

**DETEKSI GEN HEMOGLOBIN E (HbE) METODE ELEKTROFORESIS GEL
PADA ANEMIA DI RUMAH SAKIT SANTA ELISABETH
MEDAN****Paska Ramawati Situmorang¹, Ivan Tegarman Gaurifa^{2*}, David Sumanto
Napitupulu³, Ruth Agree Kartini Sihombing⁴**¹⁻³STIKes Santa Elisabeth Medan

Email Korespondensi: ivantegarman@gmail.com

Disubmit: 14 Oktober 2025 Diterima: 27 November 2025 Diterbitkan: 01 Desember 2025
Doi: <https://doi.org/10.33024/mnj.v7i12.23109>**ABSTRACT**

Anemia needs to be treated immediately because it can cause fatigue, organ disorders, and reduce the quality of life. Biomolecularly, anemia can occur due to disorders in Hemoglobin, which is a protein that carries oxygen in the blood. One of the causes is the HbE gene mutation. The province with the highest anemia cases in Indonesia is West Papua, with a rate of 23.6% in 2023. The next position is occupied by Papua, South Papua, and DKI Jakarta at 10.1%. This study aims to detect the Hemoglobin E (HbE) gene by gel Electrophoresis method in anemia patients. The research design used descriptive quantitative with a population of 25 anemia. The sampling technique used Total sampling with a sample size of 25 respondents. The examination of the HbE gene was carried out using mini PCR and Gel Electrophoresis. The result of study showed that respondents Hb levels ranged from 7,8 to 11,7 gr/dL, which confirmed anemia status based on the results of the Hb level examination. The results of the detection of the HbE gene by the gel electrophoresis method is that there are bands in the gel but the quality of the bands formed looks vague and unclear so it is not possible to accurately interpret the possibility of mutations in the HbE gene at Santa Elisabeth Medan Hospital.

Keywords: Anemia, Electrophoresis, Hbe Gene, Hb Levels, PCR.**ABSTRAK**

Anemia merupakan masalah kesehatan yang penting untuk segera ditangani karena bisa menyebabkan kelelahan, gangguan organ, dan menurunkan kualitas hidup. Secara biomolekuler, anemia bisa terjadi akibat gangguan pada Hemoglobin, yaitu protein yang membawa oksigen dalam darah. Salah satu penyebabnya adalah mutasi gen HbE. Provinsi dengan kasus anemia tertinggi di Indonesia adalah Papua Barat, dengan angka sebesar 23,6% pada Tahun 2023. Posisi berikutnya ditempati oleh Papua, Papua Selatan, dan DKI Jakarta sebesar 10,1%. Penelitian ini bertujuan mendeteksi gen Hemoglobin E (HbE) Metode Elektroforesis Gel pada pasien Anemia. Rancangan penelitian menggunakan deskriptif kuantitatif dengan populasi 25 pasien anemia. Teknik pengambilan sampel menggunakan *Total sampling* dengan jumlah sampel sebanyak 25 responden. Pemeriksaan gen HbE dilakukan dengan menggunakan mini PCR dan Elektroforesis Gel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Hb responden

berada dalam rentang 7,8 hingga 11,7 gr/dL yang mengkonfirmasi status anemia berdasarkan hasil pemeriksaan kadar Hb. Hasil deteksi gen HbE metode elektroforesis gel yaitu terdapat pita pada gel namun kualitas pita yang terbentuk terlihat samar dan tidak jelas sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan interpretasi secara akurat terhadap kemungkinan adanya mutasi pada gen HbE di Rumah Sakit Santa Elisabeth Medan.

Kata Kunci: Anemia, Elektroforesis, Gen HbE, Kadar Hb, PCR.

PENDAHULUAN

Anemia termasuk ke dalam penyakit tidak menular yang banyak dialami kalangan masyarakat tidak hanya di rawat jalan bahkan juga banyak di rawat inap. Anemia merupakan masalah yang perlu ditangani karna jika tidak ditangani bisa menimbulkan komplikasi berkelanjutan yang membuat kualitas hidup menurun. Jika tubuh tidak mampu menghasilkan atau mempertahankan jumlah dan kualitas sel darah merah yang optimal akibat gangguan pada proses pembentukan, regenerasi atau fusi sel darah merah dapat dikatakan mengalami anemia.

Anemia merupakan permasalahan kesehatan yang terjadi secara global, terutama yang menimpa remaja perempuan, wanita berusia 15-49 tahun, wanita hamil, serta anak-anak di negara berpendapatan rendah dan sedang. WHO memperkirakan bahwa pada tahun 2019 30% (571 juta) wanita berusia 15-49 tahun, 37% (32 juta) wanita hamil, dan 40% (269 juta) anak-anak berusia 6-59 bulan terkena anemia, dengan Wilayah Afrika dan Wilayah Asia Tenggara paling terpengaruh (WHO, 2024).

Studi menunjukkan bahwa angka kejadian anemia lebih banyak ditemukan di negara berkembang dibandingkam negara maju. Sekitar 52% wanita hamil dan sekitar 35 hingga 40% wanita normal mengalami anemia di negara berkembang karena kekurangan zat besi, 43% anak-anak di bawah 5

tahun, 27% remaja di negara berkembang dan 6% di negara maju mengalami anemia (Safiri et al., 2021).

Data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 mengemukakan peristiwa anemia tertinggi di Indonesia terjadi di Provinsi Papua Barat (23,6%), Papua (18,9%), diikuti oleh Papua Selatan (11,5%), dan DKI Jakarta (10,1%). Menurut hasil penelitian Natasha & Suparti, 2024 dijelaskan bahwa 15 remaja perempuan lebih banyak mengalami anemia (23,8%) dibandingkan remaja laki-laki (11,9%), penelitian Falah dkk, 2024 pada 100 pasien gagal ginjal kronik diperoleh hasil sebanyak 53 orang mengalami anemia berat (53%) (Falah et al, 2024; Munira, 2023; Natasha & Suparti, 2024).

Anemia dimasyarakat apabila tidak dilakukan pencegahan dapat memberikan resiko jangka panjang. Salah satu dampak negatifnya adalah menurunnya kinerja skolastik serta gangguan kognitif pada anak usia sekolah dan remaja. Selain itu, anemia yang tidak ditanggulangi dengan baik dapat berdampak fatal, misalnya meningkatnya risiko infeksi, tingginya angka kematian ibu dan bayi, hasil kelahiran yang buruk dan penurunan produktivitas kerja yang dapat memperburuk efek penyakit lain (Rahman & Fajar, 2024).

Salah satu faktor kelainan darah yang menyebabkan anemia adalah gagalnya tubuh dalam

menyintesis hemoglobin. Varian genetik hemoglobin abnormal salah satunya gen Hemoglobin E (HbE) yang membawa dampak bentuk sel darah merah bukan lagi bikonkaf melainkan membentuk sel abnormal yaitu sel *Mikrositik*, *Eritroblast*, *Small fragmen*, dan sel target (*leptocytes*). HbE disebabkan karena ketidakseimbangan produksi rantai alpha atau beta (*β-globin*) mengakibatkan pembentukan sel darah merah tidak efektif, kerusakan sel darah merah dini, dan anemia. Mutasi genetik yang mempengaruhi struktur dan fungsi Hemoglobin-E menyebabkan berbagai gangguan, termasuk *Hemoglobinopati* seperti penyakit sel sabit dan *Thalassemia* (Baird et al., 2023; Sagar et al., 2024; Žoldáková et al., 2025).

Deteksi gen HbE dan diagnosis *thalassemia* sangat bergantung pada laboratorium klinis, di mana kombinasi tes biokimia dan molekuler digunakan untuk mendeteksi dan mengkonfirmasi diagnosis. Salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi pemeriksaan yang digunakan salah satunya adalah kombinasi metode pemeriksaan dengan pcr dan elektroforesis (Arishi, Al-hadrami, & Zourob, 2021; Baird et al., 2023).

Elektroforesis gel adalah metode yang umum digunakan untuk diagnosis penyakit sel sabit, *thalassemia* dan varian hemoglobin lainnya. Seturut dengan hasil studi Bee et al., (2021) metode elektroforesis gel, sejumlah 100 kasus dievaluasi dalam studi mengenai anemia hipokrom mikrositik, meliputi 54 laki-laki dan 46 perempuan. Rentang usia peserta 1 hingga 25 tahun, dengan 88% tidak mengalami *thalassemia*, sementara 12% menunjukkan keberadaan pita *β-thalassemia* pada elektroforesis. Dari 12 subjek yang terdiagnosis, tiga di antaranya menderita *β-thalassemia* mayor (meliputi 2 laki-

laki dan 1 perempuan), tiga lainnya mengalami *β-thalassemia intermedia* (1 laki-laki dan 2 perempuan), sedangkan enam kasus *β-thalassemia minor* meliputi 4 laki-laki dan 2 perempuan, dan 88 peserta tidak terdiagnosis *thalassemia*.

Dari penjabaran tersebut, peneliti tertarik melaksanakan penelitian “Deteksi Gen Hb E Metode Elektroforesis Gel Pada Pasien Anemia Di Rumah Sakit Santa Elisabeth Medan”. Riset ini memakai metode elektroforesis gel karena teknik ini lebih efisien dan memiliki biaya yang lebih terjangkau. Pemeriksaan ini dapat membantu mendeteksi ada tidaknya HbE terhadap pasien GGK.

KAJIAN PUSTAKA

Anemia

Anemia, yang dikenal oleh masyarakat Indonesia sebagai kurang darah, adalah suatu kondisi kesehatan yang ditandai dengan penurunan kadar hemoglobin di bawah batas normal. Anemia adalah suatu kondisi dimana jumlah sel darah merah (eritrosit) atau massa hemoglobin dalam sirkulasi darah berkurang, sehingga tidak dapat menjalankan fungsinya secara optimal sebagai pengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh. Anemia terjadi ketika akumulasi sel darah merah menurun atau jumlahnya tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan fisiologis tubuh (Chaparro & Suchdev, 2019). Anemia sering kali dianggap sebagai suatu penyakit, padahal sebenarnya anemia merupakan tanda atau gejala dari kondisi penyakit yang mendasarinya (WHO, 2023).

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), anemia didefinisikan sebagai penurunan kadar hemoglobin (Hb) di bawah 12,0 g/dL pada wanita dan 13,0 g/dL pada

pria. Variasi kadar Hb normal dapat dipengaruhi oleh faktor seperti jenis kelamin, etnis, usia, dan kondisi fisiologis. WHO menggunakan kadar Hb sebagai indikator untuk menentukan tingkat keparahan anemia yang dikategorikan menjadi anemia ringan, sedang dan berat.

Eritrosit

Darah adalah cairan penting yang berperan dalam menopang kehidupan dengan mengalir ke seluruh tubuh. Fungsinya meliputi mengantarkan oksigen dan nutrisi ke setiap sel, melawan infeksi, serta mengendalikan perdarahan. Darah terdiri dari empat komponen utama, yaitu sel darah merah, sel darah putih, trombosit, dan plasma. Sel darah merah, atau eritrosit, membentuk sekitar 40-55% dari total volume darah dan memberikan warna khas pada darah. Sel ini diproduksi di sumsum tulang dan memiliki umur sekitar 120 hari sebelum digantikan oleh sel darah merah baru.

Hemoglobin

Hemoglobin berasal dari dua kata, yaitu: “*haem*” dan “*globin*”. Senyawa ini terdiri dari *Ferroporphirin* serta protein globin. Di dalam eritrosit terdapat protein khusus, yaitu hemoglobin, yang berperan dalam proses pertukaran gas antara oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂). Kadar hemoglobin normal pria berkisar antara 13,0-17,5 gr/dl, sedangkan pada wanita berkisar antara 12,0-15,5 gr/dl. Struktur heme sendiri terdiri dari cincin porfirin dengan satu atom besi (ferro), sementara globin tersusun atas empat rantai polipeptida, yakni dua rantai polipeptida alfa (α 2) dan dua rantai polipeptida beta (β 2).

Hemoglobin E (HbE)

Hemoglobin E ialah jenis hemoglobinopati yang paling banyak ditemukan diseluruh dunia. HbE adalah kelainan struktur rantai *β -globin* hemoglobin dimana kodon pada posisi 26 berubah dari GAG menjadi AAG (Asam glutamat>Lisin). HbE lebih rentan terhadap kerusakan oksidatif, terutama dengan adanya subunit α bebas. Ketika diwariskan bersama dengan *β -thalassemia*, HbE dapat menyebabkan manifestasi klinis yang parah. Gangguan HbE menghadirkan berbagai tingkat keparahan klinis, dari pembawa tanpa gejala hingga anemia parah. Di beberapa daerah di Tanah Air, frekuensi sifat HbE hampir mencapai 50%. Sindrom HbE muncul dalam bentuk homozigot (E/E) dan heterozigot (A/E) dan sebagai heterozigot majemuk yang dikombinasikan dengan *thalassemia* α dan β serta varian struktural lainnya (Rujito, 2019; Turgeon, 2018; Žoldáková et al., 2025).

Polymerase Chain Reaction

Polymerase Chain Reaction (PCR) adalah sebuah reaksi biokimia yang sederhana, tetapi memiliki dampak besar terhadap kemajuan teknologi biologi molekuler. Metode ini menggunakan enzim untuk memperbanyak sekuen nukleotida secara eksponensial melalui proses *in vitro* dan dikenal sebagai reaksi berantai polimerase. (polimerase chain reaction). (Puspitaningrum, 2018). Proses PCR meliputi 3 tahapan utama, yaitu denaturasi, annealing, dan elongasi.

Elektroforesis Gel

Elektroforesis merupakan metode pemisahan yang didasarkan pada pergerakan molekul bermuatan dalam medan listrik yang tidak seimbang. Teknik ini paling sering digunakan dalam penelitian protein dan asam nukleat.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif kuantitatif dengan teknik total sampling. Sampel yang digunakan sebanyak 25 pasien anemia disertai melakukan tindakan pengambilan darah vena dan membuat ekstrasi DNA, kemudian melakukan teknik PCR dan elektroforesis gel, pitanya diamati di bawah sinar UV.

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian diperoleh melalui beberapa tahapan yang dimulai dengan pengambilan darah vena darah pasien. Darah tersebut kemudian diproses menggunakan sentrifugasi untuk memisahkan komponen darah dan mendapatkan lapisan buffy coat yang mengandung DNA. Setelah itu, dilakukan isolasi DNA dengan cara membilas sampel menggunakan larutan Tri-Reagen dengan perbandingan 1:1. Tahap berikutnya adalah pencampuran komponen PCR mix, termasuk penambahan primer forward dan reverse, yang diperlukan untuk memperbanyak fragmen DNA target

melalui reaksi PCR. Proses PCR dilaksanakan dengan program temperatur tertentu, proses denaturasi dilakukan dengan temperatur 95°C durasi tigamenit, selanjutnya dengan tahap annealing dengan temperatur 60°C durasi 30 detik, terakhir dilakukan elongasi dengan temperatur 70°C durasi 1 menit.

Setelah proses amplifikasi selesai, dibuat gel agarosa dengan mencampurkan 1gram agarosa ke dalam 100 mL larutan TAE buffer, lalu dituangkan ke dalam wadah cetakan. Setelah gel mengeras, dipindahkan ke alat elektroforesis dan ditambahkan larutan TAE buffer hingga seluruh permukaan gel terendam. Sampel hasil PCR kemudian dimasukkan ke dalam sumur (well) yang tersedia di dalam gel. Proses elektroforesis dijalankan selama 60 menit dengan tegangan 35 volt. Setelah waktu elektroforesis selesai, hasil visualisasi pita DNA dibaca menggunakan alat dokumentasi gel untuk mengetahui ada atau tidaknya mutasi pada gen HbE.

Tabel 1. Distribusi Kadar Hb Responden Pada Pasien Anemia di Rumah Sakit Santa Elisabeth Medan 2025

Jenis Kelamin	Hb Normal	Range Kadar Hb	Keterangan
Laki-laki	13-17 gr/dL	7,8-11,7 gr/dL	Anemia
Perempuan	12-15 gr/dL	8,3-11,3 gr/dL	Anemia

Merujuk pada tabel 1, didapatkan kadar Hb responden bervariasi, dimana kadar Hb laki-laki ditemukan sebesar 7,8 sampai 11,7 gr/dL sedangkan kadar Hb

perempuan sebesar 8,3 sampai 11,3 gr/dL. Dapat dipastikan bahwa seluruh responden adalah pasien anemia karena nilai Hb responden berada di bawah nilai normal.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Kadar Hb Pasien Berdasarkan Mean, Median, Standar deviasi, Minimum, Maximum dan 95%CI

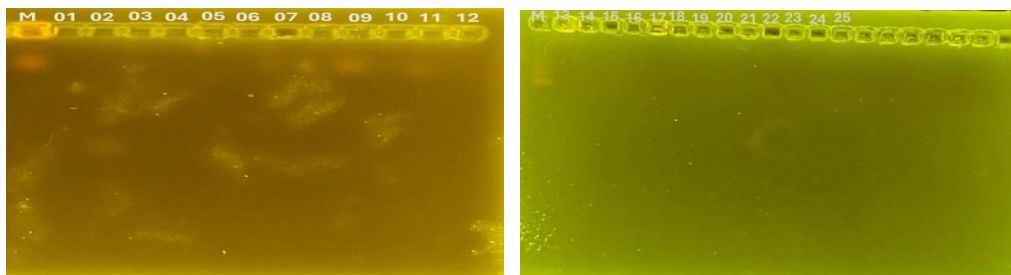
Variabel	Mean	Median	Standar deviasi	Min	Max	95%CI
Kadar Hb (gr/dL)	9,6	9,7	1,0681	7,8	11,7	9,167-10,04

Merujuk pada tabel 5.2, dapat dilihat nilai rata-rata kadar Hb yang didapatkan dari keseluruhan responden adalah sebesar 9,6 gr/dL, dengan nilai median sebesar 9,7 gr/dL, yang menunjukkan bahwa nilai tengah dari distribusi data berada sedikit di atas nilai rata-rata. Nilai standar deviasi sebesar 1,0681 menunjukkan adanya variasi kadar Hb antar responden. Interval kepercayaan 95% (95% Confidence Interval/CI) untuk nilai rata-rata

kadar Hb berada pada kisaran 9,167 hingga 10,04 gr/dL.

Hasil Deteksi Gen Hemoglobin E (HbE) Metode Elektroforesis Gel

Deteksi gen Hemoglobin E (HbE) pada pasien anemia dilakukan dengan elektroforesis gel agarosa untuk melihat pita DNA hasil PCR yang menunjukkan mutasi genetik. Gambar berikut menampilkan hasil dari 25 sampel yang telah melalui isolasi DNA dan PCR.



Gambar 1. Hasil Deteksi Gen Hemoglobin E (HbE) Metode Elektroforesis pada Pasien Anemia di Rumah Sakit Santa Elisabeth Medan

Gambar 1 menunjukkan hasil elektroforesis DNA dari 25 sampel dan marker DNA pada gel agarosa terlihat kurang jelas, sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan interpretasi secara akurat terhadap kemungkinan adanya mutasi gen HbE. Ketidakjelasan pita pada sumur

kemungkinan disebabkan karena ketidakstabilan suhu (2°C - 8°C) pada saat pengiriman sampel dari rumah sakit menuju laboratorium biomolekuler, dan keahlian peneliti memipet sampel pada gel agarosa yang kurang tepat.

PEMBAHASAN

Kadar Hb

Dari temuan penelitian yang dilaksanakan di Rumah Sakit Santa Elisabeth Medan, hasil analisis menunjukkan adanya variasi kadar Hb. Kadar Hb pada responden pria berada dalam rentang 7,8-11,7 gr/dL. Sementara pada wanita berkisar antara 8,3-11,3 gr/dL. Kondisi ini menunjukkan bahwa pasien mengalami penurunan jumlah hemoglobin dalam darah, yang merupakan indikator utama terjadinya anemia.

Penurunan kadar hemoglobin dapat disebabkan oleh beragam penyebab seperti defisiensi zat besi, pendarahan secara kronis, gangguan produksi sel darah merah di sumsum tulang, atau adanya penyakit kronis yang mendasari. Defisiensi zat besi menjadi penyebab yang paling umum, terutama pada kelompok usia produktif dan wanita, karena kebutuhan zat besi yang meningkat dan kurangnya asupan gizi yang seimbang. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nugraha & Yasa., (2022) yang menyatakan bahwa kekurangan

zat besi merupakan penyebab utama anemia remaja putri. Selain itu, faktor kehilangan darah kronis, seperti menstruasi berat atau gangguan pencernaan, juga menjadi pemicu anemia, sebagaimana disebutkan dalam studi oleh Nasruddin et al., (2021).

Keberadaan gen HbE

Secara genetik, mutasi HbE terjadi akibat substitusi satu basa nitrogen pada gen β -globin, yaitu pergantian nukleotida GAG menjadi AAG pada kodon ke 26, yang mengakibatkan perubahan asam amino dari glutamat (Glu) menjadi lisin (Lys). Jika dilihat pada urutan DNA, mutasi ini secara teoritis terletak sekitar bp ke-79 hingga 81 dari awal sekuens β -globin coding region (karena kodon ke-1 dimulai dari bp 1-3, maka kodon ke-26 berada pada posisi bp ke-76-78).

Pada kondisi normal (HbAA), pita tunggal akan tampak di posisi fragmen DNA normal, sedangkan pada individu heterozigot HbAE, akan muncul dua pita; satu mewakili alel normal dan satu lagi pita pada posisi mutasi. Sementara pada HbEE (Homozigot mutasi), hanya pita mutasi yang terlihat. Penjelasan ini didukung oleh Fucharoen & Winichagoon, (2021) yang menjelaskan bahwa HbE merupakan hemoglobin E varian paling umum di Asia Tenggara, dengan mutasi tunggal pada posisi 26 dari rantai β -globin, serta oleh Moiz et al., (2022) yang memvalidasi posisi mutasi ini melalui pendekatan sequencing dan elektroforesis berbasis PCR.

Namun, dalam hasil elektroforesis yang diperoleh pada penelitian ini, pita terlihat kurang jelas dan samar. Hasil ini menyulitkan dalam memastikan secara visual kemungkinan keberadaan mutasi. Ketidakjelasan pita ini kemungkinan besar disebabkan oleh faktor teknis saat

running elektroforesis, seperti tegangan terlalu tinggi dapat menyebabkan pemanasan berlebih (Joule heating), sementara tegangan terlalu rendah menyebabkan migrasi lambat dan pita menjadi menyebar, buffer yang sudah digunakan berulang kali atau tidak diganti dapat menyebabkan migrasi tidak konsisten dan penurunan resolusi. Selain itu, ketebalan gel dan desain sumur turut memengaruhi distribusi arus listrik dan difusi pita, hingga teknik pipetting yang tidak akurat. Faktor-faktor di atas seturut dengan temuan oleh Semenov et al., (2023), yang memperjelas bahwa ketidakpastian hasil elektroforesis tidak hanya disebabkan oleh kesalahan pengambilan sampel, tetapi juga oleh kondisi operasional alat seperti tegangan, buffer, serta teknik pipetting.

Hasil elektroforesis yang dilakukan terhadap sampel pasien anemia menunjukkan adanya pita DNA, namun kualitas pita tersebut tampak samar dan tidak jelas. Kondisi ini menyebabkan tidak dapat dipastikan secara akurat apakah terdapat mutasi pada gen HbE, sehingga sulit untuk dianalisis secara objektif. Keberhasilan proses elektroforesis dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti pengiriman sampel, pipetting, ukuran molekul DNA, konsentrasi agarosa dalam gel, komposisi buffer elektroforesis (L. D. Anggreni, Dewi, Dewi, & Mahardika, 2022).

Distribusi sampel dan waktu tempuh yang lama tanpa kendali suhu yang memadai selama pengambilan darah vena dan sebelum proses PCR dan elektroforesis berpotensi menurunkan kualitas DNA. Selaras dengan penelitian Bitskinashvili et al., (2023) menunjukkan bahwa paparan suhu tinggi akan mempercepat oksidasi DNA. Akibatnya, hasil elektroforesis akan

menampilkan pita yang samar, kabur, atau bahkan tidak tampak sama sekali, sehingga analisis mutasi gen seperti HbE menjadi tidak akurat dan tidak dapat dikonfirmasi secara valid.

Ketidakkakuratan hasil elektroforesis yang menghasilkan pita samar dalam penelitian ini juga kemungkinan besar disebabkan oleh variasi dalam teknik pipeting mulai dari sudut pengambilan, kecepatan aspirasi/dispensing, yang mengakibatkan volume sampel tidak termuat dengan konsisten ke dalam gel. Sejalan dengan penelitian Bobryk & Goossen, (2021) udara di sumur atau pipet yang menusuk dasar gel juga dapat menyebabkan kebocoran atau migrasi sampel yang salah, menghasilkan pita yang kabur atau tidak tajam.

KESIMPULAN

Seluruh Hasil pengecekan kadar Hb yang melibatkan 25 sampel pada pasien anemia melalui pemeriksaan kadar hemoglobin, dan hasil diperoleh sampel benar mengalami anemia yang ditandai dengan kadar Hb berada di bawah normal berkisar antar 7,8 sampai 11,7 gr/dL Hasil elektroforesis yang dilakukan pada sampel pasien anemia menunjukkan adanya pita DNA pada gel agarose. Namun kualitas pita yang terbentuk terlihat samar dan tidak jelas, sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan interpretasi secara akurat terhadap kemungkinan adanya mutasi pada gen HbE.

SARAN

Untuk peneliti selanjutnya supaya lebih memperhatikan pengiriman sampel dalam setiap tahapan penelitian, khususnya yang melibatkan analisis DNA. Kondisi transportasi, seperti durasi pengiriman, suhu penyimpanan, dan

media pelindung yang digunakan, harus direncanakan secara matang agar tidak terjadi degradasi pada materi genetik yang dapat memengaruhi kualitas hasil analisis. Dan disarankan mahasiswa supaya lebih menguasai teknik isolasi maupun ekstraksi DNA.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggreni, L. D., Dewi, N. M. R. K., Dewi, N. P. S., & Mahardika, I. G. N. K. (2022). Efficiency of Using Taq Polymerase Enzyme in Polymerase Chain Reaction Testing. *Jurnal Harian Regional*, 15(5), 772-779.
- Arishi, W. A., Al-hadrami, H. A., & Zourob, M. (2021). Techniques for the detection of sickle cell disease: A review. *Micromachines*, 12(5), 1-22.
- Baird, D. C., Batten, S. H., & Sparks, S. K. (2023). Alpha-and Beta-Thalassemia: Rapid Evidence Review. *American Family Physician*, 108(1), 78-83.
- Bee, R., Srivastav, A. K., & Abdul, A. P. J. (2021). Evaluation of Beta Thalassemia in Young Population with Microcytic Hypochromic Anaemia. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 8455-8463.
- Bitskinashvili, K., Gabriadze, I., Kutateladze, T., Vishnepolsky, B., Mikeladze, D., & Datukishvili, N. (2023). Influence of heat processing on DNA degradation and PCR-based detection of wild-type and transgenic maize. *Journal of Food Quality*, 2019.
- Bobryk, S., & Goossen, L. (2021). Variation in pipetting may lead to the decreased detection of antibodies in manual gel testing. *Clin Lab Sci*, 24(3), 161-166.
- Chaparro, C. M., & Suchdev, P. S.

- (2019). Anemia Epidemiology, Pathophysiology, and Etiology in Low-and Middle-Income Countries. *Physiology & Behavior*, 176(3), 139-148.
- Falah, M. H., Setyawati, T., Walanda, R. M., & Putrie, I. R. (2024). Hubungan Kadar Kreatinin Dengan Hemoglobin Pada Pasien Gagal Ginjal Kronik (GGK) di RSUD Undata Provinsi Sulawesi Tengah Tahun 2022. *Jurnal Ilmiah Kedokteran*, 9(1), 40-46.
- Fucharoen, S., & Winichagoon, P. (2021). Haemoglobinopathies in Southeast Asia. *Indian J Med Res*, 134, 498-506.
- Natasha, L. N., & Suparti, S. (2024). Hubungan Jenis Kelamin, Status Gizi Dan Keadaan Konjungtiva Dengan Kejadian Anemia Pada Remaja Sekolah. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Keperawatan*, 20(1), 1.
- Nugraha, P. A., & Yasa, A. A. G. W. P. (2022). Anemia Defisiensi Besi: Diagnosis Dan Tatalaksana. *Ganesha Medicine*, 2(1), 49-56.
- Puspitaningrum, R. (2018). *Genetika Molekuler dan Aplikasinya*. 1st edn. Yogyakarta: Deepublish.
- Rahman, R. A., & Fajar, N. A. (2024). Analisis Faktor Risiko Kejadian Anemia pada Remaja Putri: Literatur Review. *Jurnal Kesehatan Komunitas (Journal of Community Health)*, 10(1), 133-140.
- Rujito, L. (2019). *Talasemia Genetik Dasar dan Pengelolaan Terkini*. (W. Siswandari, Ed.), Universitas Jendral Soedirman. Purwokerto: Unsoed Press.
- Safiri, S., Kolahi, A. A., Noori, M., Nejadghaderi, S. A., Karamzad, N., Bragazzi, N. L., ... Grieger, J. A. (2021). Burden of anemia and its underlying causes in 204 countries and territories, 1990-2019: results from the Global Burden of Disease Study 2019. *Journal of Hematology and Oncology*, 14(1), 1-16.
- Sagar, S., Gadkari, P., Bhake, A., Hiwale, K., Naseri, S., & Khan, S. (2024). Assessing and Evaluating HbS Concentration in Asymptomatic Sick Cell Patients and Patients With Sick Cell Crisis Through High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) in a Tertiary Hospital in Central India. *Cureus*, 16(7).
- Semenov, K., Taraskin, A., Yurchenko, A., Baranovskaya, I., Purvinsh, L., Gyulikhandanova, N., & Vasin, A. (2023). Uncertainty Estimation for Quantitative Agarose Gel Electrophoresis of Nucleic Acids. *Sensors*, 23(4), 1-17.
- Turgeon, M. L. (2018). *Clinical Hematology Theory and Practice*. (J. Larkin, Ed.), Wolters Kluwer (Sixth). Philadelphia.
- WHO. (2023). *Accelerating Anaemia Reduction: a Comprehensive Framework for Action*. Geneva: CC By-NC-SA 3.0 IGO.
- WHO. (2024). *Guideline on haemoglobin cutoffs to define anaemia in individuals and populations*. Sustainability (Switzerland).
- Žoldáková, M., Novotn, M., Khakurel, K. P., & Žoldák, G. (2025). Hemoglobin Variants as Targets for Stabilizing Drugs. *Molecules*, 34.