

Dextran Producing Bacteria: A Literatur Review

Vishtari Salsabilla¹, Dwi Hilda Putri^{1*}, Linda Advinda¹, Afifatul Achyar¹, Ahmad Wibisana²

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

²Pusat Riset Bahan Baku Obat dan Obatan Tradisional, Badan Riset Inovasi Nasional, Banten, Indonesia;

Article History

Received : January 13th, 2025

Revised : January 23th, 2025

Accepted : February 08th, 2025

*Corresponding Author: **Dwi**

Hilda Putri, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

Email:

dwihilda.08@gmail.com

Abstract: This study aims to analyze dextran-producing bacteria, especially from the general *Leuconostoc*, *Weissella*, and *Lactobacillus*, which produce the enzyme dextransucrase for dextran synthesis. This research uses the Systematic Literature Review (SLR) method based on the PRISMA protocol, with data sources from various trusted scientific databases for the 2020–2024 period. The results of the study show that variations in dextran structure, such as molecular weight and degree of branching, are highly dependent on the bacterial strain and fermentation conditions. Optimization of production parameters, including pH, temperature and substrate concentration, can increase dextran production efficiency. The conclusions of this study emphasize the need for a multidisciplinary approach to optimize the potential of dextran in industrial and biotechnology applications. Further research is recommended to explore new strains, optimize production processes, and diversify dextran applications.

Keywords: Biomedical applications, dextran producing bacteria, dextransucrase, exopolysaccharides, fermentation optimization.

Pendahuluan

Dekstran merupakan biopolimer alami yang terdiri dari rantai glukosa dengan ikatan α -1,6 glikosidik pada rantai utama dan percabangan α -1,2, α -1,3, atau α -1,4 pada rantai sampingnya. Polimer ini telah menarik perhatian besar dalam berbagai aplikasi industri karena sifatnya yang biodegradable, biokompatibel, dan tidak beracun, pemanfaatan dekstran telah berkembang pesat di berbagai sektor seperti industri farmasi, makanan, kosmetik, dan biomedis (Ceresa *et al.*, 2023). Produksi dekstran secara komersial umumnya melibatkan proses fermentasi menggunakan bakteri penghasil dekstran, terutama dari genus *Leuconostoc*, *Weissella*, dan *Lactobacillus*. Bakteri-bakteri ini menghasilkan enzim dekstransukrase yang mengkatalisis pembentukan dekstran dari substrat sukrosa. Kemampuan bakteri dalam

menghasilkan dekstran dengan karakteristik yang berbeda-beda, seperti berat molekul, derajat percabangan, dan sifat fisikokimia lainnya, membuat penelitian tentang bakteri penghasil dekstran menjadi semakin relevan untuk dikaji lebih mendalam (Y. Wang *et al.*, 2021).

Perkembangan teknologi dan metode isolasi telah memungkinkan identifikasi berbagai strain bakteri baru yang memiliki potensi dalam produksi dekstran. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa strain-strain indigenous yang diisolasi dari berbagai sumber alami memiliki kemampuan unik dalam menghasilkan dekstran dengan karakteristik spesifik. Hal ini membuka peluang untuk pengembangan produk dekstran yang lebih beragam dan aplikatif (Zielińska *et al.*, 2021). Optimasi kondisi fermentasi dan karakterisasi dekstran yang dihasilkan oleh berbagai strain bakteri menjadi fokus utama

dalam pengembangan proses produksi yang lebih efisien. Faktor-faktor seperti suhu, pH, konsentrasi substrat, dan waktu fermentasi telah terbukti mempengaruhi yield dan karakteristik dekstran yang dihasilkan. Pemahaman mendalam tentang parameter-parameter ini penting untuk mengoptimalkan proses produksi dekstran secara industrial (Pasaribu, *et al.*, 2017).

Karakteristik dekstran yang dapat dimodifikasi secara kimia memungkinkan pengembangan berbagai derivat dekstran dengan fungsi spesifik. Penelitian terkini menunjukkan bahwa dekstran yang dihasilkan oleh strain bakteri tertentu memiliki aktivitas biologis yang menguntungkan, seperti sifat antioksidan dan imunomodulator (Gościniak *et al.*, 2024). Selain itu, pemanfaatan dekstran dalam industri pangan juga semakin berkembang. Dekstran digunakan sebagai stabilizer, pengental, dan texturizer dalam berbagai produk makanan. Kemampuan dekstran dalam meningkatkan viskositas dan stabilitas produk pangan telah mendorong penelitian lebih lanjut tentang optimasi produksi dekstran untuk aplikasi pangan.

Beberapa strain bakteri penghasil dekstran telah diisolasi dari makanan fermentasi tradisional, menunjukkan potensi pemanfaatan mikroorganisme indigenous dalam produksi dekstran *food grade* (*et al.*, 2020). Perkembangan teknologi genomik dan proteomik juga telah membuka wawasan baru dalam memahami mekanisme biosintesis dekstran pada tingkat molekuler. Analisis genom berbagai strain bakteri penghasil dekstran telah mengungkapkan keragaman gen yang terlibat dalam sintesis dekstransukrase. Pemahaman ini penting untuk rekayasa genetika bakteri penghasil dekstran guna mengoptimalkan produksi dan karakteristik dekstran yang dihasilkan (Faridah & Sari, 2019).

Variasi dalam karakteristik dekstran yang dihasilkan oleh strain bakteri yang berbeda memerlukan strategi karakterisasi dan purifikasi yang tepat. Selain itu, *scaling-up* produksi dekstran dari skala laboratorium ke skala industri masih memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan efisiensi dan kelayakan ekonomi (Tripathi & Shrivastava, 2019). Berdasarkan perkembangan penelitian

terkini dan potensi aplikasi yang luas, kajian literatur tentang bakteri penghasil dekstran menjadi sangat relevan. Review ini bertujuan untuk menganalisis dan mengintegrasikan temuan-temuan terbaru terkait isolasi dan karakterisasi bakteri penghasil dekstran, optimasi produksi dekstran, serta aplikasinya dalam berbagai bidang. Pemahaman komprehensif tentang aspek-aspek ini akan memberikan landasan ilmiah yang kuat untuk pengembangan teknologi produksi dekstran yang lebih efisien dan aplikatif di masa depan.

Bahan dan Metode

Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menganalisis dan mensintesis literatur ilmiah terkait bakteri penghasil dekstran. Pendekatan sistematis ini dipilih untuk memastikan komprehensivitas dan objektivitas dalam mengumpulkan, mengevaluasi, dan mengintegrasikan temuan-temuan penelitian yang relevan. Proses review sistematis dilakukan mengikuti protokol PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) untuk memastikan kualitas dan transparansi dalam pelaporan.

Strategi pencarian literatur

Pencarian literatur dilakukan pada beberapa database elektronik terkemuka, termasuk Science Direct, PubMed Central, Google Scholar, Scopus, dan Directory of Open Access Journals (DOAJ). Pencarian difokuskan pada artikel yang diterbitkan dalam rentang waktu 2020 hingga 2024 untuk memastikan aktualitas informasi. Kombinasi kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi: "dextran-producing bacteria", "bacterial dextran synthesis", "dextransucrase", "*Leuconostoc* AND dextran", "*Weissella* AND dextran", "dextran fermentation", "bacterial exopolysaccharides", dan "dextran characterization".

Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria inklusi yang diterapkan dalam seleksi artikel meliputi:

1. Artikel penelitian original dan review yang dipublikasikan dalam jurnal peer-reviewed
2. Publikasi dalam bahasa Inggris dan Indonesia

3. Artikel yang membahas aspek isolasi, karakterisasi, dan aplikasi bakteri penghasil dekstran
4. Artikel yang memuat informasi tentang optimasi produksi dekstran
5. Publikasi dalam rentang waktu 2020-2024

Kriteria eksklusi mencakup:

1. Artikel yang tidak dapat diakses secara lengkap
2. Publikasi dalam bentuk prosiding konferensi
3. Artikel yang tidak melalui proses peer-review
4. Publikasi yang tidak relevan dengan fokus penelitian

Proses seleksi dan ekstraksi data

Proses seleksi artikel dilakukan dalam beberapa tahap. Pertama, hasil pencarian awal disaring berdasarkan judul dan abstrak untuk mengidentifikasi artikel yang potensial relevan. Artikel yang lolos tahap ini kemudian dievaluasi secara menyeluruh melalui pembacaan teks lengkap untuk memastikan kesesuaiannya dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Proses ekstraksi data dilakukan dengan menggunakan template yang telah dirancang khusus untuk mencatat informasi penting dari setiap artikel, termasuk:

1. Informasi bibliografi (penulis, tahun, judul, jurnal)
2. Metodologi penelitian
3. Strain bakteri yang digunakan
4. Kondisi fermentasi dan optimasi
5. Karakteristik dekstran yang dihasilkan
6. Aplikasi dan potensi pemanfaatan
7. Temuan utama dan kesimpulan

Analisis dan sintesis data

Data yang telah diekstraksi dianalisis secara kualitatif menggunakan pendekatan tematik. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul dari literatur terpilih, seperti:

1. Metode isolasi dan karakterisasi bakteri penghasil dekstran
2. Optimasi kondisi fermentasi untuk produksi dekstran
3. Karakteristik fisikokimia dekstran dari berbagai strain bakteri
4. Aplikasi dekstran dalam berbagai bidang industri

5. Tantangan dan prospek pengembangan produksi dekstran

Penilaian Kualitas Studi

Kualitas metodologis dari artikel yang diinklusi dinilai menggunakan kriteria evaluasi yang diadaptasi dari JBI Critical Appraisal Tools. Aspek-aspek yang dinilai meliputi:

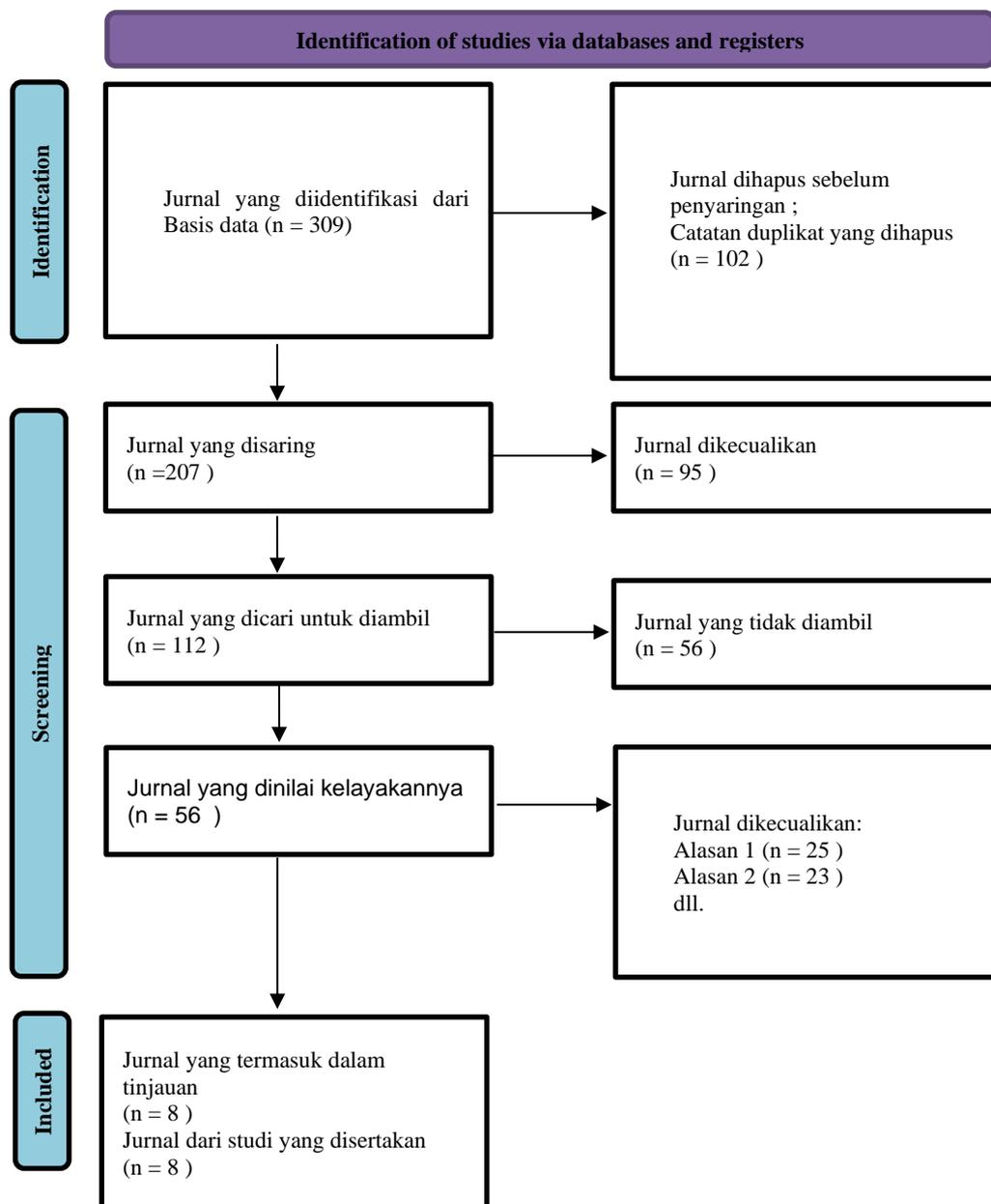
1. Kejelasan tujuan penelitian
2. Kesesuaian metodologi
3. Validitas metode pengumpulan data
4. Representasi temuan
5. Interpretasi hasil
6. Relevansi penelitian

Manajemen Data dan Dokumentasi

Seluruh proses pencarian, seleksi, dan analisis artikel didokumentasikan secara sistematis menggunakan perangkat lunak manajemen referensi Mendeley. Data ekstraksi dan analisis disimpan dalam format spreadsheet terstruktur untuk memudahkan pengorganisasian dan analisis. Diagram alir PRISMA digunakan untuk mengilustrasikan proses seleksi artikel dari tahap pencarian awal hingga artikel final yang diinklusi dalam review. Melalui penerapan metodologi yang sistematis dan terstruktur ini, diharapkan review dapat memberikan sintesis komprehensif tentang perkembangan terkini dalam penelitian bakteri penghasil dekstran, serta mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan yang dapat menjadi arah penelitian di masa depan.

Struktur hasil dan pembahasan

Artikel ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menganalisis bakteri penghasil dekstran, fokus pada karakterisasi, mekanisme biosintesis, dan faktor lingkungan. Kajian ini bertujuan memberikan pemahaman komprehensif tentang potensi bioteknologi bakteri penghasil dekstran serta peluang pengembangan aplikasi dalam industri pangan, farmasi, dan bioteknologi.



Gambar 1. Flowchart Prisma

Tabel 1. Sintesis Jurnal

No.	Penulis dan Tahun	Bakteri yang Diteliti	Kondisi Produksi Dekstran	Hasil Produksi Dekstran	Aplikasi Potensial	Catatan Khusus	Relevansi dengan Topik
1	(Edis <i>et al.</i> , 2024)	Liquori <i>Lactobacillus hordei</i> SK6 dan Liquori <i>Lactobacillus mali</i> SK26	Isolasi dari kefir air tradisional, analisis NMR dan FTIR	Dekstran: 8,89 g/L (SK6) dan 7,2 g/L (SK26)	Aplikasi industri (struktur amorf dan mikro)	Analisis termal menunjukkan degradasi pada suhu tinggi	Memberikan gambaran tentang kemampuan produksi dekstran dari bakteri spesifik untuk aplikasi teknologi

2	(Diez-Ozaeta <i>et al.</i> , 2023)	<i>Weissella cibaria</i> (BAL3C-5, BAL3C-7, BAL3C-22)	Mutasi dengan roseoflavin untuk meningkatkan produksi riboflavin dan dekstran	Produksi dekstran konsisten, riboflavin meningkat hingga 6,5 mg/L	Makanan fungsional, probiotik	Mutasi FMN mendukung keunikan fenotipe	Menyoroti metode inovatif untuk isolasi bakteri penghasil dekstran tinggi dan relevansi dengan probiotik
3	(Hernández-Alcántara <i>et al.</i> , 2022)	<i>Weissella cibaria</i>	Fermentasi roti fungsional dengan mutan penghasil riboflavin	Dekstran dan riboflavin dihasilkan selama fermentasi	Roti biofortifikasi	Meningkatkan tekstur dan umur simpan roti	Contoh nyata penerapan bakteri dalam pembuatan makanan fungsional
4	(Diez-Ozaeta <i>et al.</i> , 2025)	<i>Weissella cibaria</i> BAL3C-5 C120T	Fermentasi minuman berbasis nabati	Dekstran: 3,2 g/L, riboflavin: 3,4 mg/L	Minuman biofortifikasi, probiotik	Kemampuan bertahan dalam pH rendah	Fokus pada diversifikasi produk berbasis dekstran
5	(Nikinmaa <i>et al.</i> , 2020)	<i>Weissella confusa</i>	Fermentasi dedak rye untuk ekstrudat tinggi serat	Peningkatan CI (Crispness Index) dan tekstur	Ekstrudat tinggi serat	Efek asam selama fermentasi signifikan	Menunjukkan bagaimana dekstran memengaruhi karakteristik makanan
6	(Pu <i>et al.</i> , 2024)P	<i>Leuconostoc citreum</i> JZ-002	Sintesis rekombinan dengan dextransucrase DsrB	Dekstran hingga 191,9 g/L	Aplikasi bioteknologi	Kontrol berat molekul dekstran melalui enzim	Memberikan wawasan tentang metode sintesis dekstran
7	(Wang <i>et al.</i> , 2021)	Acetalated Dextran (Ac-DEX)	Polimerisasi asetal untuk pelepasan pH-terkontrol	Berbagai aplikasi terapi	Biomedis	Sifat biodegradabel yang unik	Membahas dekstran derivatif yang relevan dalam pengobatan
8	(Wang <i>et al.</i> , 2024)	Macroinitiator Dextran	Sintesis blok kopolimer dengan NCA ROP	Struktur polimer kompleks untuk pengiriman obat	Biomedis	Nanostruktur dan self-assembly	Menjelaskan pengembangan dekstran untuk aplikasi

Pembahasan

Pembahasan Tabel Sintesis

Penelitian tentang bakteri penghasil dekstran telah mengalami perkembangan signifikan dalam beberapa tahun terakhir, dengan fokus pada isolasi strain baru, optimasi produksi, dan diversifikasi aplikasi. Edis *et al.* (2024) melakukan penelitian groundbreaking dengan mengisolasi dua strain Liquori *Lactobacillus* (*L. hordei* SK6 dan *L. mali* SK26) dari kefir air tradisional. Kedua strain ini menunjukkan kemampuan produksi dekstran yang mengesankan, dengan *L. hordei* SK6 menghasilkan 8,89 g/L dan *L. mali* SK26 menghasilkan 7,2 g/L. Karakterisasi menggunakan analisis NMR dan FTIR mengonfirmasi struktur amorf dari dekstran yang dihasilkan, yang membuka potensi aplikasi

industrial yang luas. Inovasi dalam teknik pengembangan strain telah membawa terobosan penting dalam produksi dekstran. Diez-Ozaeta *et al.* (2023) memperkenalkan pendekatan mutasi menggunakan roseoflavin pada beberapa strain *Weissella cibaria* (BAL3C-5, BAL3C-7, BAL3C-22). Metode ini tidak hanya meningkatkan produksi dekstran tetapi juga mengoptimalkan produksi riboflavin hingga 6,5 mg/L. Keberhasilan ini memiliki implikasi penting untuk pengembangan probiotik dan makanan fungsional, mendemonstrasikan potensi pendekatan mutasi dalam meningkatkan karakteristik strain bakteri.

Aplikasi praktis dari bakteri penghasil dekstran dalam industri makanan dibuktikan melalui penelitian Hernández-Alcántara *et al.* (2022). Menggunakan strain *Weissella cibaria* yang

telah dimutasi, mereka berhasil mengembangkan roti fungsional yang diperkaya dengan dekstran dan riboflavin. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fermentasi dengan bakteri penghasil dekstran tidak hanya meningkatkan nilai nutrisi produk tetapi juga memperbaiki tekstur dan umur simpan roti. Diversifikasi aplikasi dekstran berlanjut dengan penelitian Diez-Ozaeta *et al.* (2025) yang mengeksplorasi penggunaan *W. cibaria* BAL3C-5 C120T dalam fermentasi minuman berbasis nabati. Strain ini menunjukkan kemampuan produksi dekstran sebesar 3,2 g/L dan riboflavin 3,4 mg/L, sekaligus mempertahankan viabilitasnya dalam kondisi pH rendah. Temuan ini membuka peluang baru dalam pengembangan minuman fungsional yang diperkaya probiotik.

Penelitian Nikinmaa *et al.* (2020) memberikan perspektif baru dalam aplikasi dekstran pada produk ekstrudat tinggi serat. Menggunakan *Weissella confusa* dalam fermentasi dedak rye, mereka mendemonstrasikan peningkatan signifikan dalam Crispness Index (CI) dan tekstur produk. Penelitian ini menggarisbawahi peran penting dekstran dalam memodifikasi karakteristik fisik produk pangan, khususnya dalam kondisi asam selama fermentasi. Terobosan signifikan dalam produksi dekstran dicapai oleh Pu *et al.* (2024) melalui pendekatan sintesis rekombinan menggunakan *Leuconostoc citreum* JZ-002. Dengan mengoptimalkan ekspresi dextransucrase DsrB, mereka mencapai produksi dekstran hingga 191,9 g/L, yang merupakan pencapaian tertinggi di antara penelitian yang dianalisis. Keberhasilan ini membuka jalan bagi aplikasi bioteknologi skala besar dengan kontrol yang lebih baik atas berat molekul dekstran yang dihasilkan.

Perkembangan dalam aplikasi biomedis dekstran ditunjukkan oleh penelitian Wang *et al.* (2021) yang fokus pada pengembangan Acetalated Dextran (Ac-DEX). Modifikasi dekstran melalui polimerisasi asetal menghasilkan sistem pelepasan obat yang responsif terhadap pH, dengan keunggulan biodegradabilitas yang menjanjikan untuk aplikasi terapi. Penelitian lanjutan oleh Wang *et al.* (2024) mengeksplorasi pengembangan makroinisiator dekstran untuk sintesis blok kopolimer menggunakan teknik NCA ROP, menghasilkan struktur polimer kompleks yang ideal untuk sistem pengiriman obat dengan kemampuan self-assembly dan pembentukan nanostruktur. Sintesis dari penelitian-penelitian ini menunjukkan perkembangan yang komprehensif dalam bidang

bakteri penghasil dekstran, mulai dari isolasi dan karakterisasi strain baru, optimasi produksi melalui rekayasa genetika, hingga diversifikasi aplikasi dalam industri pangan dan biomedis. Kemajuan dalam teknik isolasi dan mutasi telah menghasilkan strain dengan produktivitas tinggi dan karakteristik fungsional yang ditingkatkan, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian Edis *et al.* (2024) dan Diez-Ozaeta *et al.* (2023). Aplikasi dalam industri pangan telah berkembang dari produk tradisional seperti roti (Hernández-Alcántara *et al.*, 2022) hingga inovasi dalam minuman fungsional (Diez-Ozaeta *et al.*, 2025) dan produk ekstrudat (Nikinmaa *et al.*, 2020).

Terobosan dalam produksi skala industri melalui pendekatan rekombinasi genetik (Pu *et al.*, 2024) membuka peluang baru untuk aplikasi komersial yang lebih luas. Sementara itu, perkembangan dalam modifikasi kimia dekstran untuk aplikasi biomedis (Wang *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2024) menunjukkan potensi yang besar dalam pengembangan sistem pengiriman obat yang lebih efektif dan terkontrol. Penelitian-penelitian ini secara kolektif mendemonstrasikan kompleksitas dan potensi yang belum sepenuhnya tergalai dari bakteri penghasil dekstran, sambil menggarisbawahi pentingnya pendekatan multidisiplin dalam pengembangan aplikasi praktis. Tantangan ke depan terletak pada optimasi lebih lanjut dari strain produktif, pengembangan metode produksi yang lebih efisien, dan eksplorasi aplikasi baru yang dapat memanfaatkan karakteristik unik dekstran bakterial.

Struktur Dekstran

Dekstran merupakan homopolisakarida yang memiliki struktur molekuler kompleks dan unik, yang diproduksi oleh berbagai mikroorganisme, terutama dari genus *Leuconostoc*, *Streptococcus*, dan *Lactobacillus*. Struktur dasar dekstran terdiri dari rantai utama yang tersusun dari unit-unit glukosa yang terhubung melalui ikatan α -1,6-glikosidik, dengan berbagai tingkat dan tipe percabangan yang dapat terjadi pada posisi α -1,2, α -1,3, atau α -1,4 (Khalikova *et al.*, 2020). Keunikan struktur ini memberikan karakteristik fisikokimia yang khas pada dekstran dan mempengaruhi aplikasinya dalam berbagai bidang. Pada tingkat molekuler, struktur primer dekstran ditentukan oleh pola ikatan glikosidik yang terbentuk selama proses biosintesis. Enzim dekstransucrase, yang dihasilkan oleh bakteri penghasil dekstran, memainkan peran

kunci dalam menentukan spesifisitas ikatan dan pola percabangan. Menurut penelitian terbaru oleh (A.E Zainal Hasan, n.d.), variasi dalam struktur enzim dekstransukrase antar spesies bakteri menghasilkan dekstran dengan karakteristik struktur yang berbeda. Hal ini memungkinkan produksi dekstran dengan sifat-sifat yang dapat disesuaikan untuk aplikasi spesifik.

Berat molekul dekstran merupakan parameter penting yang mempengaruhi sifat fisikokimia dan aplikasinya. (Sarwat *et al.*, 2021) melaporkan bahwa dekstran dapat memiliki rentang berat molekul yang sangat luas, mulai dari 10 kDa hingga lebih dari 2000 kDa. Variasi berat molekul ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk strain bakteri penghasil, kondisi fermentasi, dan proses purifikasi yang digunakan. Dekstran dengan berat molekul rendah (10-100 kDa) umumnya digunakan dalam aplikasi farmasi dan biomedis karena kemampuan penetrasi jaringan yang lebih baik, sementara dekstran dengan berat molekul tinggi (>500 kDa) lebih cocok untuk aplikasi industrial seperti pengental dan stabilizer. Karakteristik ikatan kimia dalam struktur dekstran memberikan kontribusi signifikan terhadap sifat fisikokimianya. Ikatan α -1,6-glikosidik pada rantai utama memberikan fleksibilitas molekuler yang tinggi, sementara percabangan melalui ikatan α -1,2, α -1,3, atau α -1,4 mempengaruhi kelarutan dan kemampuan pembentukan gel. Studi yang dilakukan oleh (Fajariah *et al.*, 2022) mengungkapkan bahwa pola percabangan mempengaruhi interaksi molekuler dekstran dengan air dan substrat lain, yang pada gilirannya mempengaruhi viskositas larutan dan stabilitas termal.

Struktur tiga dimensi dekstran memainkan peran penting dalam menentukan sifat fungsionalnya. Menggunakan teknik analisis struktur modern, (Valls-Chivas *et al.*, 2023) mendemonstrasikan bahwa dekstran dapat mengadopsi berbagai konformasi dalam larutan, tergantung pada kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan kekuatan ionik. Konformasi ini mempengaruhi sifat-sifat penting seperti viskositas intrinsik, radius hidrodinamik, dan kemampuan membentuk kompleks dengan molekul lain. Aspek penting lain dari struktur dekstran adalah distribusi dan densitas percabangan. Penelitian terbaru oleh (Yudono, 2019) menggunakan teknik spektroskopi NMR multidimensional mengungkapkan bahwa pola percabangan tidak acak tetapi mengikuti pola

tertentu yang karakteristik untuk setiap strain bakteri penghasil. Pemahaman tentang pola percabangan ini penting untuk mengoptimalkan produksi dekstran dengan karakteristik yang diinginkan untuk aplikasi spesifik. Modifikasi struktur dekstran, baik secara kimia maupun enzimatik, telah menjadi fokus penelitian untuk mengembangkan varian dekstran dengan sifat-sifat yang ditingkatkan. (Ashfaq *et al.*, 2020) melaporkan berbagai strategi modifikasi struktur, termasuk cross-linking, substitusi gugus fungsional, dan depolimerisasi terkontrol, yang dapat menghasilkan dekstran dengan karakteristik yang disesuaikan untuk aplikasi tertentu. Modifikasi ini dapat mempengaruhi sifat-sifat seperti kelarutan, stabilitas termal, dan interaksi dengan molekul biologis.

Hubungan struktur-fungsi dekstran memiliki implikasi penting dalam pengembangan aplikasinya. Sebagai contoh, dalam aplikasi biomedis, ukuran molekul dan pola percabangan mempengaruhi biodistribusi dan waktu paruh dalam sirkulasi. Dalam aplikasi pangan, struktur dekstran mempengaruhi sifat-sifat reologi dan stabilitas produk. Pemahaman mendalam tentang hubungan ini memungkinkan pengembangan dekstran yang dioptimalkan untuk aplikasi spesifik. Karakterisasi struktur dekstran terus berkembang dengan kemajuan teknologi analitis. Teknik-teknik modern seperti spektroskopi NMR multidimensional, kromatografi eksklusi ukuran dengan deteksi multi-angle light scattering (SEC-MALS), dan mikroskopi elektron resolusi tinggi telah memberikan wawasan baru tentang kompleksitas struktur dekstran. Informasi ini penting untuk mengoptimalkan proses produksi dan mengembangkan aplikasi baru. Pemahaman komprehensif tentang struktur dekstran, termasuk karakteristik ikatan kimia, variasi berat molekul, dan hubungan struktur-fungsi, sangat penting untuk pengembangan aplikasi di berbagai bidang. Penelitian berkelanjutan tentang aspek struktural dekstran akan terus membuka peluang baru untuk optimasi produksi dan pengembangan aplikasi yang lebih luas. Integrasi pemahaman struktur dengan teknologi produksi modern akan memungkinkan pengembangan dekstran dengan karakteristik yang disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam berbagai aplikasi.

Bakteri yang berpotensi menghasilkan dekstran
Kemampuan produksi dekstran telah

ditemukan pada berbagai genus bakteri, dengan *Leuconostoc mesenteroides* menjadi spesies yang paling banyak dipelajari dan digunakan dalam produksi komersial. Menurut penelitian komprehensif oleh (Santoso, 2020), beberapa strain *L. mesenteroides* dapat menghasilkan dekstran dengan karakteristik yang berbeda-beda, tergantung pada kondisi pertumbuhan dan sumber karbon yang tersedia. Berikut adalah tabel yang merangkum karakteristik utama bakteri penghasil dekstran:

Tabel 1. Karakteristik Utama Bakteri Penghasil Dekstran

Genus/ Spesies	Suhu Optimal (°C)	pH Optimal	Karakteristik Dekstran	Yield (g/L)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	23-27	6.0-7.0	BM tinggi, percabangan α -1,6 dominan	40-60
<i>Streptococcus mutans</i>	35-37	6.5-7.5	BM menengah, percabangan bervariasi	25-35
<i>Weissella confusa</i>	30-35	5.5-6.5	BM rendah-menengah, linear	20-30
<i>Lactobacillus plantarum</i>	32-37	5.0-6.0	BM rendah, percabangan minimal	15-25

Enzim dekstransukrase memainkan peran kunci dalam biosintesis dekstran. (Atomik, 2024) mengidentifikasi bahwa enzim ini termasuk dalam famili glycoside hydrolase 70 (GH70) dan memiliki mekanisme aksi yang unik. Dekstransukrase mengkatalisis transfer unit glukosil dari sukrosa ke rantai dekstran yang sedang tumbuh, dengan spesifisitas yang tinggi untuk pembentukan ikatan α -1,6-glikosidik. Variasi dalam struktur enzim antar spesies menghasilkan perbedaan dalam karakteristik dekstran yang dihasilkan. Keragaman strain penghasil dekstran telah menjadi fokus penelitian intensif. Widodo *et al.* (2024) melaporkan isolasi strain baru dari berbagai sumber alami yang menunjukkan potensi produksi dekstran dengan karakteristik unik. Beberapa strain menunjukkan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi pertumbuhan dan dapat menghasilkan dekstran dengan karakteristik yang

dapat disesuaikan untuk aplikasi spesifik. Pemilihan strain yang tepat menjadi faktor kritis dalam optimasi produksi dekstran. Pertimbangan utama meliputi stabilitas genetik strain, efisiensi konversi substrat, dan karakteristik produk yang dihasilkan. Nguyen dan Chen (2023) mengembangkan sistem evaluasi komprehensif untuk seleksi strain, yang mencakup analisis aktivitas enzim, profil metabolit, dan stabilitas produksi.

Perbandingan pertumbuhan bakteri penghasil dekstran

Pertumbuhan bakteri penghasil dekstran dan produktivitasnya dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Penelitian (Wasiak *et al.*, 2016) mengungkapkan hubungan kompleks antara parameter pertumbuhan dan produksi dekstran. Berikut adalah tabel yang merangkum faktor-faktor kunci yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi dekstran:

Tabel 2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Produksi Dekstran

Parameter	Rentang Optimal	Efek pada Pertumbuhan	Efek pada Produksi Dekstran
Suhu	25-37°C	Memengaruhi laju pertumbuhan dan metabolisme	Mempengaruhi aktivitas enzim dan struktur produk
pH	5.0-7.5	Mempengaruhi viabilitas sel dan transport nutrisi	Mempengaruhi stabilitas enzim dan efisiensi sintesis
Konsentrasi Sukrosa	5-20%	Sumber karbon dan energi	Substrat untuk sintesis dekstran
Nitrogen	0.5-2%	Mendukung pertumbuhan sel dan sintesis protein	Mempengaruhi produksi enzim
Aerasi	0-50% saturasi	Mempengaruhi metabolisme energi	Mempengaruhi efisiensi konversi substrat

Kondisi optimal untuk pertumbuhan dan produksi dekstran bervariasi antar spesies. *L. mesenteroides* menunjukkan pertumbuhan optimal pada suhu 25°C dengan pH 6.5, sementara *S.*

mutans tumbuh lebih baik pada suhu yang lebih tinggi (35-37°C). Perbedaan ini mencerminkan adaptasi evolusioner terhadap habitat alami masing-masing spesies. Hubungan antara pertumbuhan bakteri dan produksi dekstran tidak selalu linear. Dalam banyak kasus, produksi dekstran maksimal terjadi pada fase stasioner awal, ketika pertumbuhan sel mulai melambat. Fenomena ini dijelaskan oleh regulasi metabolik yang kompleks, di mana sintesis dekstran dapat diinduksi oleh kondisi stres tertentu. Optimasi produksi dekstran memerlukan pemahaman mendalam tentang fisiologi bakteri dan kinetika produksi. Strategi yang efektif melibatkan pengaturan parameter kultur untuk menyeimbangkan pertumbuhan sel dengan produksi dekstran. Ini dapat mencakup teknik seperti fed-batch fermentation, pengaturan pH bertahap, dan manipulasi komposisi media.

Faktor-faktor lingkungan tidak hanya mempengaruhi kuantitas tetapi juga kualitas dekstran yang dihasilkan. Suhu fermentasi, misalnya, dapat mempengaruhi distribusi berat molekul dan pola percabangan dekstran. Pemahaman tentang hubungan ini penting untuk mengoptimalkan proses produksi sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan. Implikasi untuk optimasi produksi meliputi pengembangan strategi kultur yang disesuaikan dengan karakteristik strain spesifik dan tujuan produk akhir. Ini dapat mencakup:

1. Pengembangan media kultur yang optimal
2. Strategi pengaturan pH dan suhu yang terkontrol
3. Sistem aerasi yang disesuaikan
4. Protokol pemanenan yang efisien
5. Sistem pemurnian yang efektif

Pemahaman mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi dekstran memungkinkan pengembangan proses produksi yang lebih efisien dan dapat diandalkan. Integrasi pemahaman ini dengan teknologi fermentasi modern membuka peluang untuk optimasi lebih lanjut dan pengembangan strain yang lebih produktif

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa bakteri penghasil dekstran memiliki potensi luar biasa dalam berbagai aplikasi bioteknologi, khususnya dalam industri pangan, farmasi, dan

biomedis. Berbagai strain, seperti *Lactobacillus hordei*, *Weissella cibaria*, dan *Leuconostoc citreum*, telah terbukti menghasilkan dekstran dengan karakteristik unik yang dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan, sumber karbon, dan metode mutasi. Teknik mutasi genetik dan sintesis rekombinan telah berhasil meningkatkan efisiensi produksi serta memungkinkan diversifikasi aplikasi dekstran, termasuk makanan fungsional, biofortifikasi, dan sistem pelepasan obat. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya optimasi faktor lingkungan, seperti pH, suhu, dan konsentrasi substrat, untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas dekstran yang dihasilkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para akademisi, peneliti, dan praktisi yang karyakaryanya menjadi sumber utama dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak institusi akademik dan rekan sejawat yang telah memberikan masukan berharga selama proses penulisan. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik bisnis di era digital.

Referensi

- A.E Zainal Hasan. (n.d.). *Isolasi dan karakterisasi dekstransukrase dari isolasi bakteri batang tebu*.
- Ashfaq, A., Clochard, M. C., Coqueret, X., Dispenza, C., Driscoll, M. S., Ulański, P., & Al-Sheikhly, M. (2020). Polymerization reactions and modifications of polymers by ionizing radiation. *Polymers*, 12(12), 1–67.
- Atomik, J. (2024). *Selection Of Potential Bacteria Producing Hydrolitic Enzymes From Soil Samples At The Bukit*. 9(2), 90–95.
- Ceresa, C., Fracchia, L., Sansotera, A. C., De Rienzo, M. A. D., & Banat, I. M. (2023). Harnessing the Potential of Biosurfactants for Biomedical and Pharmaceutical Applications. *Pharmaceutics*, 15(8).
- Diez-Ozaeta, I., Berasarte, I., Zeid, A. F., Fernández, M., Russo, P., López, P., Dueñas, M., & Mohedano, M. L. (2025).

- Functional characterization of the riboflavin-overproducing and dextran-producing *Weissella cibaria* BAL3C-5 C120T strain for the development of biofortified plant-based beverages. *International Journal of Food Microbiology*, 426(June 2024).
- Diez-Ozaeta, I., Martín-Loarte, L., Mohedano, M. L., Tamame, M., Ruiz-Masó, J. Á., del Solar, G., Dueñas, M. T., & López, P. (2023). A methodology for the selection and characterization of riboflavin-overproducing *Weissella cibaria* strains after treatment with roseoflavin. *Frontiers in Microbiology*, 14(April), 1–21.
- Edis, K. K., İspirli, H., Yilmaz, M. T., & Dertli, E. (2024). Liquori *Lactobacillus hordei* SK6 and Liquori *Lactobacillus mali* SK26 from Traditional Water Kefir Produce Dextran with Technological Roles. *Applied Biochemistry and Biotechnology*.
- Fajariah, A. R., Aprilia, A., Faizal, F., & Safriani, L. (2022). Pengaruh Viskositas Larutan Terhadap Karakteristik Tio₂ Nanofiber Yang Dibuat Menggunakan Teknik Elektrosinning. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 12(01), 01.
- Faridah, H. D., & Sari, S. K. (2019). Utilization of Microorganism on the Development of Halal Food Based on Biotechnology. *Journal of Halal Product and Research*, 2(1), 33.
- Gościński, A., Lainé, E., & Cielecka-Piontek, J. (2024). How Do Cyclodextrins and Dextran Affect the Gut Microbiome? Review of Prebiotic Activity. *Molecules*, 29(22).
- Hernández-Alcántara, A. M., Chiva, R., Mohedano, M. L., Russo, P., Ruiz-Masó, J. Á., del Solar, G., Spano, G., Tamame, M., & López, P. (2022). *Weissella cibaria* riboflavin-overproducing and dextran-producing strains useful for the development of functional bread. *Frontiers in Nutrition*, 9(October), 1–17.
- Khalikova, E., Susi, P., & Korpela, T. (2020). *Microbial Dextran-Hydrolyzing Enzymes: Fundamentals and Applications*. 69(2), 306–325.
- Nikinmaa, M., Kajala, I., Liu, X., Nordlund, E., & Sozer, N. (2020). The role of rye bran acidification and in situ dextran formation on structure and texture of high fibre extrudates. *Food Research International*, 137(June), 109438.
- Pasaribu, F.L., E.Yenie, S. R. M. (2017). Pengaruh Konsentrasi Substrat Dan Waktu Fermentasi Pada Pemanfaatan Limbah Kulit Nenas (*Ananas Comosus* L. Merr) Untuk Produksi Enzim Selulase. *Jurnal Chemical Engineering*.
- Priadi, G., Setiyoningrum, F., Afianti, F., Irzaldi, R., & Lisdiyanti, P. (2020). Studi in Vitro Bakteri Asam Laktat Kandidat Probiotik Dari Makanan Fermentasi Indonesia. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 31(1), 21–28.
- Pu, Y., Peng, K., Sun, J., Meng, Q., Zhao, F., & Sang, Y. (2024). Synthesis of dextran of different molecular weights by recombinant dextransucrase DsrB. *International Journal of Biological Macromolecules*, 277(Pt 1), 134094.
- Santoso, H. (2020). *Pengaruh Substitusi Terhadap Sukrosa Murni Oleh Nira Tebu Sebagai Sumber Karbon pada Fermentasi Produksi Dekstran (Effect of Substituting Pure Sucrose by Sugarcane Juice as Carbon Source on the Fermentation of Dextran Production)*. 8(2), 193–198.
- Sarwat, F., Qader, S. A. U., Aman, A., & Ahmed, N. (2021). Production & characterization of a unique dextran from an indigenous *Leuconostoc mesenteroides* CMG713. *International Journal of Biological Sciences*, 4(6), 379–386.
- Tripathi, N. K., & Shrivastava, A. (2019). Recent Developments in Bioprocessing of Recombinant Proteins: Expression Hosts and Process Development. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7(December).
- Valls-Chivas, Á., Gómez, J., Garcia-Peiro, J. I., Hornos, F., & Hueso, J. L. (2023). Enzyme–Iron Oxide Nanoassemblies: A Review of Immobilization and Biocatalytic Applications. *Catalysts*, 13(6).
- Wang, S., Fontana, F., Shahbazi, M. A., & Santos, H. A. (2021). Acetalated dextran based nano- And microparticles: synthesis, fabrication, and therapeutic applications. *Chemical Communications*, 57(35), 4212–4229.

- Wang, S., Tang, Y., Kou, X., Chen, J., & Edgar, K. J. (2024). Dextran Macroinitiator for Synthesis of Polysaccharide-b-Polypeptide Block Copolymers via NCA Ring-Opening Polymerization. *Biomacromolecules*, 25(5), 3122–3130.
- Wang, Y., Maina, N. H., Coda, R., & Katina, K. (2021). Challenges and opportunities for wheat alternative grains in breadmaking: Ex-situ- versus in-situ-produced dextran. *Trends in Food Science and Technology*, 113(January), 232–244.
- Wasiak, I., Kulikowska, A., Janczewska, M., Michalak, M., Cymerman, I. A., Nagalski, A., Kallinger, P., Szymanski, W. W., & Ciach, T. (2016). Dextran Nanoparticle Synthesis and Properties. *PLOS ONE*, 11(1), e0146237.
- Yudono, B. (2019). Spektrometri. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).
- Zielińska, A., Szalata, M., Gorczyński, A., Karczewski, J., Eder, P., Severino, P., Cabeda, J. M., Souto, E. B., & Słomski, R. (2021). Cancer nanopharmaceuticals: Physicochemical characterization and in vitro/in vivo applications. *Cancers*, 13(8).