
BIOFARM
Jurnal Ilmiah Pertanian
ISSN Print: 0216-5430; ISSN Online: 2301-6442
Vol. 21, No. 1, Oktober 2025

Analisis Bibliometrik Penelitian Teknik Mutasi Tanaman Berbasis Scopus Selama Lima Dekade

Bibliometric Analysis of Scopus-DataBase: Plant Mutation Techniques Over Five Decades

Larin Tikafebrianti[1]*, Fatichin[2]
[1]Program Studi Agroteknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto
[2] Program Studi Agroteknologi, Universitas jenderal Soedirman, Purwokerto
*Korespondensi Penulis: ibulalin@gmail.com

ABSTRAK
Teknik mutasi telah banyak mengalami perkembangan sejak ditemukan pada awal abad ke 20. Teknik mutasi kemudian digabungkan dengan berbagai metode oleh pemulia untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman dan pengembangan varietas unggul baru kearah pemuliaan presisi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Teknik Mutasi Tanaman Berbasis Scopus Selama Lima Dekade dengan analisis bibliometrik dan diulas secara substansial. Kajian dilakukan berdasarkan tiga tahap yaitu pencarian literatur di database Scopus dengan rentang data selama lima dekade sejak 1975 sampai 2025, analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer untuk mendapatkan overlay visualization, network visualization, dan density visualization, serta analisis substansial. Hasil kajian menunjukkan bahwa penelitian terkait teknik mutasi tanaman berbasis scopus selama lima dekade mengalami peningkatan publikasi sejak dekade ke 3. Mutagen yang digunakan adalah mutagen kimia dan fisika pada tanaman pangan, buah, dan sayur. Telah menghasilkan berbagai tanaman hasil mutasi dengan perbaikan pada karakter hasil dan ketahanannya terhadap cekaman biotik dan abiotik, menggunakan teknik mutasi yang digabungkan dengan metode pemuliaan modern.

Kata kunci: Teknik Mutasi, Mutagenesis, Mutagen, Iradiasi Gamma.

ABSTRACT
Mutation techniques have developed significantly since their discovery in the early 20th century. Breeders then combined mutation techniques with various other methods to increase plant genetic diversity and develop new superior varieties for precision breeding. This study aims to analyze Scopus-based plant mutation techniques over five decades using bibliometric analysis and a substantial review. The study was conducted in three stages: literature search in the Scopus database covering five decades from 1975 to 2025, bibliometric analysis using VOSviewer to obtain overlay visualization, network visualization, density visualization, and substantial analysis. The study results show that research related to Scopus-based plant mutation techniques over five decades has experienced an increase in publications since the third decade. The mutagens used are chemical and physical in food crops, fruits, and vegetables. The Mutation Technique has produced various mutated plants with improvements in yield characteristics and resistance to biotic and abiotic stresses, using mutation techniques combined with modern breeding methods.

Keywords: Mutation Techniques, Mutagenesis, Mutagens, Gamma Irradiation.

PENDAHULUAN

Mutasi adalah perubahan materi genetik yang diturunkan. Mutasi pada tanaman menyebabkan perubahan pada karakter genetiknya, dan dapat menginduksi karakter positif atau sebaliknya. Mutasi buatan yang diinduksi dengan mutagen fisik dan kimia, digunakan dalam mutagenesis tanaman untuk mengembangkan varietas unggul, meningkatkan kualitas, produktivitas, serta ketahanan terhadap penyakit (Dash et al., 2018). Teknik mutasi adalah salah satu metode penting dalam pemuliaan tanaman untuk meningkatkan keragaman genetik sebagai langkah awal perakitan varietas unggul. Mutasi efektif memunculkan karakter unggul baru terutama yang berkaitan dengan toleransi terhadap lingkungan dan peningkatan karakter agronomis tanaman. Dalam lima dekade terakhir, teknik mutasi

telah mengalami kemajuan besar mengarah pada pendekatan mutasi yang lebih presisi dan terarah.

Sejarah teknik mutasi dimulai dengan penggunaan mutagen fisika seperti sinar-X dan sinar gamma pada awal abad ke-20. Dengan kemajuan teknologi radiasi isotop seperti cobalt-60, penggunaan sinar gamma menjadi lebih efektif dan luas dalam induksi mutasi. Pada tahun 1957 lembaga International Atomic Energy Agency (IAEA) dibentuk di US sebagai organisasi "Atoms for Peace" dunia di bawah naungan PBB. Sejak awal, IAEA diberi mandat untuk bekerja sama dengan negara-negara anggotanya dan mitra di seluruh dunia guna mempromosikan teknologi nuklir yang aman dan damai, salah satunya untuk mempercepat perbaikan karakter pada tanaman pangan dan hortikultura

Di Indonesia sendiri, pemanfaatan induksi mutasi dimulai secara luas setelah adanya fasilitas radiasi Co-60 di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Pasar Jumat yang didirikan pada tahun 1967. Pada awalnya, penggunaan induksi mutasi terkonsentrasi pada tanaman padi, kedelai, dan palawija (Handayati, 2013). Dalam metode induksi mutasi, mutagen kimia seperti ethyl methane sulfonate (EMS) atau mutagen fisik seperti radiasi sinar gamma dapat digunakan. Ini memungkinkan pembentukan berbagai varietas yang lebih baik dengan sifat adaptasi dan ketahanan yang lebih baik.

Teknik mutasi memiliki keunggulan dibandingkan metode pemuliaan tanaman lainnya karena dapat meningkatkan keragaman genetik dengan cepat, terutama pada tanaman yang sulit disilangkan secara konvensional. Variasi genetik baru dapat dihasilkan melalui induksi mutasi, yang memungkinkan munculnya sifat-sifat unggul yang sebelumnya tidak ada atau sulit diperoleh secara alami. Selain itu, metode ini berhasil memisahkan ikatan gen dan menghasilkan sifat baru yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap hama, penyakit, dan stres lingkungan. Induksi mutasi yang dikombinasikan dengan kultur jaringan dapat menghasilkan mutan pada tingkat sel, yang memungkinkan produksi mutan dalam jumlah besar dan lebih cepat daripada metode yang digunakan dengan cara yang lebih konvensional.

Dibandingkan dengan metode rekayasa genetika atau hibridisasi tradisional, metode ini lebih murah dan dapat diterapkan dalam waktu yang lebih singkat sehingga teknik mutasi sangat menjanjikan sebagai teknik pemuliaan tanaman yang efektif dan efisien meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman. Selain itu, ada pergeseran paradigma dalam pemuliaan tanaman yang ditunjukkan oleh perkembangan teknik mutasi yang melibatkan mutagen fisika dan kimia dan kemajuan teknologi mutasi yang lebih baru, seperti mutasi yang dipadu dengan bioteknologi molekuler dan teknologi genom sehingga lebih presisi (Jung & Till, 2021). Penelitian ini bertujuan mengkaji Penelitian Teknik Mutasi Tanaman Berbasis Scopus Selama Lima Dekade dengan analisis bibliometrik dan substansial.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode studi literature melalui pendekatan analisis bibliometrik dan substansial. Metode bertujuan untuk menggambarkan trend penelitian dan melakukan analisis substantif pada penelitian teknik mutasi secara menyeluruh dan terstruktur selama lima dekade. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2025 dengan tahapan:

1. Pencarian literature

Tahap awal dari penelitian ini adalah mengumpulkan literature melalui Scopus sebagai basis data. Strategi pencarian menggunakan kata kunci *Mutation AND Techniques* dan menghasilkan data sebanyak 92.414 artikel dalam rentang waktu 1975-2025. Data awal kemudian dibatasi dengan melakukan screening berdasar fokus pada bidang kajian yaitu Agricultural and Biological Sciences dan menghasilkan 6483 artikel terseleksi. Selanjutnya limitasi dilakukan lagi berdasarkan kata kunci yang relevan dengan judul dan tujuan ditulisnya artikel ini dan didapatkan 65 artikel eligible untuk selanjutnya diteruskan ke analisis bibliometrik.

2. Analisis bibliometrik

Artikel terseleksi selanjutnya dianalisis menggunakan bibliometrik pada perangkat lunak VOSviewer. Dari pencarian litarature, 65 artikel lolos screening awal karena memiliki relevansi yang tinggi terhadap judul dan tujuan penelitian. Penggunaan VOSviewer bertujuan untuk mengevaluasi dan memvisualisasikan jejaring kata kunci yang terbentuk. Dari VOSviewer, diperoleh 3 bentuk visualisasi data dalam bentuk *overlay visualization, network visualization*, dan *density visualization*. Dari 412 item kata kunci yang teridentifikasi, ditetapkan batas minimal occurency sebanyak 2 kali sehingga muncul 56 kata kunci utama. Dari 56 tersebut, diseleksi lagi menjadi hanya 51 kata kunci

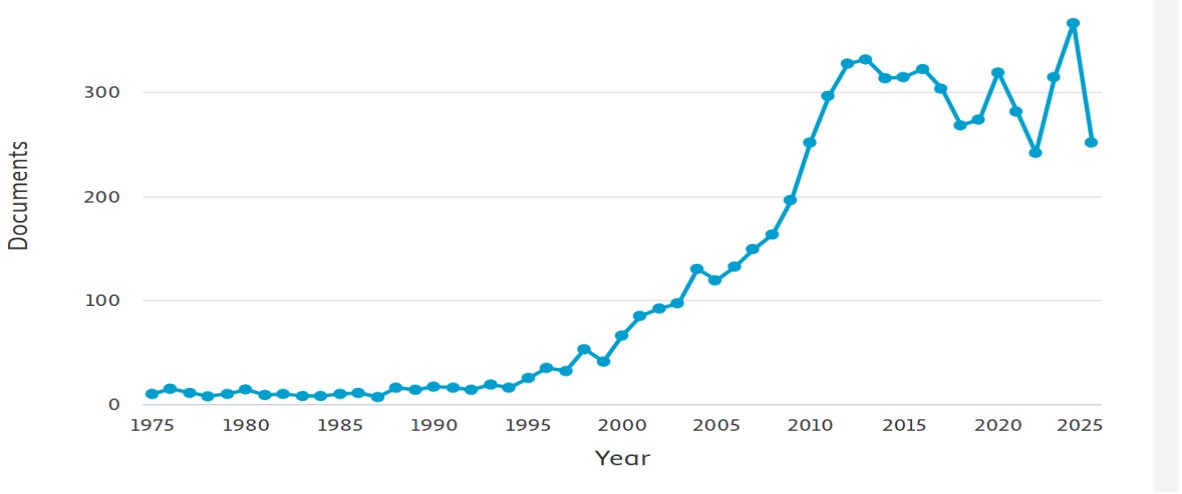
utama yang sangat relevan dengan topik kajian dan dianalisis hingga diperoleh hasil visualisasinya.

3. Analisis substansial

Artikel terseleksi dari tahap analisis bibliometrik kemudian dikaji lebih lanjut dengan kajian sistematis terhadap substansi artikel meliputi: judul, kata kunci, dan abstrak dari 51 artikel tersebut. Tujuan utama analisis substansial adalah mengetahui (1) teknik mutasi apa yang digunakan dalam lima dekade terakhir; (2) komoditas apa yang menggunakan teknik mutasi untuk membuat mutannya; (3) serta bagaimana hasil teknik mutasi dalam pengembangan varietas unggul baru sejak 5 dekade terakhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kata kunci Mutation AND Techniques, sejak tahun 1975 telah dipublikasikan 92. 414 artikel pada database Scopus. Meski begitu, dari gambar 1 terbaca bahwa jumlah publikasi mulai meningkat secara drastis di dekade ke 3 sejak 1975, yaitu pada rentang tahun 1995 sampai 2005. Pada dekade 3, terseleksi 656 artikel yang publish di Scopus dengan tema besar Mutation AND Techniques dan terus meningkat menjadi 2277 dan 3252 pada dekade 4 dan 5. Namun setelah discreening dengan batasan bidang Agricultural and Biological Sciences, artikel terseleksi menjadi 64. Pembatasan kemudian dipertajam dengan mengeluarkan kata kunci yang tidak berkaitan dengan tanaman pada keyword yang muncul, sehingga artikel yang eligible kemudian hanya ada 51 saja. Peningkatan tajam terlihat mulai dekade ke 3, 4 dan 5 (1995-2025), menunjukkan bahwa tren penelitian terkait topik teknik mutasi ini semakin banyak dipilih peneliti di seluruh dunia.



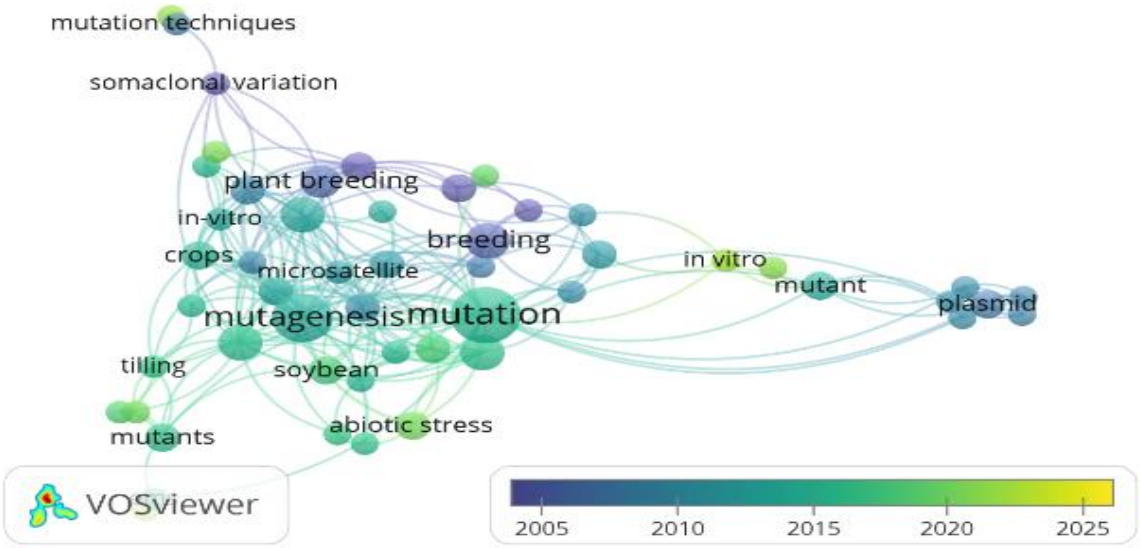
Gambar 1. Grafik artikel yang diterbitkan berdasarkan topik “Teknik Mutasi” pada basis data Scopus dari tahun 1975 hingga 2025.

Tabel 1 menjelaskan artikel terseleksi pada tiap dekadenya. Tampak bahwa pada dekade 1 dan 2 tidak ada artikel terseleksi karena tidak ada yang terkait dengan teknik mutasi pada tanaman. Pada dekade 3 ada 656 artikel terseleksi, namun hanya 8 saja yang eligible. Sementara pada dekade ke 4 dan 5 jumlah artikel terseleksi dan eigible menunjukkan tren peningkatan jumlah (dekade 4=2277 terseleksi dan 12 eligible, sedangkan dekade 5=3252 dan 31 terseleksi)

Tabel 1. Jumlah artikel terscreening dan eligible dalam tiap dekade.

Rentang Tahun	Dekade	Terseleksi	Eligible
1975-1984	1	103	0
1985-1994	2	140	0
1995-2004	3	656	8
2005-2014	4	2277	12
2015-2024	5	3252	31

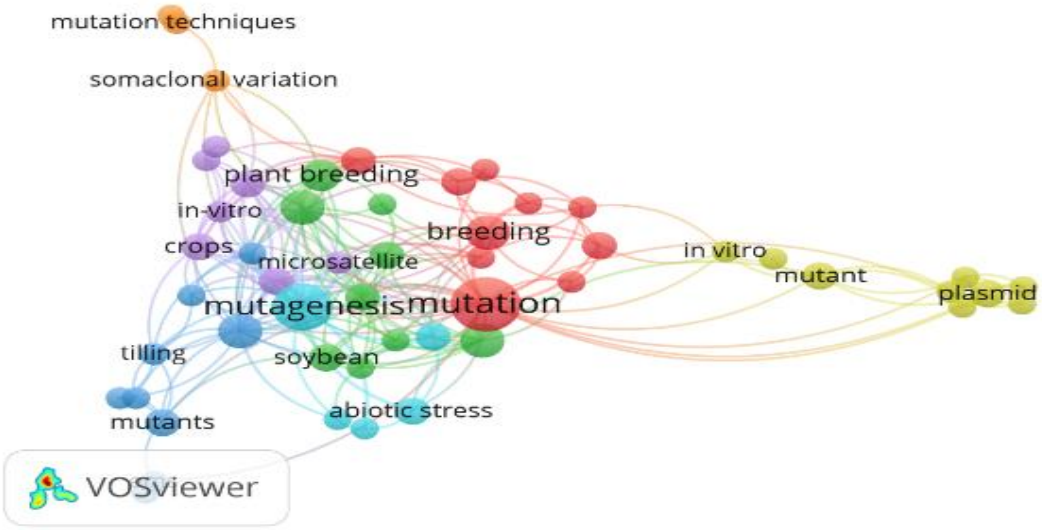
Setelah diketahui jumlah artikel publikasi terkait teknik mutasi pada tanaman, data kemudian divisualisasi menggunakan VOSviewer dengan memilih menu tipe data berdasarkan bibliografi data berdasarkan database scopus. Dihasilkan *overlay visualization, network visualization*, dan *density visualization*



Gambar 2. *Overlay visualization* pada VOSviewer

Overlay visualization pada VOSviewer adalah jenis visualisasi yang menampilkan informasi terkait publikasi penelitian secara kronologis atau waktu. Dalam visualisasi ini, warna pada node atau kata kunci menunjukkan tahun atau rentang waktu publikasi, yang memungkinkan terlihatnya tren perkembangan penelitian seiring waktu. Warna yang lebih gelap menunjukkan publikasi yang lebih lama, sedangkan warna yang lebih terang menunjukkan publikasi yang lebih baru.

Teknik mutasi tanaman mulai dikenal setelah penemuan efek mutagenik sinar-X pada Drosophila oleh Muller dan pada jagung dan barley oleh Stadler (Joanna Jankowicz-Cieslak, Chikelu Mba, 2017) sejak 9 dekade lalu, namun pada artikel ini pencarian data dibatasi hanya sejak 5 dekade trakhir yaitu tahun 1975. Setelah proses screening di VOSviewer, data eligible tersaring tidak muncul di tahun 2005 hingga 2020. Pada dekade ke-4 (2005-1015), penelitian berfokus pada teknik mutasi dan somaclonal variation, kedua teknik ini pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman. Variasi somaklonal berasal dari kultur jaringan tanaman in vitro, sedangkan teknik mutasi menghasilkan perubahan dengan mutagen eksternal pada bahan tanaman. Kedua teknik ini dapat diaplikasikan bersama untuk mempercepat induksi mutasi pada tanaman sehingga di 2006-2013, pada gambar *overlay visualization* VOSviewer, terbaca bahwa upaya pemuliaan tanaman untuk meningkatkan keragaman genetik dilakukan melalui kultur jaringan yang dikombinasikan dengan mutagenesis untuk perbaikan tanaman. Sementara pada dekade ke 5 (2015-2025), muncul kata kunci gamma dan abiotik stress. Pada dekade ini, tujuan teknik mutasi bergeser untuk perbaikan tanaman yang tahan terhadap cekaman abiotik dan dilakukan melalui induksi mutasi sinar gamma.



Gambar 3. *Network Visualization* berdasarkan kata kunci.

Network visualization atau visualisasi jejaring pada VOSviewer adalah representasi grafis antara elemen yang saling berhubungan dalam satu jaringan bibliometrik (gambar 2). Analisis bibliometrik adalah studi tentang struktur, dinamika, dan karakteristik literatur ilmiah dengan menggunakan berbagai teknik statistik dan matematis (Mukhlisa & Hasan, 2024). Tujuan analisis bibliometrik dalam studi literatur ilmiah adalah untuk mengukur, menganalisis, dan membandingkan publikasi ilmiah dan karya penulis. Pada Gambar 2, tampak kata kunci utama nya adalah kata mutation dan mutagenesis yang ditandai oleh lingkaran merah dan biru lebih besar dibandingkan kata kunci lainnya. *Mutation* (ditandai lingkaran besar warna merah), sebagai induk dari kluster 1 terhubung dengan kata kunci utamanya yaitu *breeding, chrisantemum, colchicine, gamma ray, irradiation, mutation induction, seedlesness, somatic embryogenesis,* dan *tissue culture*.

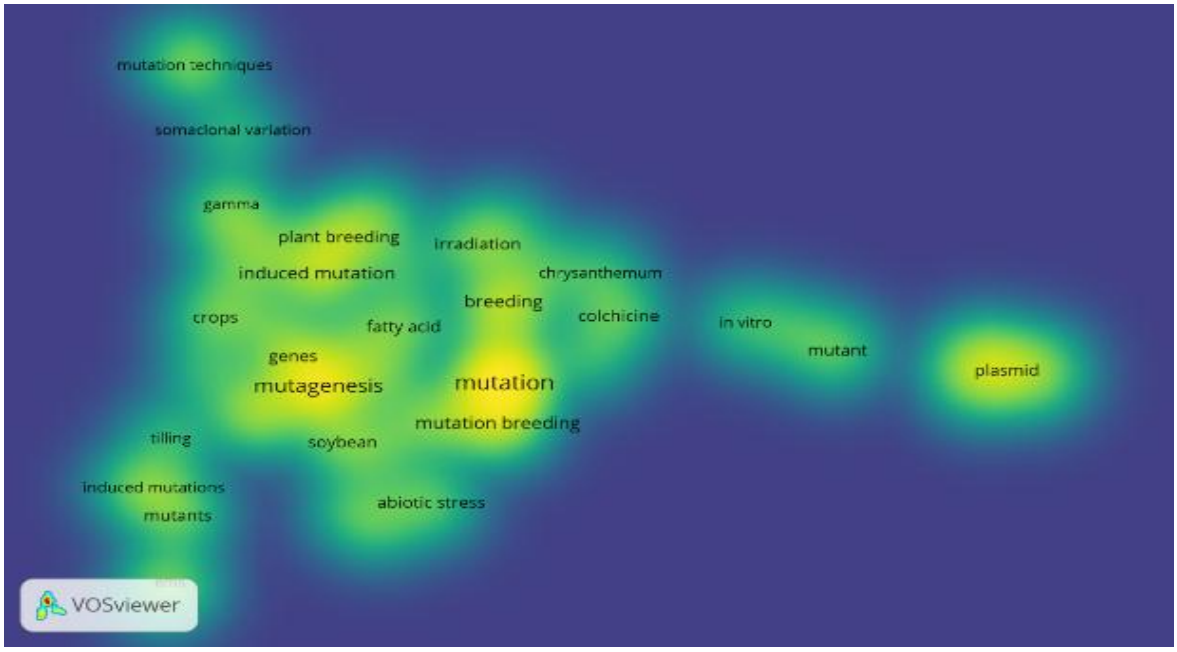
Kluster 1 disimpulkan berfokus pada induksi mutasi dan teknik irradiasi serta kultur jaringan. Kluster 2 terdiri dari sembilan keyword meliputi *mutation breeding, fatty acid, fatty acids, genetic variation, genomic, induced mutation, mutant variety, plant breeding,* dan *soybean.* Kluster ini lebih menekankan pada studi variasi genetik dan pengembangan varietas mutan khususnya pada kedelai. Kluster 3 dengan central *crop improvement,* berkaitan dengan kata kunci ems, g*enetic enginering, high througput screening, induced mutation*, LC50, mut*ant, point mutation, tilling*, menyoroti teknik mutasi yang lebih spesifik pada rekayasa genetika dan perbaikan tanaman menggunakan metode mutasi titik dan *high-throughput screening*. Kluster 4 terdiri dari 9 kata ditandai dengan kata kunci *mutant, genetic, in vitro, molekular cloning, ornamental plant, plasmid, plasmids, promotor region, reverse transcription polimerase chain reaction*, membahas aspek molekuler dan bioteknologi mutasi, meliputi kloning gen, penggunaan plasmid, dan teknik PCR terkait mutasi dan tanaman hias.

Kluster 5 terdiri dari *plant (botany), crops, gamma, in vitro, microsatelit, mutagenesis, yield*. Kluster 6: *abiotic stress, domestication, gamma rays, mutagenesis, reverse genetics* (biru laut), studi efek mutasi dalam konteks stres abiotik dan domestikasi tanaman dengan pendekatan genetika terbalik. Kluster 7 *mutation techniques, rice, somaclonal variation*, mengkaji variasi somaklonal dan teknik mutasi yang diterapkan khusus pada tanaman padi.

Kluster sentral ini menunjukkan topik atau tema penelitian yang paling dominan dan terintegrasi dalam jaringan bibliometrik. Kluster ini adalah pusat perhatian dan pusat jejaring penelitian, seperti yang ditunjukkan oleh posisi dan warna merah. Bidang pemuliaan tanaman *(breeding)* dan metode mutasi dan bioteknologi tanaman termasuk penggunaan radiasi gamma *(gamma ray, irradiation)*, induksi mutasi *(mutation induction)*, dan metode kultur jaringan. Kata-kata spesifik seperti *colchicine,* yang sering digunakan sebagai agen mutagen untuk mengubah kromosom, dan *somatic embryogenesis*, yang merupakan teknik untuk regenerasi tanaman dari sel somatik,

menekankan fokus biologis dan teknis pada perubahan genetik dan pengembangan varietas tanaman.

Gambar 4 adalah hasil visualisasi densitas yang menunjukkan seberapa sering kata kunci tersebut muncul. Visualisasi densitas ditandai dengan tingkat ketebalan warna yang menggambarkan frekuensi kata kunci dari topik teknis mutasi selama lima dekade. Visualisasi ini melengkapi visualisasi network ovelay yang menggambarkan keterkaitan antara kata kunci dan *overlay visualization* yang memungkinkan pembacaan trend perkembangan penelitian teknik mutasi dari waktu ke waktu.



Gambar 4. Visualisasi densitas berdasarkan kata kunci

Gambar 4 menunjukkan bahwa kata kunci yang paling banyak digunakan dalam teknik mutasi adalah *"Mutation", "Mutagenesis", "Induced mutation"* dan *"Plasmid".* Keempat kata kunci ini muncul dengan background warna kuning yang kuat. "Mutation" dan "Induced mutation" merujuk pada metode mutasi terarah yang digunakan dalam program pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas yang unggul. Dalam lima puluh tahun terakhir, metode-metode ini telah berkembang dari iradiasi konvensional hingga penggunaan mutagen kimia dan teknologi pengeditan genom kontemporer seperti CRISPR/Cas9, yang memungkinkan mutasi target yang lebih tepat dan efektif.

"Mutagenesis" adalah istilah yang mengacu pada proses yang menginduksi mutasi, mulai dari mutagenesis konvensional menggunakan sinar gama dan EMS hingga mutagenesis yang didorong oleh teknologi molekuler terbaru yang mengubah cara pemuliaan dilakukan dengan mengurangi waktu seleksi dan meningkatkan akurasi. "Plasmid" adalah istilah yang sangat terkait dengan rekayasa genetika dan transfer gen, di mana plasmid digunakan untuk memasukkan gen asing atau gen modifikasi ke dalam genom tanaman. Ini membuka era baru pasca-mutasi klasik, yaitu peningkatan tanaman melalui transgenik dan editing gen yang berbasis plasmid sebagai alat vektor.

Analisis subsansial.

Analisis substansial dilakukan untuk menjawab pertanyaan riset terkait: teknik mutasi apa yang digunakan dalam lima dekade terakhir (1); komoditas apa yang menggunakan teknik mutasi untuk membuat mutannya (2), serta bagaimana hasil teknik mutasi dalam pengembangan varietas unggul baru sejak 5 dekade terakhir (3). Hasil identifikasi analisis substansial tersaji pada tabel 2.

Tabel 2. Analisis substansial Penelitian Teknik Mutasi Tanaman Berbasis Scopus Selama Lima Dekade

Dekade	Jenis Teknik Mutasi	Komoditas	Hasil	Penulis dan Tahun
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	Induksi keragaman dengan colchicine	*Annona Spp* (Hybrids)	Teknik mutasi menunjukkan potensi kelayakan produksi tetraploid menggunakan aplikasi kolkisin pada tunas muda.	(George et al., 2002)
4	Iradiasi gamma Penanda mikrosatelit	Padi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa mutan yang diinduksi secara alami memiliki haplotipe mikrosatelit yang identik dengan garis induknya.	(Fu et al., 2008)
	Embryogenic Cell Suspensions (ECS) Colchicine Analisis flowsitometri. Iradiasi gamma	Pisang	Metode skrining awal secara massal dengan infiltrasi juglone untuk menyeleksi ketahanan terhadap penyakit menunjukkan pendekatan komprehensif dalam menghasilkan dan mengidentifikasi mutan pisang yang berguna.	(Roux et al., 2009)
	Mutagen kimia: MNH and NaN3	Gandum	Penelitian ini menganalisis aktivitas transposon pada mutan gandum menggunakan *Sequence-Specific Amplification Polymorphism (SSAP)*.	(Polok & Zieliński, 2011)
	Mutagen kimia: Amiprophos methyl (APM)	*Cajanus Cajan*	Data komprehensif dari generasi induk dan M1 pada karakter morfologi dan hasil panen dianalisis untuk mengevaluasi efek mutagenik dan stabilitas karakter yang ditingkatkan.	(Udensi et al., 2014)
5	Iradiasi gamma	Tanaman buah	Mutasi buatan pada tanaman buah berhasil meningkatkan produksi.	(Wu et al., 2016)
	Iradiasi gamma	Padi	Evaluasi varietas padi tradisional dan mutan dalam kondisi normal dan kekeringan, analisis rinci sifat-sifat agronomis, penerapan indeks toleransi kekeringan, serta metode statistik yang kuat seperti analisis kluster dan PCA untuk mengidentifikasi genotipe padi yang unggul dalam toleransi kekeringan.	(Hallajian, 2016)
	Iradiasi gamma	Jeruk	Mutan hasil irradiasi gamma 20 Gy menunjukkan karakter yang lebih baik, khususnya penurunan signifikan dalam jumlah biji melalui mekanisme biologis seperti aborsi kantung embrio dan viabilitas serbuk sari yang rendah.	(Mariana et al., 2018)

Iradiasi gamma	Kentang	Penelitian ini menggunakan kombinasi irradiasi gamma pada umbi kentang, diikuti dengan teknik kultur jaringan in vitro untuk induksi tunas dan kalus, regenerasi tanaman.	(Salman et al., 2019)
Iradiasi gamma	*Celosia cristata*	Irradiasi gamma dengan dosis 25, 50, dan 75 Gy menghasilkan empat klon yang berbeda. Klon-klon ini menunjukkan perubahan morfologis pada warna dan bentuk batang, daun, dan bunga, serta kandungan biokimianya (senyawa triterpenoid) pada dosis gamma 25 gy.	(Muhallilin et al., 2019)
Iradiasi gamma and mutagen kimia	Kedelai	Penelitian mutasi buatan di Vietnam menghasilkan mutan DT84, DT90, DT99, dan DT2008, memiliki adaptasi yang luas, hasil panen yang tinggi dan stabil, kualitas yang baik, serta ketahanan terhadap penyakit.	(Le & Pham, 2021)
sinar ion berenergi tinggi	Padi	Hasil penelitian mengumpulkan data fenotipik yang rinci, yang kemudian dianalisis menggunakan metode statistik univariat dan multivariat untuk mengevaluasi interaksi genotipe-lingkungan dan stabilitas pada padi secara menyeluruh.	(Herath et al., 2021)

Teknik mutasi yang digunakan peneliti untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman pada artikel yang publish di database scopus pada dekade 3, 4, dan 5 diketahui adalah mutagen kimia menggunakan bahan C*olchicine*, *Metil Nafthalen Hidroksilamin* (MNH) dan *Natrium Azida* (NaN3), serta Amiprophos methyl (George et al., 2002; Polok & Zieliński, 2011; Roux et al., 2009; Udensi et al., 2014). Teknik lainnya dengan mutagen fisika iradiasi gamma dan sinar ion berenergi tinggi (Fu et al., 2008; Hallajian, 2016; Herath et al., 2021; Le & Pham, 2021; Mariana et al., 2018; Muhallilin et al., 2019; Salman et al., 2019; Wu et al., 2016). Teknik mutasi diterapkan secara luas pada berbagai tanaman sejak dekade ke-3 (1995), dan dipadukan dengan metode pemuliaan modern untuk mendapatkan mutan yang toleran cekaman biotik dan abiotik pada dekade kelima (2025-2025). Metode ini mempercepat pemilihan genotip terbaik dengan menggabungkan penggunaan mutagen fisika dan kimia dengan metode bioteknologi seperti kultur jaringan dan marker molekuler. Pemuliaan mutasi dipercaya meningkatkan hasil, kualitas, dan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit serta adaptasi terhadap iklim ekstrim. Peluang besar untuk inovasi varietas tanaman yang lebih produktif dan berkelanjutan dalam menghadapi tantangan pertanian masa depan terbuka dengan kemajuan teknologi, khususnya dalam analisis genom dan editing gen, sehingga arah pemuliaan lebih presisi dengan kombinasi teknik mutasi dan teknik pemuliaan modern.

Dalam visualisasi densitas (gambar 3), kata "mutasi", "mutagenesis", "induksi mutasi", dan "plasmid" muncul. Kata-kata ini sejalan dengan temuan analisis yang signifikan, yang menunjukkan tren yang signifikan dalam pemuliaan mutasi tanaman, terutama dalam penggunaan teknik mutasi induksi yang dikombinasikan dengan bioteknologi molekuler.

Penelitian tentang cara mutasi yang diinduksi dapat memperbaiki sifat tanaman—khususnya dengan vektor plasmid dalam rekayasa genetik—menjadi fokus utama dari istilah-istilah tersebut. Dengan menggunakan VOSviewer, analisis bibliometrik menunjukkan hubungan erat antara mutasi buatan dan teknik molekuler. Ini menunjukkan bahwa pendekatan multidisipliner yang menggunakan mutagenesis dan teknik genetika kontemporer semakin mendorong pengembangan varietas unggul. Oleh karena itu, visualisasi densitas ini mendukung pemahaman bahwa penggabungan teknik mutasi dan bioteknologi plasmid sangat penting untuk kemajuan dalam pemuliaan tanaman. Teknik-teknik ini terus berkembang dan menjadi fokus utama penelitian pertanian kontemporer.

SIMPULAN

1. Penelitian terkait teknik mutasi tanaman berbasis scopus selama lima dekade mengalami peningkatan publikasi sejak dekade ke 3.
2. Mutagen yang digunakan adalah mutagen kimia dan fisika pada berbagai tanaman pangan, buah, dan sayur.
3. Teknik mutasi yang dikombinasikan dengan metode pemuliaan modern efektif meningkatkan karakter hasil dan perbaikan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik.

DAFTAR PUSTAKA

Dash, S., Banerjee, A., Dutta, R., & Roy Choudhury, S. (2018). *an Overview of Mutation and Current Scenario of Induced Mutation in Terms of Plant Mutagenesis*. *4*(1), 2018. www.ijariie.com

Fu, H.-W., Li, Y.-F., & Shu, Q.-Y. (2008). A revisit of mutation induction by gamma rays in rice (*Oryza sativa* L.): Implications of microsatellite markers for quality control. *Molecular Breeding*, *22*(2), 281–288. https://doi.org/10.1007/s11032-008-9173-7

George, A. P., Broadley, R. H., Nissen, R. J., & Hamill, S. D. (2002). Breeding new varieties of atemoya (*Annona spp. hybrids*). *Acta Horticulturae*, *575*, 323–328. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.575.36

Hallajian, M. T. (2016). *Mutation breeding and drought stress tolerance in plants* (pp. 259–383). https://doi.org/10.1007/978-3-319-32423-4_13

Handayati, W. (2013). *Advancement of mutation breeding on ornamental plants in Indonesia; Perkembangan pemuliaan mutasi tanaman hias di Indonesia. Indonesia*. https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/22425096

Herath, H. M. S. N., Rafii, M. Y., Ismail, S. I., JJ, N., & Ramlee, S. I. (2021). Improvement of important economic traits in chilli through heterosis breeding: a review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *96*(1), 14–23. https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1780162

Joanna Jankowicz-Cieslak, Chikelu Mba, and B. J. T. (2017). Mutagenesis for Crop Breeding and Functional Genomics. In J. Thomas H. Tai Jankowicz-Cieslak (Ed.), *Biotechnologies for Plant Mutation Breeding* (p. 343). Springer International Publishing AG Switzerland.

Jung, C., & Till, B. (2021). Mutagenesis and genome editing in crop improvement: perspectives for the global regulatory landscape. *Trends in Plant Science*, *26*(12), 1258–1269. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.08.002

Le, T. D., & Pham, C. T. B. (2021). *Soybean Breeding Through Induced Mutation in Vietnam* (pp. 40–46). https://doi.org/10.1079/9781789249095.0004

Mariana, B. D., Arisah, H., & Selvawajayanti, M. (2018). Seedless fruit pummelo induced by gamma ray irradiation: Fruit morphological characters and stability evaluation. *Biodiversitas*, *19*(2), 626–631. https://doi.org/10.13057/biodiv/d190244

Muhallilin, I., Aisyah, S. I., & Sukma, D. (2019). The diversity of morphological characteristics and chemical content of celosia Cristata plantlets due to gamma ray irradiation. *Biodiversitas*, *20*(3), 862–866. https://doi.org/10.13057/biodiv/d200333

Mukhlisa, N., & Hasan, K. (2024). Analisis Bibliometrik: Konsep, Metodologi, dan Aplikasinya dalam Penelitian Ilmiah. *Proceedingsof National Seminar Research and Community Service Institute*, 950–961. https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/index

Polok, K., & Zieliński, R. (2011). Mutagenic treatment induces high transposon variation in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agriculturae Slovenica*, *97*(3), 179–188. https://doi.org/10.2478/v10014-011-0012-x

Roux, N. S., Toloza, A., Strosse, H., Busogoro, J. P., & Doležel, J. (2009). Induction and selection of potentially useful mutants in banana. *Acta Horticulturae*, *828*, 315–322. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.828.32

Salman, M. A., Issa, F. H., & ElKaaby, E. A. J. (2019). Gamma radiation effects on shoots produced from callus and plantlets of two potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in in vitro condition. *Plant Archives*, *19*(1), 1345–1348. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068585189&partnerID=40&md5=711fefbbd10eb19ad79182242005ded6

Udensi, O. U., Ntia, M. I., & Obianwa, C. U. (2014). Optimizing induced mutation technique for the improvement of agronomic traits in pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] landraces. *Comunicata Scientiae*, *5*(3), 267–278. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84907507789&partnerID=40&md5=5b5c49dc2448e8f63529efcadb6e9c65

Wu, X., Qi, K.-J., Yin, H., & Zhang, S.-L. (2016). Applying of the induced mutation techniques in the breeding of deciduous fruit tree varieties. *Acta Horticulturae Sinica*, *43*(9), 1633–1652. https://doi.org/10.16420/j.issn.0513-353x.2016-0037