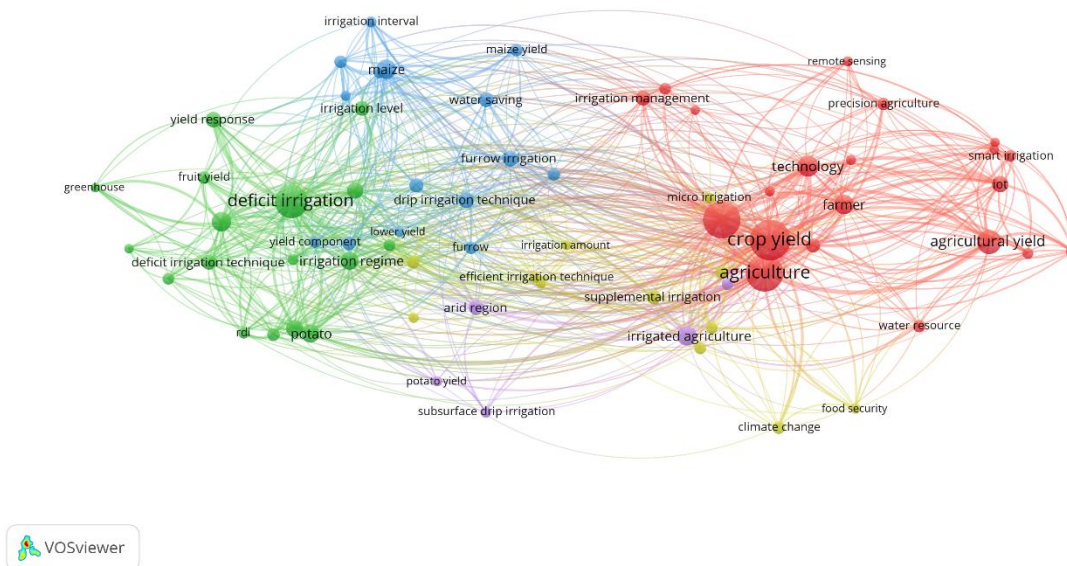
<i>Publication years</i>	: 2004-2024
<i>Citation years</i>	: 55 (1969-2024)
<i>Paper</i>	: 980
<i>Citations</i>	: 83544
<i>Cites/year</i>	: 1518.98
<i>Cites/paper</i>	: 85.25
<i>Cites/author</i>	: 31785.05
<i>Papers/author</i>	: 344.01
<i>Author/paper</i>	: 3.68
<i>h-index</i>	: 145
<i>g-index</i>	: 260
<i>hI,norm</i>	: 86
<i>hI,annual</i>	: 1.56
<i>hA-index</i>	: 39
<i>Papers with ACC</i>	: 1,2,5,10,20:868,758,508,255,101

Sumber: Publish or Perish Output, 2024

Tabel ini memberikan gambaran umum tentang metrik bibliometrik dari suatu bidang penelitian selama periode 20 tahun dari 2004 hingga 2024, meliputi penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 1969. Dari total 980 paper yang dianalisis, terdapat 83,544 sitasi, menunjukkan rata-rata 1518.98 sitasi per tahun dan 85.25 sitasi per paper. Indikator ini menunjukkan bahwa publikasi dalam bidang ini memiliki pengaruh yang signifikan dalam komunitas akademik, dengan tingkat kolaborasi yang cukup tinggi yang diindikasikan oleh rasio 3.68 penulis per paper. Produktivitas dan kolaborasi peneliti tergambar dari 344.01 paper per penulis dan total sitasi per penulis sebanyak 31,785.05, menandakan keterlibatan aktif peneliti dalam menghasilkan dan berkontribusi pada literatur yang relevan.

Indeks h dengan nilai 145 dan indeks g dengan nilai 260 menggambarkan dampak luas dan kedalaman pengaruh penelitian ini, dimana 145 paper telah masing-masing dikutip setidaknya 145 kali, menunjukkan penelitian ini secara konsisten mendapatkan pengakuan dalam komunitas ilmiah. Selain itu, indeks hI, norm dan hI, annual masing-masing bernilai 86 dan 1.56, memberikan bukti tentang kualitas yang konsisten dalam penelitian yang berlangsung selama bertahun-tahun. Indeks hA yang lebih rendah sebesar 39 dibandingkan dengan indeks h mungkin menunjukkan variabilitas dalam pengaruh individual penulis terhadap literatur yang ada. Distribusi kumulatif sitasi per artikel (ACC) menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian telah diakui dan sitasi dengan baik, dengan 868 paper mendapatkan paling sedikit 1 sitasi, menegaskan pentingnya bidang ini dalam penelitian terkait.

B. Pemetaan Jaringan Istilah



Gambar 1. Visualisasi Jaringan

Sumber: Data Diolah, 2024

Gambar 1 adalah representasi visual dari analisis bibliometrik pada topik irigasi dan hasil pertanian, yang dibuat menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Grafik ini memetakan hubungan antara berbagai kata kunci dalam literatur yang berkaitan dengan irigasi, menunjukkan seberapa sering kata kunci-kata kunci tersebut muncul dan bagaimana mereka berkaitan satu sama lain dalam publikasi akademik.

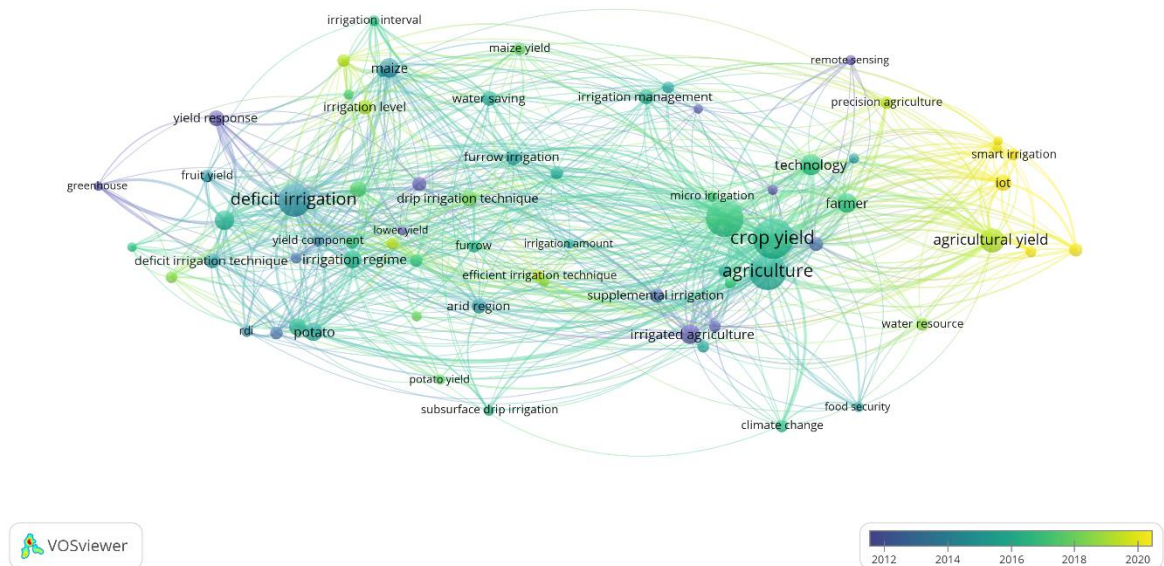
Grafik menampilkan beberapa kluster yang diwakili oleh warna berbeda, setiap kluster menandakan tema atau sub-tema yang berbeda dalam riset irigasi. Kluster merah, yang menonjol dengan kata kunci seperti "crop yield," "agriculture," dan "technological advances," berfokus pada hasil pertanian dan pemanfaatan teknologi dalam irigasi. Kluster hijau dengan fokus pada "deficit irrigation," "drip irrigation technique," dan "yield response," mengkaji metode irigasi yang bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan air dan memaksimalkan respons tanaman. Kluster biru, yang lebih kecil, berkaitan dengan "maize," "irrigation level," dan "maize yield," khususnya mengeksplorasi pengaruh tingkat irigasi terhadap hasil panen jagung.

Kata kunci "deficit irrigation" menjadi titik fokus utama dalam kluster hijau, menunjukkan bahwa teknik irigasi ini sangat relevan dalam penelitian terkini. Deficit irrigation adalah praktek irigasi yang sengaja menerapkan air di bawah kebutuhan penuh tanaman, membatasi fase pertumbuhan tertentu tanaman untuk mengurangi konsumsi air. Hal ini sangat penting dalam konteks efisiensi sumber daya dan adaptasi terhadap keterbatasan air, sebuah topik yang mendesak di banyak wilayah agraris dunia yang menghadapi stres hidrologis karena perubahan iklim.

Dalam kluster merah, integrasi teknologi canggih seperti "precision agriculture," "smart irrigation," dan "IoT" (Internet of Things) menekankan pentingnya inovasi dalam sektor agrikultur. Penggunaan teknologi ini memungkinkan penyesuaian yang lebih presisi dalam pengelolaan irigasi, yang dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan air dan energi. Ini juga membuka jalan bagi pertanian yang lebih berkelanjutan, mengurangi dampak lingkungan pertanian sambil meningkatkan kapasitasnya untuk memenuhi kebutuhan pangan global yang terus meningkat.

Kluster merah juga menyoroti hubungan yang erat antara manajemen air, keamanan pangan, dan perubahan iklim. Kata kunci seperti "food security" dan "climate change" mendekati pusat kluster ini, menandakan bahwa efisiensi irigasi dan manajemen hasil pertanian adalah integral untuk mengatasi tantangan keamanan pangan global dalam menghadapi perubahan iklim. Ini menunjukkan adanya kesadaran yang berkembang bahwa praktek pertanian yang berkelanjutan harus tidak hanya memperhatikan output langsung tetapi juga dampak jangka panjang terhadap sumber daya alam dan stabilitas ekologis.

C. Analisis Tren Penelitian



Gambar 2. Visualisasi *Overlay*

Sumber: Data Diolah, 2024

Gambar 2 menggambarkan evolusi dan interkoneksi dari berbagai tema penelitian dalam konteks irigasi dan produktivitas pertanian sepanjang waktu dari tahun 2012 hingga 2020. Grafik ini menggunakan skala warna untuk menandakan perubahan seiring waktu, dengan warna yang lebih gelap mewakili tahun yang lebih awal dan warna yang lebih terang untuk tahun-tahun yang lebih baru. Hal ini membantu memahami bagaimana topik penelitian telah berkembang dan bagaimana fokus penelitian telah berubah atau berkembang selama periode waktu tersebut.

Pada awal periode, topik seperti "deficit irrigation," "drip irrigation technique," dan "furrow irrigation" mendominasi, dengan penekanan pada teknik-teknik irigasi yang bertujuan untuk efisiensi penggunaan air di pertanian. Seiring berjalannya waktu, fokus beralih ke penerapan teknologi lebih lanjut seperti "precision agriculture" dan "smart irrigation," yang terintegrasi dengan sistem IoT (Internet of Things) untuk memaksimalkan efisiensi dan output. Ini mencerminkan pergeseran dari metode irigasi yang lebih tradisional ke solusi yang lebih inovatif dan teknologi yang didorong oleh data, menunjukkan adanya peningkatan adopsi teknologi digital dan otomatisasi dalam manajemen sumber daya pertanian.

Grafik ini juga menunjukkan hubungan yang kuat antara peningkatan hasil tanaman ("crop yield" dan "agricultural yield") dan teknologi irigasi canggih. Topik-topik seperti "water resource," "food security," dan "climate change" yang terhubung menunjukkan bahwa penelitian dalam irigasi tidak hanya terfokus pada aspek teknis tetapi juga pada implikasinya terhadap keberlanjutan lingkungan dan ketahanan pangan. Hal ini mencerminkan pendekatan yang lebih holistik dan multidisipliner dalam penelitian irigasi, di mana aspek ekologis, ekonomis, dan sosial dari pengelolaan sumber daya air diintegrasikan ke dalam konteks pertanian yang lebih besar.

Kecenderungan yang diidentifikasi dalam grafik menunjukkan pentingnya inovasi dalam teknologi irigasi sebagai respons terhadap tantangan global seperti keamanan pangan dan perubahan iklim. Dengan meningkatnya tekanan pada sumber daya alam dan kebutuhan untuk produksi pangan yang berkelanjutan, penelitian dan pengembangan dalam teknologi irigasi canggih menjadi semakin vital. Perkembangan ini tidak hanya memberikan wawasan tentang kemajuan teknologi tetapi juga mendorong pembuat kebijakan dan praktisi untuk mengadopsi strategi berbasis bukti yang dapat meningkatkan efisiensi sumber daya, meningkatkan hasil pertanian, dan meminimalisir dampak lingkungan dari aktivitas pertanian.

D. Top Cited Literature

Tabel 2. Literatur Teratas yang Disitir

Citations	Authors and year	Title
3004	(Mueller et al., 2012)	Closing yield gaps through nutrient and water management
2444	(Feres & Soriano, 2007)	Deficit irrigation for reducing agricultural water use
1790	(Bouman & Tuong, 2001)	Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice
1267	(Howell, 2001)	Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture
1166	(Chlingaryan et al., 2018)	Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review
1117	(Molden et al., 2010)	Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution
1077	(Deng et al., 2006)	Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China
980	(Wallace, 2000)	Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production
930	(Camp, 1998)	Subsurface drip irrigation: A review
858	(Belder et al., 2004)	Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia

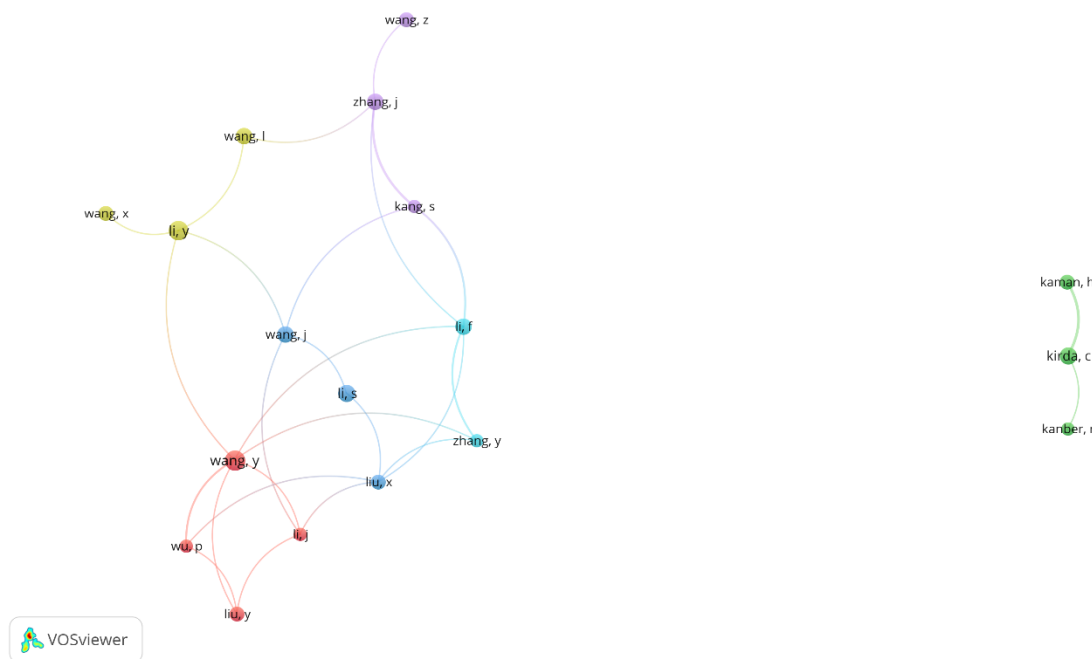
Sumber: Output Publish or Perish, 2024

Tabel di atas berisi daftar literatur yang paling banyak disitir dalam konteks inovasi teknik irigasi dan pengelolannya untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan efisiensi penggunaan air. Literatur ini mencerminkan berbagai aspek riset irigasi, mulai dari manajemen nutrisi dan air untuk menutup kesenjangan hasil, hingga aplikasi teknologi seperti irigasi defisit dan teknik irigasi subsurface. Artikel dengan sitasi tertinggi oleh Mueller et al. (2012) yang mendiskusikan tentang penutupan kesenjangan hasil melalui manajemen nutrisi dan air, menunjukkan pentingnya teknik irigasi yang efisien dalam meningkatkan hasil panen dan keberlanjutan pertanian.

Penelitian oleh Feres dan Soriano (2007) serta Howell (2001) menyoroti teknik irigasi defisit dan peningkatan efisiensi penggunaan air di pertanian irigasi, yang menandai pentingnya konservasi air dalam konteks pertanian yang berkelanjutan. Kedua studi ini, yang masing-masing mendapatkan sitasi 2444 dan 1267, menggarisbawahi strategi untuk mengurangi penggunaan air tanpa mengorbankan hasil panen yang signifikan. Ini mengindikasikan bahwa ada kecenderungan yang kuat di kalangan peneliti dan praktisi untuk mengadopsi metode yang dapat memaksimalkan output sambil meminimalkan input, terutama dalam sumber daya yang terbatas seperti air.

Artikel yang lebih baru oleh Chlingaryan et al. (2018) tentang penggunaan pendekatan pembelajaran mesin dalam prediksi hasil panen dan estimasi status nitrogen menunjukkan pergeseran ke arah integrasi teknologi canggih dalam pertanian presisi. Ini mencerminkan evolusi dalam riset irigasi dari metode tradisional menuju aplikasi teknologi informasi yang lebih canggih untuk memperoleh efisiensi maksimal. Secara keseluruhan, daftar literatur ini menyoroti peran kritis teknologi irigasi dalam menanggapi tantangan pertanian modern, termasuk kebutuhan untuk meningkatkan produktivitas dalam menghadapi sumber daya alam yang menipis dan tekanan ekologi.

E. Analisis Kolaborasi Penulis



Gambar 3. Analisis Kolaborasi Penulis

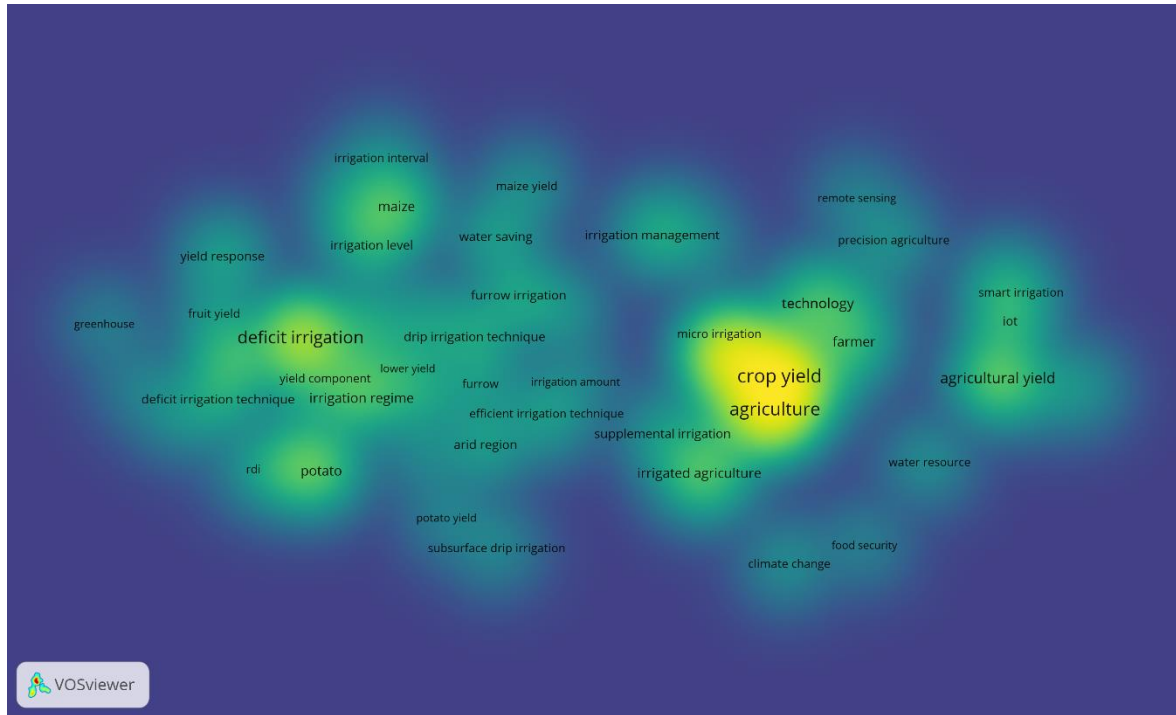
Sumber: Data Diolah, 2024

Grafik ini secara khusus menunjukkan hubungan antara berbagai peneliti, dengan node mewakili individu dan garis menggambarkan kolaborasi antar mereka. Setiap warna pada node menunjukkan kelompok atau kluster peneliti yang berkolaborasi erat satu sama lain. Dalam visualisasi ini, kita dapat melihat beberapa kluster yang ditandai dengan warna yang berbeda, menunjukkan bahwa penelitian dalam bidang ini cenderung terfragmentasi menjadi beberapa kelompok kolaboratif yang berbeda. Misalnya, kluster merah menunjukkan adanya kolaborasi erat antara beberapa peneliti seperti "Wang, Y", "Liu, Y", dan "Wu, P". Hal ini bisa mengindikasikan bahwa mereka mungkin bekerja di institusi yang sama atau pada proyek penelitian yang sama. Dalam konteks kolaborasi penelitian, seringkali peneliti dengan hubungan kolaboratif yang kuat berbagi metode serupa atau bekerja dalam area tematik yang sama, memperkuat hasil penelitian melalui pemanfaatan keahlian bersama.

Node yang lebih besar dalam visualisasi ini, seperti "Li, Y" dan "Zhang, J", menunjukkan bahwa individu-individu tersebut mungkin memiliki jumlah publikasi yang lebih tinggi atau lebih

banyak kolaborasi dibandingkan dengan rekan-rekan mereka. Ini juga bisa menunjukkan bahwa mereka adalah peneliti senior atau pemimpin dalam bidang studi mereka, seringkali bertindak sebagai penghubung utama dalam jaringan penelitian mereka. Peneliti-peneliti ini berperan penting dalam menyebarkan informasi dan metodologi baru, dan seringkali mereka adalah kunci dalam memperoleh pendanaan atau sumber daya untuk proyek-proyek penelitian.

F. Analisis Peluang Penelitian



Gambar 4. Visualisasi Densitas

Sumber: Data Diolah, 2024

Kata kunci seperti "deficit irrigation," "drip irrigation technique," "furrow irrigation," dan "micro irrigation" menempati posisi yang cukup sentral dan sering terkait dengan "water saving" dan "efficient irrigation technique." Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan air adalah titik fokus utama dalam penelitian terkait irigasi. Ini juga mencerminkan tren global dalam pertanian yang mengarah ke teknik yang lebih hemat air, yang penting dalam menghadapi tantangan kekeringan dan perubahan iklim. Teknologi seperti "precision agriculture" dan "smart irrigation" yang terhubung dengan "IoT" (Internet of Things) mencerminkan dorongan menuju otomatisasi dan penggunaan teknologi canggih untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dalam pertanian.

"Food security" dan "climate change" terletak di bagian kanan grafik, yang menunjukkan hubungan erat antara praktik irigasi dan masalah keamanan pangan serta tanggapan terhadap perubahan iklim. Ini menggarisbawahi pentingnya inovasi dalam teknik irigasi tidak hanya untuk meningkatkan hasil pertanian ("crop yield" dan "agricultural yield") tetapi juga untuk berkontribusi pada solusi yang berkelanjutan untuk masalah global. Fokus pada "water resource" dan "irrigated agriculture" menunjukkan bahwa ada pengakuan luas bahwa pengelolaan sumber daya air yang

efektif dan berkelanjutan adalah kunci untuk masa depan pertanian yang produktif dan berkelanjutan.

Visualisasi ini menawarkan pandangan yang komprehensif tentang kerumitan dan multidisiplin ilmu yang terlibat dalam riset irigasi dan pertanian, menunjukkan bahwa kolaborasi antara teknologi, pengelolaan sumber daya, dan adaptasi terhadap perubahan iklim adalah esensial. Dengan meningkatnya tekanan pada sumber daya alam dan kebutuhan akan produksi pangan yang lebih efisien dan berkelanjutan, riset dalam teknik irigasi dan pengelolaan sumber daya air menjadi semakin vital. Pemangku kepentingan di sektor pertanian dan kebijakan air harus mempertimbangkan wawasan ini dalam merancang strategi yang tidak hanya meningkatkan hasil pertanian tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim. Ini juga menyoroti pentingnya investasi dalam teknologi canggih dan pendidikan petani untuk menerapkan praktik terbaik yang mendukung inisiatif irigasi dan pertanian yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa inovasi dalam teknik irigasi secara signifikan mempengaruhi hasil pertanian dan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan berfokus pada teknologi terbaru seperti irigasi defisit, irigasi tetes, dan otomatisasi berbasis IoT, riset ini mengungkapkan bagaimana teknik-teknik ini dapat meningkatkan produktivitas pertanian sambil mengurangi konsumsi air. Temuan ini menegaskan pentingnya integrasi teknologi canggih dalam praktik irigasi untuk menghadapi tantangan global seperti keamanan pangan dan perubahan iklim. Melalui analisis bibliometrik, penelitian ini juga menyoroti kebutuhan untuk pendekatan multidisiplin dan kolaborasi lintas sektor dalam mengembangkan solusi berkelanjutan untuk pengelolaan sumber daya air di pertanian.

REFERENSI

- Adamopoulou, J. P., Frantzana, A. A., & Adamopoulos, I. P. (2023). Addressing water resource management challenges in the context of climate change and human influence. *European Journal of Sustainable Development Research*, 7(3), em0223.
- Batykova, A., Musabayeva, K., Sultanbaeva, V., Osmonov, O., & Shabikova, G. (2024). *Optimisation of water use in Kyrgyzstan agriculture: Analysis of modern and traditional irrigation methods to minimise losses and increase efficiency*.
- Belder, P., Bouman, B. A. M., Cabangon, R., Guoan, L., Quilang, E. J. P., Yuanhua, L., Spiertz, J. H. J., & Tuong, T. P. (2004). Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agricultural Water Management*, 65(3), 193–210.
- Bouman, B. A. M., & Tuong, T. P. (2001). Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural Water Management*, 49(1), 11–30.
- Camp, C. R. (1998). Subsurface drip irrigation: A review. *Transactions of the ASAE*, 41(5), 1353–1367.
- Chlingaryan, A., Sukkarieh, S., & Whelan, B. (2018). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 61–69.
- Ciampittiello, M., Marchetto, A., & Boggero, A. (2024). Water Resources Management under Climate Change: A Review. *Sustainability*, 16(9), 3590.
- Cooley, D., Maxwell, R. M., & Smith, S. M. (2021). Center pivot irrigation systems and where to find them: a deep learning approach to provide inputs to hydrologic and economic models. *Frontiers in Water*, 3, 786016.

- Crossman, J., Futter, M. N., Oni, S. K., Whitehead, P. G., Jin, L., Butterfield, D., Baulch, H. M., & Dillon, P. J. (2013). Impacts of climate change on hydrology and water quality: Future proofing management strategies in the Lake Simcoe watershed, Canada. *Journal of Great Lakes Research*, 39(1), 19–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jglr.2012.11.003>
- Deng, X.-P., Shan, L., Zhang, H., & Turner, N. C. (2006). Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. *Agricultural Water Management*, 80(1–3), 23–40.
- Devendiran, R., Turukmane, A. V., Sathiyaraj, A., Rao, P. S., Prasad, B. B. K., & Pulipati, S. (2023). Smart Irrigation: Revolutionizing Water Management in Agriculture for Sustainable Practices and Improved Crop Yield. *2023 6th International Conference on Recent Trends in Advance Computing (ICRTAC)*, 651–656.
- Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159.
- Howell, T. A. (2001). Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*, 93(2), 281–289.
- Jagtap, D. S. (2023). Leveraging IoT Technology to Revolutionize Irrigation Practices. *Iarjset*, 10(10), 41–44. <https://doi.org/10.17148/iarjset.2023.101005>
- Leh, N. A. M., Kamaldin, M. S. A. M., Muhammad, Z., & Kamarzaman, N. A. (2019). Smart irrigation system using internet of things. *2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, 96–101.
- M, D., S, D., KarpuraDheepan, D., Sridevi, N. S., & Hemalatha, D. (2024). *Innovations in Irrigation: Water Conservation in Agriculture*. <https://doi.org/10.47716/978-93-92090-50-9>
- Mahato, A. (2014). Climate change and its impact on agriculture. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1–6.
- Mehta, P., Jangra, M. S., Baweja, P. K., & Srivastav, A. L. (2024). Impact of climate change on rural water resources and its management strategies. In *Water Resources Management for Rural Development* (pp. 45–54). Elsevier.
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A., & Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4), 528–535.
- Mueller, N. D., Gerber, J. S., Johnston, M., Ray, D. K., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490(7419), 254–257.
- Oad, S. J., Qureshi, A. L., Channa, I. A., Maqsood, H., Ahmed, S., & Ali, M. Y. (2019). Farm-based Evaluation of Sustainable Alternative Irrigation Practices. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(3).
- Ragab, M. A., Badreldeen, M. M., Sedhom, A., & Mamdouh, W. M. (2022). IOT based smart irrigation system. *International Journal of Industry and Sustainable Development*, 3(1), 76–86.
- Singh, S. K., Bharose, R., Nemčić-Jurec, J., Rawat, K. S., & Singh, D. (2021). Irrigation water quality appraisal using statistical methods and WATEQ4F geochemical model. In *Agricultural water management* (pp. 101–138). Elsevier.
- Srilikhitha, I., Saikumar, M. M., Rajan, N., Neha, M. L., & Ganesan, M. (2017). Automatic irrigation system using soil moisture sensor and temperature sensor with microcontroller AT89S52. *2017 International Conference on Signal Processing and Communication (ICSPC)*, 186–190.
- Thote, D., Lanjewar, V., Sharma, V., Agrawal, P., & Soni, V. K. (2024). IoT and Machine Learning-Based Smart Soil Irrigation Farming Systems. *2024 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)*, 1–6.
- Vadityavath, P., & Baddam, I. (2024). *INNOVATIVE SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE: IoT - DRIVEN IRRIGATION SYSTEMS*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17360.48647>
- Wallace, J. S. (2000). Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1–3), 105–119.
- Wheeler, S. A., Zuo, A., & Loch, A. (2015). Watering the farm: Comparing organic and conventional irrigation water use in the Murray–Darling Basin, Australia. *Ecological Economics*, 112, 78–85.