

## Kajian Literatur: Potensi Bakteri *Escherichia coli* Sebagai Penghasil Insulin

Risah<sup>1\*</sup>, Tiara Primayanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam As-syafiiyah Jl. Raya Jatiwaringin No.12, Jaticempaka, Kec. Pd. Gede, Kota Bekasi, Jawa Barat 17411, Indonesia

\*email: [risahrsh@gmail.com](mailto:risahrsh@gmail.com)

---

Received: 19/04/2026 Accepted: 27/04/2026 Online: 30/04/2026

---

### ABSTRAK

Diabetes melitus adalah penyakit metabolik kronis yang memerlukan penggunaan insulin sebagai pengobatan utama, terutama pada penderita diabetes tipe 1 dan sebagian kasus diabetes tipe 2. Insulin berperan penting dalam pengaturan kadar glukosa darah melalui peningkatan penyerapan glukosa oleh jaringan perifer dan penghambatan produksi glukosa oleh hati. Dengan meningkatnya kebutuhan insulin secara global, teknologi produksi insulin rekombinan menggunakan bakteri *Escherichia coli* menjadi alternatif yang efisien, aman, dan ekonomis. Penelitian ini merupakan tinjauan literatur yang bertujuan mengeksplorasi potensi *E. coli* sebagai sistem ekspresi dalam produksi insulin rekombinan. Berdasarkan hasil tinjauan beberapa literatur, *E. coli* memiliki beberapa keunggulan seperti pertumbuhan cepat, kemudahan dalam manipulasi genetik serta kemampuan menghasilkan insulin dalam jumlah besar dengan kualitas tinggi. Penerapan teknologi rekayasa genetika, sistem plasmid, dan ekspresi protein telah memungkinkan produksi insulin yang lebih murni dan mengurangi efek samping imunologis dibandingkan insulin hewani. Dengan demikian, *E. coli* menjadi platform yang sangat potensial dan relevan dalam pengembangan insulin rekombinan untuk memenuhi kebutuhan pengobatan diabetes secara global.

**Kata Kunci:** *Diabetes melitus, Escherichia coli, Insulin.*

### ABSTRACT

*Diabetes mellitus is a chronic metabolic disease that requires the use of insulin as the main treatment, especially in people with type 1 diabetes and some cases of type 2 diabetes. Insulin plays an important role in regulating blood glucose levels by increasing glucose absorption by peripheral tissues and inhibiting glucose production by the liver. With the increasing need for insulin globally, recombinant insulin production technology using Escherichia coli bacteria has become an efficient, safe and economical alternative. This research is a literature review aimed at exploring the potential of E. coli as an expression system in the production of recombinant insulin. Based on the results of a review of several literatures, E. coli has several advantages such as fast growth, ease of genetic manipulation and the ability to produce insulin in large quantities with high quality. The application of genetic engineering technologies, plasmid systems, and protein expression has enabled the production of insulin that is purer and reduces immunological side effects compared to animal insulin. Thus, E. coli is a very potential and relevant platform in the development of recombinant insulin to meet global diabetes treatment needs.*

**Keywords:** *Diabetes melitus, Escherichia coli, Insulin.*

### PENDAHULUAN

Diabetes melitus adalah gangguan metabolik yang ditandai oleh peningkatan kadar glukosa dalam darah akibat disfungsi hormon insulin, yang berperan dalam menjaga

keseimbangan tubuh dengan menurunkan kadar gula darah secara normal (Astutisari et al., 2022). Insulin berperan penting dalam pengaturan kadar glukosa darah melalui peningkatan penyerapan glukosa oleh jaringan perifer dan penghambatan produksi glukosa oleh hati. Ketidakseimbangan produksi atau kerja insulin dapat menyebabkan hiperglikemia kronis, yang memicu berbagai komplikasi jika tidak ditangani secara tepat (Hardianto, 2020).

Berdasarkan data tahun 2018, prevalensi diabetes mellitus pada populasi dewasa mencapai 415 juta kasus, menunjukkan peningkatan signifikan dari sekitar 108 juta kasus pada tahun 1980. Tren ini diproyeksikan terus meningkat, dengan estimasi mencapai 642 juta penderita pada tahun 2040 (International Diabetes Federation, 2017). Diabetes melitus terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu tipe 1 dan tipe 2 (Kasanah et al., 2023). Diabetes tipe 1 disebabkan oleh gangguan autoimun yang merusak sel pankreas penghasil insulin, sedangkan diabetes tipe 2 lebih umum terjadi dan umumnya disebabkan oleh kombinasi faktor genetik dan lingkungan yang memicu resistensi insulin, yakni ketidakmampuan tubuh merespons insulin secara efektif (Nugroho et al., 2023).

Insulin pertama kali berhasil diisolasi dari pankreas hewan seperti sapi dan babi pada tahun 1921 oleh Frederick Banting dan Charles Best dari Universitas Toronto (Govender et al., 2020). Penemuan insulin lebih dari 80 tahun yang lalu menjadi salah satu terobosan paling penting dalam dunia medis abad ke-20. Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan insulin telah mengalami berbagai kemajuan signifikan, baik dari segi jumlah penggunaan per pasien, kualitas insulin yang dihasilkan, maupun metode pemberiannya. Salah satu pencapaian bioteknologi yang mendukung hal ini adalah kemampuan untuk mensintesis insulin menggunakan bantuan bakteri *Escherichia coli* yang hidup di usus besar manusia. Teknik dasar yang digunakan dalam proses ini dikenal sebagai teknologi plasmid atau rekayasa genetika (Sinoputro et al., 2016).

Bakteri *Escherichia coli* menjadi organisme yang sering dipilih untuk produksi insulin karena memiliki sejumlah keunggulan. Salah satunya adalah kemampuan reproduksi yang sangat cepat dalam kondisi optimal, *E. coli* dapat membelah diri setiap 20 hingga 30 menit. Selain itu, bakteri ini tahan terhadap antibiotik tertentu seperti ampisilin dan tetrasiklin, yang memudahkan proses fermentasi skala besar karena mikroba lain yang tidak diinginkan dapat ditekan. *E. coli* juga tergolong mudah dipelihara dan tidak membutuhkan biaya besar dalam penanganannya. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya menghasilkan insulin dalam jumlah tinggi (rendemen tinggi) dibandingkan dengan organisme lain. Faktor-faktor tersebut menjadikan *E. coli* sebagai pilihan paling ekonomis dan efisien dalam produksi insulin secara

industri (Baeshen et al., 2014). Oleh karena itu, penulisan kajian literatur ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi, manfaat, serta tantangan dalam menggunakan bakteri *Escherichia coli* untuk membuat insulin rekombinan sebagai salah satu opsi terapi bagi penderita diabetes melitus.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur atau literature review, yaitu pendekatan dengan menelusuri, membaca, dan menganalisis berbagai sumber tertulis seperti jurnal ilmiah, buku, dan publikasi lainnya yang relevan dengan topik. Tujuan dari metode ini adalah menyusun tulisan yang membahas suatu tema atau isu secara mendalam berdasarkan referensi yang tersedia (Marzali, 2016).

Kriteria untuk memilih artikel meliputi publikasi yang membahas topik penghasilan insulin menggunakan bakteri *E. coli*, teknik rekayasa genetika, serta efisiensi dan tantangan dalam proses produksi. Dilakukan analisis terhadap isi artikel yang ditemukan, lalu disusun secara deskriptif untuk memperoleh pemahaman yang utuh mengenai mekanisme penghasilan insulin oleh *E. coli*, kelebihan secara biologisnya, serta kemungkinan pengembangan dalam skala industri.

## HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, diperoleh beberapa potensi bakteri *E. coli* sebagai penghasil insulin yang dirangkum pada (Tabel 1). Potensi tersebut mencakup efisiensi tinggi dalam produksi protein rekombinan, kemampuan ekspresi gen insulin manusia, kemudahan dalam kultur dan modifikasi genetik, serta biaya produksi yang relatif rendah. Selain itu, insulin yang dihasilkan oleh *E. coli* memiliki kemurnian dan aktivitas biologis yang setara dengan insulin manusia asli, sehingga menjadikan *E. coli* sebagai mikroorganisme yang sangat efektif dalam produksi insulin rekombinan untuk terapi diabetes secara skala industri.

**Tabel 1.** Potensi bakteri *E. coli* sebagai penghasil insulin

No.	Metode	Potensi
1.	Rekayasa genetika <i>E. coli</i>	Sistem utama untuk membuat insulin rekombinan, mudah diubah, hemat biaya, dan efektif dalam produksi (Baeshen et al., 2014).
2.	Sistem ekspresi <i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> sangat cocok digunakan sebagai inang untuk menghasilkan protein asing seperti insulin karena memiliki sistem genetik yang bisa dikontrol, mudah dikembangkan secara genetik, tumbuh cepat, biaya penggunaannya rendah, serta mampu menghasilkan protein rekombinan dalam jumlah yang

		besar. (Zieliński et al., 2019; Yang et al., 2025)
3.	Teknologi Plasmid	Produksi insulin menggunakan plasmid yang mengandung gen insulin dalam bakteri <i>E. coli</i> dan merupakan dasar dari teknik rekombinan dan memiliki kemampuan untuk dikembangkan dalam skala besar (Purnawijaya, 2015).
4.	Mensintesis gen A dan B insulin manusia	Sebagai inang yang digunakan untuk menghasilkan gen insulin sintesis manusia. Dapat memproduksi hormon insulin secara efektif dan dalam jumlah yang banyak (Riggs, 2021).
5.	Isolasi insulin	Produksi insulin menggunakan bakteri <i>E. coli</i> membantu mengurangi reaksi imunologis yang biasanya terjadi (Govender et al., 2020).
6.	DNA rekombinan	<i>E. coli</i> memungkinkan produksi insulin rekombinan yang memiliki struktur biologis serupa dengan insulin alami dalam tubuh manusia. Hal ini membantu mengurangi risiko reaksi alergi yang sering terjadi pada penggunaan insulin hewani, serta mempercepat ketersediaan terapi diabetes secara global (Datta, 2023).
7.	Sistem ekspresi <i>E. coli</i>	Sistem ekspresi <i>E. coli</i> BL21 (DE3) mampu menghasilkan insulin manusia dengan kadar sekitar 520,92 mg/L dalam fraksi intraseluler (Geddel et al., 1979; Martius et al., 2020)
8.	Isolasi dan sintesis gen insulin	Produksi insulin manusia menggunakan bakteri <i>E. coli</i> menggantikan insulin yang sebelumnya berasal dari pankreas hewan seperti babi atau sapi. Insulin rekombinan lebih murni, mengurangi risiko reaksi alergi atau perbedaan biologis, serta membuat insulin lebih terjangkau dan tersedia secara luas bagi penderita diabetes di seluruh dunia (Riggs, 1981).
9.	Rekayasa genetika	Produksi insulin menggunakan bakteri <i>E. coli</i> mempermudah proses penjernihan, meningkatkan kemurnian insulin, serta mengurangi risiko reaksi alergi dibandingkan insulin dari sumber hewani (Alyas et al., 2021).

Berdasarkan Tabel 1. bakteri *Escherichia coli* terbukti memiliki potensi besar sebagai penghasil insulin rekombinan. Hal ini karena *E. coli* memiliki sifat biologis yang mendukung proses ekspresi gen, seperti pertumbuhan yang cepat, kemampuan manipulasi genetik yang tinggi, serta sistem metabolisme yang relatif sederhana. Beberapa studi awal, seperti yang dilakukan oleh Goeddel et al. (1979) dan Riggs (1981), berhasil memproduksi insulin manusia secara rekombinan menggunakan *E. coli*, yang kemudian menjadi dasar bagi industri farmasi modern dalam memproduksi insulin secara massal dan aman.

Metode yang digunakan mencakup teknologi plasmid, sintesis gen, serta rekayasa DNA rekombinan. Sistem ekspresi *E. coli*, khususnya strain seperti BL21 (DE3), terbukti mampu menghasilkan insulin dalam jumlah besar dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Bahkan, dibandingkan insulin dari hewan seperti sapi dan babi, insulin hasil rekayasa dari *E. coli* memiliki struktur yang lebih menyerupai insulin manusia sehingga dapat menurunkan risiko reaksi alergi dan meningkatkan efektivitas terapi (Datta, 2023; Govender et al., 2020). Selain itu,

kemudahan kultur dan biaya produksi yang rendah menjadikan *E. coli* pilihan utama untuk skala industri, terutama di negara berkembang (Yang et al., 2025).

Rekayasa genetik pada *E. coli* memungkinkan pengoptimisasian sifat-sifat tertentu, seperti meningkatkan kestabilan produk, efisiensi pemurnian, serta kontrol ekspresi gen yang lebih presisi (Alyas et al., 2021). Potensi ini membuka peluang bagi pengembangan insulin generasi baru yang lebih efisien dan terjangkau. Dengan kemajuan teknologi dan pemahaman yang semakin dalam tentang manipulasi genetik, penggunaan *E. coli* sebagai penghasil insulin tidak hanya relevan secara ilmiah tetapi juga secara sosial dan ekonomi, karena dapat menjawab kebutuhan global terhadap akses insulin yang aman, murah, dan berkualitas.

## KESIMPULAN

Bakteri *Escherichia coli* memainkan peran penting dalam produksi insulin rekombinan sebagai alternatif dari insulin hewan yang sebelumnya digunakan secara luas. Dengan penerapan teknologi rekayasa DNA dan sistem ekspresi genetik, *E. coli* mampu menghasilkan insulin manusia dalam jumlah besar, dengan kualitas tinggi, kemurnian yang baik, serta biaya produksi yang lebih rendah. Keunggulan biologis *E. coli*, seperti pertumbuhan cepat, kemudahan manipulasi genetik, serta kestabilan dalam sistem kultur menjadikannya organisme pilihan dalam industri bioteknologi. Potensi ini tidak hanya memberikan solusi efektif untuk penanganan diabetes melitus secara global, tetapi juga mendorong ketersediaan insulin yang lebih luas, khususnya di negara berkembang. Dengan terus berkembangnya teknologi rekayasa genetika, *E. coli* diperkirakan tetap menjadi platform utama dalam pengembangan terapi berbasis insulin di masa mendatang.

## REFERENSI

- Alyas, J., Rafiq, A., Amir, H., Khan, S. U., Sultana, T., Ali, A., Hameed, A., Ahmad, I., Kazmi, A., Sajid, T., & Ahmad, A. (2021). Human Insulin: History, Recent Advances, and Expression Systems for Mass Production. *Biomedical Research and Therapy*, 8(9), 4540–4561. <https://doi.org/10.15419/bmrat.v8i9.692>
- Astutisari, I. D. A. E. C., Darmini, A. A. . Y., & Wulandari, I. A. P. (2022). Hubungan Pola Makan Dan Aktivitas Fisik Dengan Kadar Gula Darah Pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 Di Puskesmas Manggis I. *Jurnal Riset Kesehatan Nasional*, 6(2), 79–87. <https://doi.org/10.37294/jrkn.v6i2.350>
- Baeshen, N. A., Baeshen, M. N., Sheikh, A., Bora, R. S., Ahmed, M. M. M., Ramadhan, H. A. I., Salni, K. S., & Redwan, E. M. (2014). Cell factories for insulin production. *Microbial Cell Factories*, 13(141), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0065-7743\(08\)60586-2](https://doi.org/10.1016/S0065-7743(08)60586-2)

- Datta, N. (2023). Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research (IJPBR) The Use of *Escherichia coli* for Recombinant Human Insulin Production. *Indian J. Pharm. Biol. Res*, 11(1), 1–3. <https://doi.org/10.30750/ijpbr.11.1.02>
- Goeddel, D. V., Klepis, D. G., Bolivar, F., Heyneker, H. L., Yansura, D. G., Crea, R., Hirose, T., Kraszewski, A., Itakura, K., & Riggs, A. D. (1979). Expression in *Escherichia coli* of chemically synthesized genes for human insulin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 76(1), 106–110. <https://doi.org/10.1073/pnas.76.1.106>
- Govender, K., Naicker, T., Lin, J., Baijnath, S., Chuturgoon, A. A., Abdul, N. S., Docrat, T., Kruger, H. G., & Govender, T. (2020). A novel and more efficient biosynthesis approach for human insulin production in *Escherichia coli* (*E. coli*). *AMB Express*, 10(43), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-00969-w>
- Hardianto, D. (2020). Telaah Komprehensif Diabetes Melitus: Klasifikasi, Gejala, Diagnosis, Pencegahan, Dan Pengobatan. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*, 7(2), 304–317. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v7i2.4209>
- International Diabetes Federation. (2017). In *International Diabetes Federation* (8th ed.). <https://doi.org/10.24929/fp.v15i2.653>
- Kasanah, A. Al, Kartika, & Purwanto, E. (2023). Penyuluhan Tatalaksana Diabetes Melitus Dengan Aturan 3J (Jumlah, Jenis, Jadwal) Sebagai Upaya Menstabilkan Kadar Glukosa Darah Pada Pasien Diabetes Melitus. *Alkhidmah : Jurnal Pengabdian Dan Kemitraan Masyarakat*, 5(1), 101–106.
- Martius, E., Laoditta, F., Sofia, D. Y., & Mahsunah, A. H. (2020). Optimasi Waktu Induksi dalam Mengekspresikan Gen Proinsulin secara Intraseluler Menggunakan Inang *Pichia pastoris* Induction Time Optimization of Intracellular Proinsulin Gene Expression Using *Pichia pastoris* as the Host. *Jurnal Riset Biologi Dan Aplikasinya*, 2(1), 26–35. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/risetbiologi>
- Marzali, A. (2016). Menulis Kajian Literatur. *ETNOSIA : Jurnal Etnografi Indonesia*, 1(2), 27–36. <https://doi.org/10.31947/etnosia.v1i2.1613>
- Nugroho, H., Ernawilis, Suheti, & Syamlan, S. F. (2023). Penyuluhan Kesehatan Tentang Pengetahuan Pencegahan Diabetes Militus Di Desa Rawat Rengas. *Jurnal Peduli Masyarakat*, 5(4), 1063–1070. <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPM>
- Purnawijaya, I. P. E. (2015). Pembuatan Beras Insulin Melalui Rekayasa Genetika Sebagai Alternatif Pencegahan Penyakit Diabetes Melitus. *Jurnal Kajian Pendidikan Widya Accarya FKIP Universitas Dwijendra*.
- Riggs, A. D. (1981). Bacterial production of human insulin. *Diabetes Care*, 4(1), 64–68. <https://doi.org/10.2337/diacare.4.1.64>
- Riggs, A. D. (2021). Making, cloning, and the expression of human insulin genes in bacteria: The path to humulin. *Endocrine Reviews*, 42(3), 374–380. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa029>
- Sinoputro, D., Putri, F. R., Jomeiputri, G. H., Simbolon, L. A., Priscilla, M., Limbong, N. T., Ismail, N. A. B., Yolanda, R., Sumindah, Asteria, S., & Hudyono, J. (2016). Penggunaan Insulin untuk Pasien Diabetes Melitus dari Generasi ke Generasi. *Jurnal Kedokteran Meditek*. <https://doi.org/10.36452/jkdoktmeditek.v2i1i55.1201>
- Yang, A., Yu, J., Cheung, J. T. K., Chan, J. C. N., & Chow, E. (2025). Real world evidence of insulin and biosimilar insulin therapy—Opportunities to improve adherence, outcomes and cost-effectiveness. *Diabetes Obesity and Metabolism*, 27(S5), 45–62. <https://doi.org/10.1111/dom.16386>

Zieliński, M., Chruścielewska, A. R., Mikiewicz, D., Łukasiewicz, N., Sokołowska, I., Antosik, J., Sobolewska-Ruta, A., Bierczyńska-Krzysik, A., Zaleski, P., & Płucienniczak, A. (2019). Expression and purification of recombinant human insulin from *E. coli* 20 strain. *Protein Expression and Purification*, 157, 63–69.  
<https://doi.org/10.1016/j.pep.2019.02.002>