



Perbedaan Antigen pada Golongan Darah Bombay dan Parabombay: Tinjauan Sistematis

Cityta Putri Kwartarita^{1*}, Maifa Tri Wulandari²

¹⁻²Teknologi Bank Darah, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Dr. Soetomo, Indonesia

Alamat: Jl. Semolowaru no.84, Surabaya 60283

Korespondensi penulis: cityta@unitomo.ac.id*

Abstract. *Background: Bombay and Para-Bombay blood groups are rare blood types characterised by the absence of H antigen on the surface of red blood cells. This condition has a significant impact on diagnosis and blood transfusion, as individuals with these blood types can only receive donors with the same blood type. Methods: This study conducted a literature review by searching articles in databases such as PubMed, Google Scholar, and SciELO. The selected articles included the last five years of original research on Bombay and Para-Bombay blood groups, antigenic differences, as well as their clinical implications. Results: Bombay blood group lacks FUT1 enzyme activity, hence H, A and B antigens are not formed. In contrast, the Para-Bombay blood group has very low FUT1 activity, producing few A or B antigens. The Bombay phenotype is often mistaken for blood group O, despite having anti-H antibodies, which can trigger acute haemolytic transfusion reactions. Specialised testing, such as anti-H lectin, is important to ensure blood compatibility. Further research on FUT1 gene variations may deepen molecular understanding and support clinical management of patients. Conclusion: Bombay and Para-Bombay blood groups require special attention in diagnosis and transfusion. Better antigenic understanding and appropriate diagnostic techniques may prevent fatal complications and improve transfusion therapy.*

Keywords: *Bombay blood group, Para-Bombay blood group, H antigen, Blood transfusion*

Abstrak. Latar Belakang: Golongan darah Bombay dan Para-Bombay adalah jenis darah langka dengan karakteristik tidak adanya antigen H pada permukaan sel darah merah. Kondisi ini berdampak signifikan pada diagnosis dan transfusi darah, karena individu dengan golongan darah ini hanya dapat menerima donor dengan golongan darah yang sama. Metode: Studi ini melakukan tinjauan literatur dengan pencarian artikel di database seperti PubMed, Google Scholar, dan SciELO. Artikel yang dipilih mencakup penelitian asli lima tahun terakhir tentang golongan darah Bombay dan Para-Bombay, perbedaan antigenik, serta implikasi klinisnya. Hasil: Golongan darah Bombay tidak memiliki aktivitas enzim FUT1, sehingga antigen H, A, dan B tidak terbentuk. Sebaliknya, golongan darah Para-Bombay memiliki aktivitas FUT1 yang sangat rendah, menghasilkan sedikit antigen A atau B. Fenotipe Bombay sering keliru dianggap sebagai golongan darah O, meski memiliki antibodi anti-H, yang dapat memicu reaksi transfusi hemolitik akut. Pengujian khusus, seperti lektin anti-H, penting untuk memastikan kompatibilitas darah. Penelitian lebih lanjut tentang variasi gen FUT1 dapat memperdalam pemahaman molekuler dan mendukung pengelolaan klinis pasien. Kesimpulan: Golongan darah Bombay dan Para-Bombay memerlukan perhatian khusus dalam diagnosis dan transfusi. Pemahaman antigenik yang lebih baik dan teknik diagnostik yang tepat dapat mencegah komplikasi fatal dan meningkatkan terapi transfusi.

Kata kunci: Golongan darah Bombay, Golongan darah Para-Bombay, Antigen H, Transfusi darah

1. LATAR BELAKANG

Darah merupakan elemen vital bagi kelangsungan hidup manusia, dengan fungsi utamanya sebagai media transportasi oksigen, nutrisi, dan produk metabolik dalam tubuh. Dengan peran utamanya sebagai media transportasi oksigen, nutrisi, dan produk metabolik tubuh, darah merupakan komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia. Darah, sebagai jaringan ikat cair, sangat penting untuk menjaga homeostasis. Namun, komponen darah tidak

tersedia secara luas, dan proses penyimpanannya membutuhkan perawatan khusus. Hal ini membuat komponen darah mahal dan seringkali sulit diperoleh. Selain itu, kesalahan dalam mencocokkan golongan darah dapat menyebabkan komplikasi serius, seperti reaksi transfusi hemolitik, yang sangat jarang terjadi tetapi berbahaya (Samarpita Pramanik, 2019).

Keberadaan antigen tertentu pada permukaan sel darah merah menentukan golongan darah. International Society for Blood Transfusion sejauh ini telah mengakui 36 substansi golongan darah. Sistem penggolongan darah yang paling dikenal adalah sistem ABO dan Rhesus (Rh), yang sangat penting untuk memastikan bahwa transfusi darah sesuai satu sama lain (Jajosky et al., 2023). Namun, beberapa golongan darah yang sangat langka, seperti Bombay dan Para-Bombay, memiliki karakteristik dan masalah medis yang unik. Karena kedua golongan darah ini jarang ditemukan dan seringkali tidak ditemukan saat pengujian rutin, diagnosis salah sebagai golongan darah O dapat terjadi, yang dapat menyebabkan masalah transfusi yang serius. Karena orang dengan golongan darah Bombay dan Para-Bombay memiliki antibodi yang kuat terhadap antigen H, mereka hanya dapat menerima darah dari orang dengan golongan darah yang sama (Bhagavathi et al., 2021; Nasir et al., 2024; Rattanapan et al., 2023).

Studi lebih lanjut tentang golongan darah Bombay dan Para-Bombay diperlukan mengingat signifikansinya dalam transfusi darah dan prevalensinya yang sangat rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan pemahaman kita tentang karakteristik antigenik kedua golongan darah langka tersebut, perbedaan antara mereka, dan konsekuensi klinisnya. Diharapkan pengetahuan yang mendalam tentang hal ini akan membantu mendeteksi dan mengelola transfusi darah pada pasien dengan golongan darah langka.

2. METODE PENELITIAN

Sejumlah langkah sistematis akan dilakukan untuk melaksanakan tinjauan menyeluruh ini. Pertama, akan dilakukan pencarian literatur menyeluruh melalui berbagai database ilmiah, seperti PubMed, Google Scholar, dan SciELO. Untuk menemukan artikel ilmiah yang relevan, kata kunci seperti "golongan darah Bombay", "golongan darah Parabombay", "antigen", dan kombinasi kata kunci lainnya akan digunakan. Sebuah artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris atau Indonesia dan diterbitkan dalam jurnal bereputasi internasional dan nasional akan menjadi kriteria pencarian.

Kriteria inklusi akan digunakan untuk menilai artikel yang dikumpulkan. Kriteria berikut harus dipenuhi: artikel harus merupakan penelitian asli yang secara khusus membahas

golongan darah Bombay dan Parabombay, menyajikan data empiris mengenai perbedaan antigen antara kedua golongan darah, dan diterbitkan dalam waktu lima tahun terakhir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Pembentukan Antigen Golongan Darah

Proses enzimatik yang melibatkan enzim fucosyltransferase (FUT1) menyebabkan pembentukan antigen golongan darah, terutama dalam sistem ABO. Enzim ini menambahkan residu gula fucose ke rantai oligosakarida pada permukaan sel darah merah, yang membentuk antigen H sebagai prekursor utama untuk antigen A dan B. Fungsi antigen ini penting dalam transfusi darah dan transplantasi organ karena menentukan kompatibilitas imunologis. Dalam sistem golongan darah ABO, ada empat kategori utama: A, B, AB, dan O. Individu dengan golongan darah A memiliki antigen A dan H pada permukaan sel darah merah dan antibodi anti-B dalam serum. Individu dengan golongan darah B memiliki antigen B dan H serta antibodi anti-A. Golongan darah AB hanya memiliki antigen H dengan antibodi anti-A dan anti-B, tetapi golongan darah Bombay memiliki antigen H dan antibodi anti-B (Anso et al., 2023).

Proses pembentukan antigen A dan B dimulai dengan antigen H yang diubah oleh glikosiltransferase tertentu. Alel A menghasilkan enzim yang menambahkan residu N-asetilgalaktosamin ke antigen H, membentuk antigen A, dan alel B menambahkan residu galaktosa untuk membentuk antigen B. Alel O tidak menghasilkan enzim aktif, jadi hanya antigen H yang ada pada golongan darah O. Golongan darah Bombay pertama kali ditemukan di Mumbai, India, pada tahun 1952. Itu disebabkan oleh mutasi genetik yang menyebabkan gen FUT1 dan FUT2 tidak aktif. Akibat mutasi ini, tidak ada antigen H pada permukaan sel darah merah dan dalam sekresi tubuh, seperti air liur. Sebaliknya, golongan darah Para-Bombay memiliki antigen H pada permukaan sel darah merah, tetapi masih ada antigen H, A, atau B dalam sekresi. Dalam kasus orang dengan fenotipe Bombay dan Para-Bombay, transfusi darah sangat sulit karena tidak ada antigen H dan antibodi anti-H alami. Transfusi darah ABO yang tidak kompatibel dapat menyebabkan reaksi hemolitik akut dan komplikasi serius lainnya. Akibatnya, hanya orang dengan golongan darah ini yang dapat menerima transfusi darah dari donor yang memiliki golongan darah yang sama (Islam Shaheen et al., 2024). Fenomena ini menunjukkan bahwa deteksi dini dan pengelolaan yang hati-hati sangat penting untuk mencegah komplikasi klinis yang dapat fatal.

Golongan Darah Bombay

Salah satu fenotipe darah yang sangat langka, golongan darah Bombay tidak memiliki antigen H pada permukaan sel darah merah. Ini karena tidak berfungsinya enzim $\alpha(1,2)$ -fucosyltransferase (FUT1), yang bertanggung jawab untuk membuat antigen H, yang merupakan prekursor penting untuk pembentukan antigen A dan B. Fenotipe ini pertama kali ditemukan di Bombay, India (sekarang Mumbai), pada tahun 1952 oleh Bhende et al. Studi awal menunjukkan bahwa serum individu dengan fenotipe Bombay mengandung antibodi anti-A, anti-B, dan anti-H, yang dapat mengaglutinasi semua golongan darah dalam sistem ABO (Islam Shaheen et al., 2024). Seringkali, fenotipe Bombay keliru dianggap sebagai golongan darah O karena tidak adanya antigen A dan B. Namun, perbedaan yang sangat penting adalah bahwa individu Bombay tidak memiliki antigen H. Fenotipe Bombay sangat sedikit di India, dengan sekitar 1 dari 10.000 dan jauh lebih jarang di negara lain, seperti Eropa, dengan sekitar 1 dari 1.000.000. Namun, beberapa wilayah di India, seperti Orissa, dan komunitas Bhuyan, memiliki prevalensi yang lebih tinggi. Dianggap ada kontribusi untuk prevalensi fenotipe ini, seperti perkawinan sedarah (Lin et al., 2023).

Fenotipe Bombay dihasilkan dari mutasi resesif homozigot pada gen FUT1 (h/h) dan FUT2. Tidak adanya produk protein fungsional dari kedua gen ini menyebabkan ketiadaan antigen H baik pada sel darah merah maupun sekresi tubuh, seperti saliva. Sebaliknya, fenotipe para-Bombay menghasilkan ekspresi antigen H yang rendah karena aktivitas enzim FUT2 atau mutasi lemah pada gen FUT1. Salah satu kendala utama bagi individu dengan fenotipe Bombay dalam praktik klinis adalah kesulitan mendapatkan donor darah yang cocok. Transfusi darah hanya dapat diberikan kepada orang dengan fenotipe Bombay karena mereka memiliki antibodi anti-H yang bersifat alami. Transfusi darah dengan golongan darah lain dapat menyebabkan reaksi transfusi hemolitik akut yang berpotensi fatal (Soejima & Koda, 2023). Penelitian lebih lanjut menemukan bahwa, meskipun antigen H memainkan peran penting sebagai prekursor antigen A dan B, fungsinya di luar sistem ABO masih belum sepenuhnya dipahami. Penemuan ini mendorong perlunya penelitian tambahan untuk memahami signifikansi biologis antigen ini dalam tubuh manusia.

Golongan Darah Parabombay

Fenotipe Para-Bombay adalah varian golongan darah yang sangat langka dan memiliki karakteristik unik, terutama dalam konteks antigen H, yang berfungsi sebagai prekursor antigen A dan B pada sistem golongan darah ABO. Fenotipe ini ditandai dengan tidak adanya atau

sangat sedikitnya ekspresi antigen H pada permukaan sel darah merah, meskipun antigen H dapat ditemukan dalam sekresi tubuh berkat aktivitas gen sekretori (FUT2). Mutasi pada gen FUT1, yang bertanggung jawab untuk produksi enzim fucosyltransferase yang membentuk antigen H tipe 2 pada eritrosit, menjadi penyebab utama fenotipe ini. Selain itu, individu dengan fenotipe Para-Bombay sering memiliki antibodi anti-H dalam serum mereka, yang dapat memicu reaksi hemolitik akut jika mereka menerima transfusi darah dari donor dengan sel darah merah yang mengandung antigen H (Rattanapan et al., 2023).

Berbeda dengan fenotipe Bombay, individu Para-Bombay mungkin memiliki ekspresi lemah antigen A atau B pada permukaan sel darah merah mereka, yang diperoleh melalui adsorpsi dari plasma, tergantung pada genotipe ABO mereka. Hal ini dapat menimbulkan hasil yang tidak konsisten dalam penggolongan darah maju dan balik, sehingga memerlukan pengujian serologis dan molekuler yang lebih mendalam untuk memastikan akurasi penentuan golongan darah. Di sisi lain, jika mutasi gen FUT2 juga terjadi, antigen H dalam sekresi tubuh dapat berkurang atau hilang sepenuhnya. Kondisi ini membuat individu Para-Bombay memerlukan darah H-negatif untuk transfusi guna menghindari komplikasi serius (Sharma et al., 2021).

Identifikasi fenotipe Para-Bombay seringkali menjadi tantangan karena kelangkaannya dan kebutuhan akan teknik diagnostik lanjutan, seperti analisis serologis dan molekuler. Di sisi klinis, perhatian khusus diperlukan untuk memastikan kompatibilitas transfusi, mengingat individu dengan fenotipe ini berisiko tinggi terhadap reaksi imunologis. Dengan lebih dari 40 mutasi yang telah diidentifikasi pada gen FUT1, pemahaman mendalam tentang mekanisme molekuler fenotipe Para-Bombay dapat memberikan landasan penting untuk pengelolaan terapi transfusi yang aman dan efektif, terutama dalam kasus di mana fenotipe ini diidentifikasi melalui pemeriksaan keluarga atau analisis mendalam pasien dengan riwayat transfusi bermasalah (Bhagavathi et al., 2021).

Tabel. 1. Perbedaan Antigen pada Golongan Darah Bombay dan Parabombay

Fitur	Golongan Darah Bombay	Golongan Darah Parabombay
Aktivitas enzim FUT1	Tidak ada	Sangat rendah atau tidak terdeteksi
Antigen H	Tidak ada	Sangat sedikit atau tidak ada
Antigen A dan B	Tidak ada	Mungkin ada dalam jumlah yang sangat sedikit dan bentuk yang abnormal
Fenotip	hh	hh atau hH (dengan aktivitas FUT1 yang sangat rendah)

Implikasi Klinis

Dalam hal transfusi darah, perbedaan antigen golongan darah Bombay dan Para-Bombay memiliki konsekuensi klinis yang signifikan. Orang dengan golongan darah Bombay atau Para-Bombay hanya dapat menerima darah dari donor dengan golongan darah yang sama karena adanya risiko tinggi reaksi transfusi hemolitik akut jika darah yang mereka terima mengandung antigen yang tidak cocok. Karena tidak memiliki antigen A dan B, golongan darah Bombay sering disalahartikan sebagai golongan darah O. Namun, perbedaannya terletak pada antigen H. Orang dengan fenotipe Bombay tidak memiliki antigen H tetapi memiliki antigen H, sehingga mereka tidak mengembangkan antibodi anti-H. Orang dengan golongan darah O, di sisi lain, tidak memiliki antigen A dan B tetapi memiliki antigen H, sehingga mereka tidak mengembangkan antibodi anti-H secara alami. Antibodi ini dapat menyebabkan hemolisis intravaskular yang signifikan secara klinis, yang dapat menyebabkan DIC atau gagal ginjal akut, yang merupakan komplikasi fatal (Nasir et al., 2024).

Meskipun langka, fenotipe Para-Bombay memiliki karakteristik antigenik yang sedikit berbeda. Pengujian serologi khusus untuk membedakan golongan darah Bombay dan Para-Bombay dari golongan darah ABO lainnya seringkali sulit, meskipun individu dengan fenotipe ini mungkin menunjukkan ekspresi antigen A atau B yang lemah, tergantung pada genotipe ABO mereka. Mengingat efek klinisnya, petugas laboratorium harus tahu tentang golongan darah langka ini untuk melakukan pengujian yang akurat dan memberikan transfusi yang aman. Karena kurangnya golongan darah Bombay dan Para-Bombay, sangat sulit untuk menemukan donor darah yang sesuai, terutama dalam keadaan darurat medis. Untuk menghindari komplikasi yang signifikan selama terapi transfusi, penting untuk mengidentifikasi dan memahami golongan darah ini sejak dini (Sargi et al., 2020).

4. KESIMPULAN

Golongan darah Bombay dan Para-Bombay adalah jenis darah langka yang ditandai dengan tidak adanya antigen H pada permukaan sel darah merah. Meskipun keduanya serupa, golongan darah Para-Bombay memiliki aktivitas enzim FUT1 yang memungkinkan terbentuknya sedikit antigen A atau B, berbeda dengan golongan darah Bombay yang sama sekali kekurangan antigen tersebut. Perbedaan ini berdampak signifikan dalam diagnosis dan transfusi darah, sehingga pengujian khusus, seperti lektin anti-H, sangat penting untuk mencegah komplikasi serius seperti reaksi transfusi hemolitik. Penelitian lebih lanjut mengenai

variasi genetik gen FUT1 dapat meningkatkan pemahaman molekuler dan mendukung pengelolaan klinis pasien dengan golongan darah langka ini.

DAFTAR REFERENSI

- Anso, I., Naegeli, A., Cifuentes, J. O., Orrantia, A., Andersson, E., Zenarruzabeitia, O., Moraleda-Montoya, A., García-Alija, M., Corzana, F., Del Orbe, R. A., Borrego, F., Trastoy, B., Sjögren, J., & Guerin, M. E. (2023). Turning universal O into rare Bombay type blood. *Nature Communications*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37324-z>
- Bhagavathi, M. S., Das, N., Prakash, S., Sahu, A., Routray, S., & Mukherjee, S. (2021). Blood group discrepancy in Ah para-Bombay phenotype: A rare blood group variant and its clinical significance. *Immunohematology*, 37(4), 160–164. <https://doi.org/10.21307/immunohematology-2021-026>
- Islam Shaheen, S. S., Khatun, A., Rahman, A., Sonia, F. A., & Fedous, J. (2024). Prevalence of Bombay phenotype among Bangladeshi ‘O’ blood group population. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 12(3), 699–703. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20240509>
- Jajosky, R. P., Wu, S.-C., Zheng, L., Jajosky, A. N., Jajosky, P. G., Josephson, C. D., Hollenhorst, M. A., Sackstein, R., Cummings, R. D., Arthur, C. M., & Stowell, S. R. (2023). iScience ABO blood group antigens and differential glycan expression: Perspective on the evolution of common human enzyme deficiencies. *iScience*, 26, 105798. <https://doi.org/10.1016/j.isci>
- Lin, Y., Chen, R., & Hu, X. (2023). ABO discrepancy due to the para-Bombay phenotype: A case report. *Journal of Men’s Health*, 19(11), 116–119. <https://doi.org/10.22514/jomh.2023.123>
- Nasir, A., Minhas, A., Imran, A., Chughtai, O., & Chughtai, A. S. (2024). Bombay blood group: Case series. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.59620>
- Pramanik, S. (2019). Bombay blood group: A distinct descent. *International Journal of Health Sciences & Research*, 9(1). www.ijhsr.org
- Rattanapan, Y., Charong, N., Narketch, S., & Chareonsirisuthigul, T. (2023). Genotyping of the rare para-Bombay blood group in southern Thailand. *Hematology, Transfusion and Cell Therapy*, 45(4), 449–455. <https://doi.org/10.1016/j.htct.2022.08.004>
- Sargi, J., Kalaji, W., Adarkwah, O., Parhar, G., Zaman, K., Saha, U., Vasudevan, V., & Gerolemou, L. N. (2020). Detection of rare blood group type in a critically ill patient with septic shock. *Am J Respir Crit Care Med*, 201. www.atsjournals.org
- Sharma, D. C., Rai, S., Singhal, S., Gupta, P., & Sharma, S. (2021). Para-Bombay B phenotype: A rare ABH blood group variant at a tertiary care hospital, Gwalior, India. *Journal of Research in Clinical Medicine*, 9. <https://doi.org/10.34172/jrcm.2021.021>
- Soejima, M., & Koda, Y. (2023). FUT1 variants responsible for Bombay or para-Bombay phenotypes in a database. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44731-1>