

RESEARCH ARTICLE

Prevalence of Red-Green Color Blindness In High School Students In Malang City

(Prevalensi Buta Warna Merah-Hijau Pada Siswa Sekolah Menengah Atas (SMA) di Kota Malang)

Rike Oktarianti^{*)}, Yessi Sylvia Putri, Susantin Fajariyah
*Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121, Indonesia*

ABSTRACT

Color blindness is a visual impairment caused by the cone cells of the eye not being able to perceive a certain color spectrum. Color blindness is an X chromosome-linked genetic disorder that has a cross-inheritance pattern (Criss-Cross Inheritance). One type of partial color blindness is red-green color blindness. Red-green color blindness is divided into deutan and protan. The purpose of this study was to determine the prevalence of red-green color blindness in high school students in Malang City. This research was conducted in five high schools in Malang City and total sample was 254 students. The red-green color blindness detection was done using Ishihara's 24 plate book. The analysis was conducted to determine the prevalence of red-green color blindness, allele frequencies of color blindness and patterns of inheritance of color blindness. The results of the study showed that the prevalence of red-green color blindness among students in Malang was 3.54%, with all male patients having a prevalence of 7.89%. Specifically, 1.18% of students were identified as having protan color blindness, while 2.36% had deutan color blindness. The allele frequency for red-green color blindness is 0.0263, while the frequency of the normal allele is 0.9737. Analysis of the pedigree diagram in families with color blindness show proband inherited the color blindness gene from a carrier mother, following a criss-cross inheritance pattern.

Buta warna merupakan ketidakmampuan penglihatan yang disebabkan sel kerucut mata tidak atau kurang mampu menangkap spektrum warna tertentu. Ketidakmampuan ini diwariskan secara genetik orang tua ke anak. Gen pembawa buta warna terpaut oleh kromosom X-resesif (*X-linked recessive*) yang memiliki pola pewarisan bersilang (*Criss-Cross Inheritance*). Salah satu jenis buta warna parsial ialah buta warna merah-hijau. Buta warna merah-hijau dibedakan menjadi protan dan deutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai prevalensi buta warna merah hijau siswa di SMA Kota Malang. Penelitian ini dilakukan di lima sekolah SMAN di Kota Malang dan pengambilan sampel sebanyak 254 siswa. Deteksi buta warna merah hijau pada siswa menggunakan buku Ishihara 24 plate. Analisis dilakukan untuk mengetahui prevalensi buta warna merah-hijau, frekuensi alel, serta pola pewarisan buta warna. Hasil penelitian menunjukkan prevalensi buta warna merah hijau siswa SMA di Kota Malang sebesar 3.54% dengan keseluruhan penderita berjenis kelamin laki-laki dimana prevalensinya sebesar 7.89%. Penderita buta warna protan (merah) sebesar 1.18% dan buta warna deutan (hijau) sebesar 2.36%. Frekuensi alel buta warna merah hijau sebesar 0.0263 dan alel normalnya sebesar 0.9737. Hasil analisis diagram silsilah pada keluarga penderita buta warna menunjukkan bahwa gen buta warna merah hijau pada penderita laki-laki diwariskan dari ibu yang carrier dengan pola pewarisan bersilang (*Criss-Cross Inheritance*).

Keywords: Red-green color blindness, Prevalence, High school, Malang city.

^{*)}Corresponding author:
Rike Oktarianti
E-mail: rike.fmipa@unej.ac.id

PENDAHULUAN

Buta warna merupakan ketidakmampuan penglihatan yang diakibatkan sel kerucut mata tidak atau kurang mampu menangkap spektrum warna tertentu yang mengakibatkan benda atau lingkungan sekitar yang dilihat menjadi warna lain dimana warna

tersebut tidak seharusnya terproyeksi oleh mata [1]. Buta warna dapat dibagi menjadi dua jenis yakni buta warna total dan parsial. Penderita buta warna total hanya memiliki penglihatan warna hitam, abu-abu serta putih saja. Penderita buta warna parsial sulit membedakan penglihatan warna hijau, merah, maupun biru [2]. Salah satu jenis buta warna parsial

ialah buta warna merah-hijau [3]. Buta warna merah-hijau dibedakan menjadi protan (merah) dan deutan (hijau). Buta warna protan tidak mampu menangkap warna merah akibat rusaknya sensitivitas sel kerucut L (*long-wavelength-sensitive*). Sedangkan penderita deutan mengalami kerusakan pada sensitivitas sel kerucut M (*middle-wavelength-sensitive*) yang mengakibatkan penderita kurang mampu menangkap warna hijau [4]. Prevalensi adalah persentase masyarakat yang memiliki kelainan maupun penyakit dalam waktu tertentu serta pada populasi tertentu [5]. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan prevalensi buta warna merah hijau bervariasi tergantung suku dan ras, di Nepal sebanyak 3,9% [6], Tibet sebanyak 4,21% [7], Singapura sebesar 5,5% [8], Ras Kaukasia Eropa mempunyai prevalensi sebesar 8%, China sebesar 4%, dan ras Jepang sebesar 6,5% [9].

Gen penyebab buta warna merah hijau adalah gen resesif *c* (*color blind*) terpaut pada kromosom X (*X-linked recessive*) dengan pola pewarisan bersilang (*Criss-Cross Inheritance*) [10]. Laki-laki memiliki kemungkinan lebih besar untuk menderita buta warna merah hijau dibandingkan dengan perempuan dikarenakan pria hanya mempunyai satu buah kromosom X. Ketika kromosom X laki-laki memiliki gen buta warna, laki-laki tersebut akan memiliki kelainan buta warna. Sedangkan pada perempuan mempunyai 2 kromosom X, jika hanya ada satu buah kromosom X saja yang membawa gen tersebut, perempuan disebut *carrier* atau pembawa [11].

Buta warna membuat seseorang tidak mampu mengerjakan pekerjaan yang mengandalkan kemampuan mata dalam membedakan warna, contohnya konveksi, pabrik cat, pengawas lalu lintas dan kapten kapal. Kelainan penglihatan pada warna merah-hijau dapat dievaluasi secara kualitatif menggunakan metode Ishihara [12]. Metode Ishihara dipercaya untuk membedakan seseorang memiliki penglihatan lemah (defisit) terhadap warna merah atau terhadap warna hijau [13].

Buta warna dapat mempengaruhi seseorang ketika dalam menentukan pendidikan dan karir. Penderita buta warna yang dilaksanakan lebih dini akan membantu penderita buta warna dalam menentukan karirnya [14]. Oleh karena itu, perlu diadakan penelitian mengenai prevalensi buta warna merah hijau pada siswa SMA di Kota Malang untuk membantu siswa dan orang tua dalam menentukan pendidikan lanjut dan karir di masa depan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel penelitian ini dilakukan pada SMA Negeri Kota Malang yaitu SMAN 1, SMAN 2, SMAN 3, SMAN 4 dan SMAN 5 Malang. Waktu pengambilan sampel pada bulan Februari-Mei 2023. Analisis data dilakukan pada bulan Juni 2023 di Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember.

Deteksi Tes Buta Warna

Sampel diambil dari lima SMA Negeri Kota Malang pada siswa kelas 11 sejumlah 254 siswa terdiri dari 114 siswa laki-laki dan 140 siswa perempuan dengan pengambilan sampel berdasarkan metode *multistage cluster sampling*. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan dari komisi ethic dengan nomer *Ethical Clearance* 1817/UN25.8/KEPK/DL/2022. Masing-masing probandus mengisi *Inform consent* yang berisikan tentang kesediaan probandus terlibat dalam tes buta warna. Deteksi buta warna merah-hijau menggunakan buku Ishihara yang terdiri dari 24 *plates*. Tes buta warna dilakukan dengan cara setiap probandus membaca angka atau menunjuk pola yang terlihat pada lembaran *plates* minimal tiga detik. Apabila subjek hanya mampu membaca 12 atau kurang dari 12 *plates* maka subjek akan dikategorikan sebagai penderita buta warna merah-hijau. Untuk mengkategorikan jenis buta warna yang dimiliki subjek, maka perlu diperiksa dari hasil pemeriksaan pada *plates* 16-18. Probandus akan dikategorikan penderita buta warna protan jika *plate* 16 terbaca sebagai angka enam sedangkan pada penderita deutan *plate* 16 terbaca sebagai angka dua. Seseorang akan dinyatakan penderita buta warna protan jika *plate* 17 terbaca sebagai angka dua sedangkan pada penderita deutan *plate* 17 terbaca sebagai angka empat. Pada *Plate* 18 seseorang akan dinyatakan penderita buta warna protan apabila hanya mampu mendeteksi pola berwarna ungu sedangkan pada penderita deutan hanya mampu mendeteksi pola berwarna merah.

Prevalensi atau persentase penderita buta warna merah hijau dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Prevalensi buta warna} = \frac{\text{Jumlah individu buta warna}}{\text{Jumlah sampel penelitian}} + 100\%$$

Perhitungan frekuensi alel buta warna merah hijau dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(p+q)^2 = 1$$

$$P^2+2pq+q^2 = 1$$

$$p+q = 1$$

p merupakan frekuensi untuk alel dominan C (alel normal) dan q merupakan frekuensi untuk alel resesif c (alel buta warna).

Buta warna merah hijau terangkai kromosom X, sehingga perhitungan frekuensi alel untuk laki-laki dan perempuan, mengikuti rumus [15] :

1. Penderita buta warna perempuan

$$c = \frac{\sqrt{\% \text{fenotip buta warna}}}{100}$$

$$C = 1 - c$$

2. Penderita buta warna laki-laki

$$c = \frac{\% \text{fenotip buta warna}}{100}$$

$$C = 1 - c$$

3. Penderita buta warna laki-laki dan perempuan

$$c = \frac{1}{3}xc(l) + \frac{2}{3}xc(pr)$$

$$C = 1 - c$$

C merupakan frekuensi alel normal dan c merupakan frekuensi alel buta warna.

Penentuan diagram silsilah dimulai dari pemeriksaan terhadap probandus yang menderita buta warna dan deteksi buta warna terhadap keluarga inti dari probandus, yaitu ayah, ibu dan saudara probandus. Tahap berikutnya membuat diagram silsilah pada keluarga penderita buta warna dan melakukan analisis untuk mengetahui fenotip dan genotip keluarga probandus dan mengetahui pola pewarisannya [16].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prevalensi Buta Warna Siswa SMA di Kota Malang

Hasil tes buta warna menggunakan metode Ishihara terhadap 254 siswa kelas 11 SMA di Kota Malang diperoleh hasil yang ditunjukkan pada tabel 1. Nilai prevalensi siswa normal sebesar 96,46% dan siswa buta warna SMA di Kota Malang sebesar 3,54%. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa prevalensi buta warna merah hijau siswa kelas 11 SMA di Kota Malang lebih kecil dibandingkan dengan hasil

penelitian pada siswa SMA di Kota Jember sebanyak 3,86% [17] dan Ethiopia Selatan sebesar 4,1% [18]. Namun lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian pada siswa SMA di Irak 3,28% [19], India Selatan sebesar 2,76% [20], dan Nepal sebesar 2% [21]. Prevalensi buta warna di beberapa wilayah terlihat bervariasi, hal ini dikarenakan setiap wilayah terdapat etnis-etnis yang memiliki karakteristik genetik berbeda antara satu dengan yang lain [22]. Sehingga prevalensi buta warna akan bervariasi dari ras ke ras dan berbeda di wilayah geografis yang dihuni oleh orang dari etnis yang berbeda.

Tabel 1. Prevalensi buta warna siswa SMA di Kota Malang

Fenotip	Jenis Kelamin				Total	
	Laki-laki		Perempuan		N	%
	n	%	n	%		
Buta warna	9	7,89	0	0	9	3,54
Protan	3	2,63	0	0	3	1,18
Deutan	6	5,26	0	0	6	2,36
Normal	105	92,11	140	100	245	96,46
Total	114	100	140	100	254	100

Pada Tabel 1 juga ditunjukkan yang menderita buta warna hanya laki-laki dan tidak ditemukan pada perempuan dengan nilai prevalensi laki-laki sebesar 7,89%. Hal ini membuktikan bahwa buta warna disebabkan oleh gen resesif (c) yang terpaut pada kromosom X. Oleh karena laki-laki hanya memiliki satu buah kromosom X sehingga gen pembawa buta warna lebih mudah diekspresikan pada laki-laki. Pada laki-laki hanya mempunyai dua kemungkinan yaitu laki-laki normal dengan genotip X^CY atau laki-laki penderita buta warna dengan genotip X^cY [23]. Berbeda dengan perempuan, yang memiliki dua kromosom X sehingga lebih jarang didapatkan perempuan buta warna [24]. Pada perempuan kemungkinan genotipnya adalah X^CX^C dan genotip X^CX^c , kedua genotip tersebut merupakan perempuan normal, genotip yang kedua merupakan perempuan carier. Sedangkan perempuan buta warna adalah dengan genotip X^cX^c [23].

Persentase penderita buta warna sebesar 3,54% tersebut, terdiri dari buta warna deutan (hijau) sebesar 2,36% dan protan (merah) sebesar 1,18%. Hasil penelitian ini menunjukkan penderita buta warna deutan lebih banyak daripada penderita buta warna protan. Hal ini disebabkan gen yang mengatur penglihatan warna hijau lebih rentan mengalami

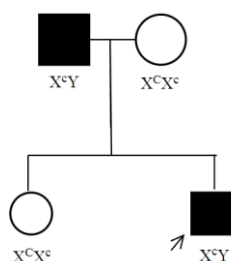
mutasi akibat kesalahan dalam rekombinasi genetik. Hasil penelitian di daerah lain juga menunjukkan hasil yang sama, di Ethiopia Selatan jumlah penderita buta warna deutan 0,57% dan protan sebanyak 0,42% [19]. Siswa SMA di Irak memiliki penderita buta warna deutan sebesar 2,18% dan protan sebesar 1,1% [17]. Hasil penelitian di Alexandria, Iran menunjukkan jumlah penderita buta warna deutan sebesar 0.68% dan protan 0.31% [25].

Frekuensi Alel Buta Warna pada Siswa SMA di Kota Malang

Hasil perhitungan frekuensi alel buta warna dan alel normal berdasarkan hukum kesetimbangan Hardy-Weinberg ditunjukkan pada Tabel 2. Frekuensi alel adalah proporsi atau persentase suatu alel tertentu dalam keseluruhan alel yang terdapat pada suatu lokus genetik dalam populasi. Frekuensi alel buta warna pada siswa SMA di Kota Malang adalah 0,0263. Hasil tersebut lebih kecil dibanding dengan hasil penelitian sebelumnya, pada siswa SMA di kota Jember dengan nilai frekuensi alelnya buta warna sebesar 0,09 [17]. Hasil penelitian di India nilai frekuensi alel buta warna sebesar 0,065 [15]. Hasil yang sama ditunjukkan dari hasil penelitian pada siswa SD Gili Ketapang kabupaten Probolinggo sebesar 0,023 [2] dan pada siswa SD di kecamatan Sumbersari kabupaten Jember sebesar 0,021 [26].

Tabel 2. Frekuensi alel buta warna siswa SMA di Kota Malang

Frekuensi alel	Jenis Kelamin		Total
	Laki-laki	Perempuan	
Buta warna (c)	0,0789	0	0,0263
Normal (C)	0,9211	1	0,9737
Total frekuensi alel	1	1	1



Gambar 1. Diagram silsilah keluarga penderita buta warna laki-laki

Hasil analisis pedigree pada salah satu probandus buta warna (Gambar 1), diketahui bahwa ayah subjek menderita buta warna, ibu normal dan saudara perempuannya normal. Sehingga dapat ditentukan genotip untuk masing-masing individu tersebut. Ayah genotip X^cY , ibu X^CX^c (carier) dan saudara perempuan X^CX^c (carier). Berdasarkan analisis diagram silsilah tersebut maka dapat diketahui bahwa gen buta warna pada probandus diperoleh dari ibu carier pembawa gen buta warna dengan pola pewarisan bersilang (*criss-cross inheritance*). Seorang perempuan heterozigot (*carrier*) tidak mengalami kelainan buta warna akan tetapi berpotensi mewariskan gen buta warna ke sebagian anak laki-laknya yang menyebabkan anak laki-laki tersebut menderita buta warna [27]. Pola pewarisan bersilang gen buta warna (*criss-cross inheritance*) ini merupakan ciri khas dari pewarisan gen yang terangkai pada kromosom X [16].

KESIMPULAN

Prevalensi buta warna merah hijau siswa SMA di Kota Malang sebesar 3,54%, terdiri dari buta warna deutan (hijau) sebesar 2,36% dan protan (merah) 1,18%. Frekuensi alel buta warna merah hijau 0,0263 dan alel normal 0,9737. Analisis diagram silsilah pada keluarga penderita buta warna merah hijau menunjukkan bahwa gen buta warna penderita laki-laki diperoleh dari ibu yang carier dengan pola pewarisan bersilang (*criss-cross inheritance*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Zubaidi, "Angka Insidensi Buta Warna Pada Siswa SMA di Sekolah Kecamatan Medan Maimun. *Doctoral dissertation*," Universitas Sumatera Utara. 2018
- [2] N. R. Rifdah, R. Oktarianti., H. T. Wiyono, A. Lelono, and H. Nihayah, "Prevalensi buta warna pada siswa sekolah dasar di pulau Gili Ketapang Kabupaten Probolinggo," *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, vol. 7, no. 2, pp. 69-76, 2022.
- [3] Z. Husain, S. Syarif, A. L. Arda, and A. Aman, "Aplikasi bantu buta warna berbasis android," *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 3(1), 24-30, 2020.
- [4] R. Rulaningtyas, A. B. Suksmono, T. L. R. Mengko, and G. A. P. Saptawati, "Segmentasi citra berwarna dengan menggunakan metode clustering berbasis patch untuk identifikasi mycobacterium tuberculosis," *Jurnal Biosains*, vol. 17, no. 1, pp. 1412-1433, 2015.

- [5] Suryo, *Genetika Manusia*. Cetakan Ke-5. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1997.
- [6] R. K. Shrestha, M. R. Joshie, S. Shakya and R. Ghising, "Color vision defects in school going children," *J Nepal Med Assoc.*, vol. 50, no. 180, pp. 264-266, 2010.
- [7] N. Kaur and S. Khushdeep, "Comparative review of color blindness in different ethnic populations," *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, vol. 2, no. 36, pp. 6977-6981, 2013.
- [8] A. Chia, G. Gazzard, L. Tong, X. Zhang, E. L. Sim, A. Fong, and S. S. Mei, "Red-green colour blindness in Singaporean children," *Clinical & experimental ophthalmology*, vol. 36, no. 5, pp. 464-467, 2008.
- [9] J. Birch, "Worldwide prevalence of red-green color deficiency," *Journal of the Optical Society of America: A Optics, Image Science, and Vision*, vol. 29, no. 3, pp. 313-320, 2012.
- [10] S. V. Chaudhari, P. S. Chaudhari, P. Ravi and S. A. Rahul, "Survey on colorblindness in pharmacy students at Wagholi, pune International," *Journal Of Innovative Research & Development*, vol. 2, no. 3, pp. 518-524, 2013.
- [11] A. Shah, R. Hussain, M. Fareed, and M. Afzal, "Prevalence of red-green color vision defects among muslim males and females of Manipur, India," *Iranian Journal of Public Health*, vol. 42, no. 1, pp. 16-24, 2013.
- [12] Kartika, K. Kuntjoro, Yenni, and Y. Halim, "Patofisiologi dan diagnosis buta warna," *Cermin Dunia Kedokteran*, vol. 41, no. 4, pp. 268-271, 2014.
- [13] R. V. Dhika, Ernawati, and D. Andreswari, "Aplikasi tes buta warna dengan metode ishihara pada smartphone android," *Jurnal Pseudocode*, vol. 1, no. 1, pp. 51- 55, 2014.
- [14] G. G. Woldeamanuel and T. G. Geta, "Prevalence of color vision deficiency among school children in three primary schools of Gish-Abay town district, Amhara regional state, north-west Ethiopia," *BMC Ophthalmology*, vol. 18, no. 306, pp. 1-6, 2018.
- [15] Fareed, M. A. A. Malik, and M. Afzal, "Prevalence and gene frequency of color vision impairments among children of six populations from North Indian region," *Genes and Diseases*, vol. 2, pp. 211-218, 2015.
- [16] A. Adnan, *GENETIKA I: Arif Memahami Kehidupan*. Makassar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar, 2018.
- [17] R. Oktarianti, A. D. Wulandari, and S. Wathon, "Prevalensi buta warna siswa Sekolah Menengah Atas di Kota Jember," *Berkala Sainstek*, vol. 8, no. 4, pp. 102-105, 2020.
- [18] G. G. Woldeamanuel and T. G. Geta, "Prevalence of color vision deficiency among school children in Wolkite, Southern Ethiopia," *BMC Research Notes*, vol. 11, pp. 1-5, 2018.
- [19] M. A. Abdulrahman, "Prevalence of color vision deficiency among students in Hajand and Amad High Schools in Shekhan City," *Kurdistan Journal of Applied Research*. vol. 2, pp. 84-88, 2017.
- [20] S. S. Krishnamurthy, S. Rangavittal, A. Chandrasekar, and A. Narayanan, "Prevalence of color vision deficiency among school-going boys in South India," *Indian J Ophthalmol.*, vol. 69, no. 8, pp. 2021-2025, 2021.
- [21] R. Shrestha, B. P. Yadav, N. Amatya, R. Rana, and R. Prajapati, "Incidence of color blindness among undergraduates students of medical college in Pokhara," *Birat Journal of Health Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 1770-1774, 2022.
- [22] D. R. Niroula and C. G. Saha, "The Incidence of Color Blindness among some school children of Pokhara, Western Nepal," *Nepal Med Coll J*, vol. 12, no. 1, pp. 48-50, 2010.
- [23] Susanto. *Genetika*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2011
- [24] T. Moudgil, R. Arora, and K. Kaur, "Prevalence of colour blindness in children," *International Journal of Medical and Dental Sciences*, vol. 5, no. 2, pp. 1252-1258, 2016.
- [25] A. A. Elshazly, H. M. El-Hinnawi, and I. M. Osman, "Prevalence and types of color vision deficiency among primary school students in Alexandria," *Delta J Ophthalmol.*, vol. 22, pp. 230-235, 2021.
- [26] R. Oktarianti, L. Azizah, and E. T. Utami, "Color blind prevalence of elementary student in Summersari subdistrict, Jember," *BIOEDUKASI: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, vol. 20, no. 1, pp. 36-41, 2022.
- [27] A. C. Pai, *Dasar-Dasar Genetika: Ilmu Untuk Masyarakat*. Jakarta: Erlangga, 1992.