

# Analysis of Allele Frequency and Genotyping of Hand Lateralities in Padang State University Students Based on Hardy-Weinberg Law

## Analisis Frekuensi Alel dan Genotip Lateralitas Tangan pada Mahasiswa Universitas Negeri Padang Berdasarkan Hukum Hardy-Weinberg

Ismiarti<sup>1</sup>, Suchy Rahmadhani<sup>1</sup>, Afifatul Achyar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatera, Indonesia

\*Correspondence author: [afifatul.achyar@fmipa.unp.ac.id](mailto:afifatul.achyar@fmipa.unp.ac.id)

### Abstract

*Left-handedness is a rare and interesting genetic phenomenon, reflecting human biological diversity while providing deep insight into genotype distribution patterns in populations. This study aims to analyze genotype distribution based on hand dominance in 102 individuals selected by simple random sampling. Data were obtained through an online questionnaire that identified respondents' hand dominance (left-handed or right-handed). Dominant (p) and recessive (q) allele frequencies were calculated using the Hardy-Weinberg law to estimate the expected genotype distribution. The chi-square test was applied to compare observed and expected genotype frequencies to evaluate Hardy-Weinberg equilibrium. Results showed that the sample population was in Hardy-Weinberg equilibrium, characterized by no significant difference between the observed and expected genotype distributions.*

**Key words** *Chi-square, allele frequency, genotype, Hardy-Weinberg, left-handedness*

### Abstrak

Sifat kidal merupakan fenomena genetik yang langka dan menarik, mencerminkan keragaman biologis manusia sekaligus memberikan wawasan mendalam tentang pola distribusi genotipe dalam populasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi genotipe berdasarkan dominasi tangan pada 102 individu yang dipilih secara acak sederhana. Data diperoleh melalui kuisisioner daring yang mengidentifikasi dominasi tangan responden (kidal atau tidak kidal). Frekuensi alel dominan (p) dan resesif (q) dihitung menggunakan hukum Hardy-Weinberg untuk memperkirakan distribusi genotipe yang diharapkan. Uji chi-square diterapkan untuk membandingkan frekuensi genotip yang diamati dengan yang diharapkan guna mengevaluasi keseimbangan Hardy-Weinberg. Hasil menunjukkan bahwa populasi sampel berada dalam keseimbangan Hardy-Weinberg, ditandai dengan tidak adanya perbedaan signifikan antara distribusi genotipe yang diamati dan yang diharapkan.

**Kata kunci** *Chi-square, frekuensi alel, genotipe, Hardy-Weinberg, kidal*

## Pendahuluan

Lateralitas tangan merupakan fenomena biologis yang menunjukkan preferensi seseorang dalam menggunakan satu tangan untuk melakukan aktivitas tertentu. Meskipun mayoritas populasi manusia menunjukkan kecenderungan dominasi tangan kanan, sebagian kecil individu menunjukkan lateralitas tangan kiri atau bahkan ambidexter (Corballis, 1997). Fenomena ini memiliki dimensi biologis dan genetik yang kompleks, melibatkan interaksi antara faktor genetik, lingkungan, dan evolusi. Dalam konteks genetik, lateralitas tangan sering dianggap sebagai sifat yang diwariskan secara mendelian dengan pengaruh poligenik atau multifaktorial (McManus, 2009). Genetika merupakan ilmu yang mempelajari tentang pewarisan sifat yang mempunyai beberapa cabang ilmu salah satunya genetika populasi. Genetika populasi mempelajari komposisi genetik suatu populasi dan perubahannya sebagai akibat dari faktor internal dan eksternal. Cabang ilmu ini didasarkan pada Hukum Hardy-Weinberg (Apriani, 2021). Penemuan hukum segregasi dan pembagian independen Mendel telah menjadi dasar bagi genetika populasi. Pada tahun 1908, matematikawan Inggris Godfrey H. Hardy dan dokter Jerman Wilhelm Weinberg secara independen menemukan hubungan antara frekuensi gen dan genotipe, yang dikenal sebagai prinsip Hardy-Weinberg (HW) atau keseimbangan HW (Rehman, 2020).

Hukum Hardy-Weinberg adalah prinsip dasar dari genetika modern, dan menandai fondasi dari genetika populasi (Graffelman, 2022). Hukum ini menyatakan frekuensi alel dan genotip dalam suatu populasi tetap konstan dari satu generasi ke generasi berikutnya jika tidak ada proses evolusi seperti migrasi, mutasi, seleksi alam dan aliran gen (Hikmat, 2021). Prinsip ini menyatakan bahwa dalam kondisi tertentu (populasi besar, kawin acak, tidak ada mutasi, seleksi alam, atau migrasi), frekuensi alel dan genotip akan tetap konstan dari generasi ke generasi. Hukum ini memberikan dasar teoritis untuk mengevaluasi apakah suatu populasi berada dalam kesetimbangan genetik atau sedang mengalami perubahan evolusi (Relethford, 2012). Preferensi tangan adalah variasi mencolok dalam perilaku manusia, dengan proporsi di seluruh dunia sekitar 90% orang lebih suka menggunakan tangan kanan untuk banyak tugas, dan 10% menggunakan tangan kiri. Preferensi tangan dipengaruhi oleh berat lahir, menjadi bagian dari kelahiran kembar, musim kelahiran, menyusui, dan jenis kelamin, dengan setiap efek tetap signifikan setelah memperhitungkan semua yang lain (De Kovel, 2019). Sebagai kelompok minoritas, orang kidal sering mendapatkan hal-hal yang tidak menguntungkan di kehidupannya. Bagi sebagian masyarakat orang kidal seolah-olah masih menjadi objek yang sering dianggap salah dan perlu diluruskan agar sesuai dengan norma-norma yang berlaku dalam masyarakat (Stiawan, 2023).

Kebiasaan penggunaan salah satu tangan pada berbagai aktivitas sehari-hari merupakan *handedness* yang dimiliki oleh seseorang. *Handedness* dapat terbagi menjadi dua: Penggunaan tangan kiri dalam sebagian besar kegiatan sehari-hari yang dikenal sebagai kidal, sebaliknya jika tangan kanan yang lebih banyak digunakan disebut bukan kidal. Kidal sebagai fenotipe diturunkan di dalam keluarga dan didukung oleh studi kemiripan *handedness* antara orang tua dan anak, studi anak kembar, dan studi asosiasi genetik. Walaupun *handedness* memiliki potensi genetik, namun tidak menutup kemungkinan bahwa *handedness* diturunkan melalui pengajaran orang tua ke anak (Nurhayu, 2019). Genetik menggambarkan karakteristik variasi gen yang bertanggung

jawab atas variabilitas fenotipik yang dapat diwariskan (Timpson, 2018). Manusia memperlihatkan variasi pada beberapa ciri-ciri yang dapat dilihat dengan mudah melalui fenotip atau penampilannya (Zakiya, 2022). Lateralitas tangan, yang merujuk pada preferensi individu dalam menggunakan tangan kanan atau kiri, merupakan salah satu fenotipe yang menarik dalam studi genetika populasi.

Kecenderungan untuk menggunakan tangan kanan atau kiri dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan (De Kovel et al., 2019). Dalam hal ini, alel dominan terkait dengan preferensi tangan kanan, sedangkan alel resesif berperan pada kecenderungan menggunakan tangan kiri (kidal). Pada tingkat populasi, frekuensi alel dan genotipe lateralitas tangan dapat dianalisis menggunakan prinsip keseimbangan Hardy-Weinberg, yang menyatakan bahwa dalam populasi yang ideal, distribusi alel dan genotipe akan tetap konstan jika tidak ada faktor evolusi yang mempengaruhi (Graffelman & Weir, 2022). Hukum Hardy-Weinberg memberikan kerangka teoritis untuk mempelajari dinamika genetik dalam suatu populasi (Rehman et al., 2020). Meskipun hukum ini berlaku dalam populasi ideal, faktor-faktor seperti pengaruh budaya, lingkungan, dan seleksi alam dapat menyebabkan penyimpangan dari keseimbangan yang diharapkan (Timpson, 2018). Penggunaan uji statistik seperti chi-square sering kali diperlukan untuk memeriksa apakah distribusi genotipe yang diamati sesuai dengan distribusi genotipe yang diharapkan berdasarkan Hukum Hardy-Weinberg (Hedrick, 2011). Fenomena lateralitas tangan, khususnya prevalensi individu kidal yang lebih rendah, memberikan wawasan penting tentang distribusi genetik dalam suatu populasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis frekuensi alel dan genotipe yang berkaitan dengan lateralitas tangan pada populasi mahasiswa Universitas Negeri Padang. Dengan menggunakan prinsip Hukum Hardy-Weinberg dan uji chi-square, penelitian ini akan mengevaluasi distribusi genotipe yang diharapkan dan genotipe aktual. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang dinamika genetik lateralitas tangan, serta bagaimana faktor genetik dan evolusi memengaruhi distribusi ini dalam populasi kecil.

## Bahan dan Metode

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis distribusi genotipe pada populasi sampel berdasarkan dominasi tangan (kidal dan bukan kidal). Sampel penelitian terdiri dari 102 individu yang dipilih secara acak sederhana. Data dikumpulkan menggunakan kuisisioner daring yang disebarluaskan melalui media sosial. Kuisisioner berisi satu pertanyaan tertutup yang menanyakan tentang dominasi tangan responden, yaitu apakah responden kidal atau tidak kidal. Setelah data terkumpul, responden diklasifikasikan ke dalam dua kategori: (1) individu yang bukan kidal (genotipe dominan KK atau heterozigot Kk) dan (2) individu yang kidal (genotipe homozigot resesif kk).

Analisis Data:

1. Analisis Frekuensi Genotipe untuk mengetahui frekuensi individu yang kidal dan tidak kidal dalam populasi sampel. Hasil kuisisioner digunakan untuk menentukan jumlah individu dengan genotipe KK, Kk, dan kk.
2. Perhitungan Frekuensi Alel dan Genotipe Berdasarkan Hukum Hardy-Weinberg untuk menentukan frekuensi alel dominan ( $p$ ) dan alel resesif ( $q$ ). Berdasarkan nilai  $p$  dan  $q$ ,

dilakukan perhitungan frekuensi genotipe yang diharapkan (E) untuk populasi yang berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg.

3. Perbandingan antara genotipe yang diamati dan yang diharapkan untuk melihat apakah distribusi genotipe pada populasi sampel mengikuti distribusi yang diharapkan berdasarkan teori Hardy-Weinberg.
4. Uji Chi-Square ( $X^2$ ) dilakukan untuk menguji signifikansi perbedaan antara frekuensi genotipe yang diamati dan yang diharapkan. Uji ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Dengan keterangan O adalah frekuensi genotipe yang diamati dan E adalah frekuensi genotipe yang diharapkan. Hipotesis yang diuji adalah:

1. Hipotesis nol ( $H_0$ ): Tidak ada perbedaan signifikan antara distribusi genotipe yang diamati dan yang diharapkan, yang menunjukkan bahwa populasi berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg.
2. Hipotesis alternatif ( $H_1$ ): Ada perbedaan signifikan antara distribusi genotipe yang diamati dan yang diharapkan, yang menunjukkan bahwa populasi tidak berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg.

Derajat kebebasan (df) dihitung sebagai:  $df = \text{jumlah kategori genotipe} - 1 = 3 - 1 = 2$

Nilai kritis chi-square pada tingkat signifikansi  $\alpha=0.05$  dan derajat kebebasan 2 adalah 5.991. Jika nilai  $X^2$  yang dihitung lebih besar dari nilai kritis, maka hipotesis nol ditolak, yang berarti populasi tidak berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil observasi menunjukkan bahwa dari total 102 individu yang diamati (N), terdapat 7 individu kidal (homozigot resesif, kk) dan 95 individu bukan kidal (heterozigot Kk atau homozigot dominan KK). Frekuensi alel resesif q dihitung menggunakan proporsi individu kk sesuai persamaan Hardy-Weinberg ( $q^2$ ), dengan hasil:

$$q^2 = \frac{7}{102} = 0.0686 \quad q = \sqrt{0.0686} = 0.26197$$

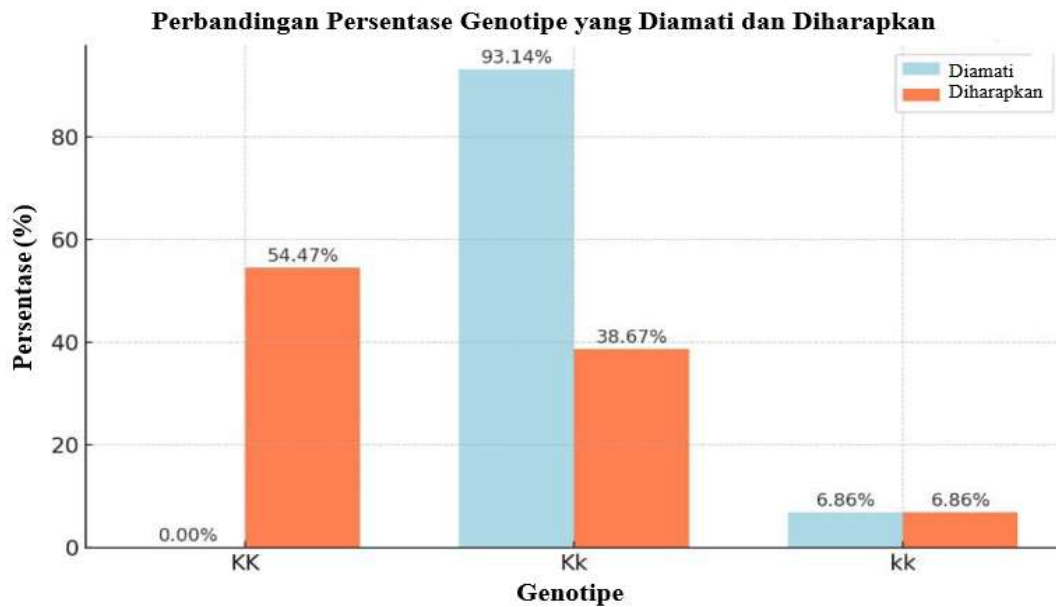
Frekuensi alel dominan p dihitung dari hubungan  $p+q=1$ , sehingga  $P = 1 - 0,26197 = 0,73803$ . Hasil ini menunjukkan bahwa frekuensi alel dominan (73,80%) jauh lebih tinggi dibandingkan alel resesif (26,2%), mengindikasikan dominasi genetik sifat bukan kidal pada populasi ini. Perhitungan ini selanjutnya digunakan untuk mengestimasi frekuensi genotipe dalam populasi. Dengan menggunakan prinsip Hardy-Weinberg, frekuensi genotipe yang diharapkan adalah:

- a) KK (homozigot dominan):  $p^2 = (0,073803)^2 = 0,54469$  atau 54,47%
- b) Kk (heterozigot):  $2pq = 2 \times 0,073803 \times 0,26197 = 0,38668$  atau 38,67%
- c) kk (homozigot resesif):  $q^2 = 0,0686$  atau 6,86%

Jumlah individu yang diharapkan didapatkan dengan mengalikan frekuensi genotip dengan total individu (N=102):

- a) Individu KK:  $p^2 \times N = 0,54469 \times 102 = 55,56$  individu
- b) Individu Kk:  $2pq \times N = 0,38668 \times 102 = 39,44$  individu

c) Individu kk:  $q^2 \times N = 0,0686 \times 102 = 7,00$  individu



Gambar 1: Perbandingan data observasi dan data ekspektasi

Analisis dengan uji-square: data Observasi (O) dan Ekspektasi (E). Untuk memisahkan OKK dan OKk, menggunakan proporsi dari nilai ekspektasi:

$$P_{KK} = \frac{E_{KK}}{E_{KK} + E_{Kk}}, \quad P_{Kk} = \frac{E_{Kk}}{E_{KK} + E_{Kk}}$$

$$O_{KK} = P_{KK} \times O_{KK+Kk}, \quad O_{Kk} = P_{Kk} \times O_{KK+Kk}$$

Nilai Proporsi:	Nilai Observasi:
$P_{KK} = \frac{55.56}{55.56 + 39.44} = 0.585$	$O_{KK} = 95 \times 0.585 = 55.58$
$P_{Kk} = \frac{39.44}{55.56 + 39.44} = 0.415$	$O_{Kk} = 95 \times 0.415 = 39.42$

Nilai Chi-Square dihitung dengan rumus:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Nilai KK:  $\chi_{KK}^2 = \frac{(O_{KK} - E_{KK})^2}{E_{KK}} = \frac{(55.58 - 55.56)^2}{55.56} = \frac{0.0004}{55.56} = 0.000007$

Nilai Kk:  $\chi_{Kk}^2 = \frac{(O_{Kk} - E_{Kk})^2}{E_{Kk}} = \frac{(39.42 - 39.44)^2}{39.44} = \frac{0.0004}{39.44} = 0.00001$

Nilai kk:  $\chi_{kk}^2 = \frac{(O_{kk} - E_{kk})^2}{E_{kk}} = \frac{(7 - 7)^2}{7} = 0$

Total:  $\chi^2 = \chi_{KK}^2 + \chi_{Kk}^2 + \chi_{kk}^2 = 0.000007 + 0.00001 + 0 = 0.000017$

Derajat kebebasan ( $df$ ) =  $3-1 = 2$ . Nilai Kritis ( $X^2_{krit}$ ) pada  $\alpha = 0,05$ ,  $df = 2$  adalah 5,991.  $X^2$  hitung (0,000017) <  $X^2$  kritis (5,991), data ini menunjukkan bahwa data ini signifikan dengan hukum Hardy-Weinberg.

Hasil analisis distribusi genotipe dan alel lateralitas tangan pada populasi ini menunjukkan bahwa data yang diamati sesuai dengan distribusi yang diharapkan berdasarkan hukum Hardy-Weinberg. Hal ini dibuktikan oleh hasil uji  $X^2$ , dimana nilai  $X^2$  hitung sebesar 0,000017 lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $X^2$  kritis yang mencapai 5,991 pada tingkat signifikansi 0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara distribusi genotipe yang diamati dan diharapkan (Gambar 1). Dengan demikian, populasi ini berada dalam kondisi keseimbangan genetik, yang menunjukkan bahwa frekuensi alel dan genotipe tetap stabil antar generasi selama tidak ada tekanan evolusi yang besar mempengaruhi populasi tersebut. Dalam populasi ini, genotipe homozigot dominan ( $KK$ ) mendominasi dengan frekuensi 54,47%, diikuti oleh heterozigot ( $Kk$ ) sebesar 38,67%, dan homozigot resesif ( $kk$ ) yang mencapai 6,86%. Kesesuaian proporsi ini dengan nilai ekspektasi menunjukkan bahwa faktor-faktor evolusi seperti seleksi alam, mutasi, migrasi, atau perkawinan tidak acak tidak memengaruhi distribusi genetik secara signifikan. Kondisi ini relevan dalam memahami dinamika genetik sifat kidal, yang diwakili oleh genotipe homozigot resesif ( $kk$ ). Meskipun sifat ini tergolong minoritas, stabilitas frekuensinya mencerminkan bahwa tidak ada tekanan evolusi yang signifikan untuk mengurangi keberadaannya dalam populasi.

Distribusi frekuensi heterozigot ( $Kk$ ) yang mencapai hampir 39% dalam populasi ini memainkan peran penting dalam mempertahankan keberadaan alel resesif. Alel resesif tetap tersembunyi dalam individu heterozigot dan tidak terpapar langsung pada tekanan seleksi yang mungkin muncul jika sifat tersebut dominan. Ini memungkinkan alel resesif yang bertanggung jawab atas sifat kidal tetap bertahan di populasi tanpa mengalami penurunan frekuensi yang berarti. Dalam konteks lateralitas tangan, keberadaan genotipe heterozigot menjadi mekanisme utama yang mendukung keseimbangan genetik ini. Ukuran populasi yang cukup besar juga mendukung stabilitas genetik, karena hal ini mengurangi dampak penyimpangan genetik acak (*genetic drift*). Pada populasi kecil, fluktuasi acak frekuensi alel dapat menyebabkan pergeseran yang signifikan dalam distribusi genetik. Namun pada populasi cukup besar seperti yang diteliti, stabilitas genetik lebih mudah terjaga, sehingga distribusi genotipe tetap konsisten dengan ekspektasi teoretis berdasarkan hukum Hardy-Weinberg.

Uji  $X^2$  yang menunjukkan hasil sangat kecil memberikan validasi statistik terhadap stabilitas ini. Nilai  $X^2$  hitung yang jauh di bawah  $X^2$  kritis menunjukkan bahwa variasi antara data observasi dan ekspektasi sangat kecil. Oleh karena itu, distribusi sifat kidal dan bukan kidal dalam populasi ini dapat dianggap berada dalam keseimbangan evolusi yang stabil. Hal ini menunjukkan bahwa lateralitas tangan, sebagai sifat genetik, tidak berada di bawah tekanan seleksi alam yang signifikan. Meskipun demikian, faktor lingkungan atau budaya, seperti preferensi sosial terhadap dominasi tangan kanan, dapat memengaruhi ekspresi fenotip lateralitas tangan tanpa mengubah struktur genetik di tingkat populasi. Faktor-faktor ini mungkin memodulasi cara ekspresi fenotip terlihat pada individu, namun tidak mempengaruhi frekuensi alel dalam populasi. Keberadaan alel resesif tetap terjaga meskipun sifat ini memiliki prevalensi yang lebih rendah dalam populasi. Secara keseluruhan,

distribusi genotipe yang sesuai dengan ekspektasi hukum Hardy-Weinberg memberikan dasar yang kuat untuk memahami dinamika evolusi dalam populasi ini. Keseimbangan genetik yang terjaga dengan baik menunjukkan bahwa tidak ada gangguan evolusi yang signifikan yang memengaruhi frekuensi alel kidal. Hasil ini memberi wawasan tentang bagaimana alel resesif, meskipun memiliki frekuensi rendah, tetap dapat bertahan dalam populasi tanpa terpengaruh oleh seleksi alam yang mengarah pada perubahan genetik.

Penelitian ini menegaskan pentingnya hukum Hardy-Weinberg dalam menggambarkan distribusi genetik dalam populasi. Kesesuaian antara data observasi dan ekspektasi menggambarkan stabilitas frekuensi alel dan genotipe, yang merupakan kunci untuk mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi keragaman genetik. Hasil ini memberikan landasan untuk penelitian lebih lanjut, baik dalam mengeksplorasi faktor genetik maupun dalam memahami pengaruh lingkungan yang dapat berkontribusi pada pembentukan sifat fenotipik seperti lateralitas tangan. Stabilitas genetik yang ditemukan dalam penelitian ini memperlihatkan bahwa dinamika genetik dalam populasi manusia dapat dipahami melalui pendekatan holistik yang mencakup aspek genetik, evolusi, dan lingkungan.

## Kesimpulan

Distribusi genotipe berdasarkan dominasi tangan dalam populasi sampel yang terdiri dari 102 individu menunjukkan bahwa frekuensi genotipe yang diamati tidak berbeda signifikan dengan frekuensi genotipe yang diharapkan berdasarkan model Hardy-Weinberg. Hasil uji chi-square yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai  $X^2$  yang dihitung lebih kecil dari nilai kritis pada tingkat signifikansi  $\alpha=0.05$ , yang mengindikasikan bahwa populasi ini berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg. Temuan ini memberikan gambaran bahwa dalam populasi ini, tidak terdapat pengaruh faktor luar yang signifikan yang dapat mengganggu distribusi alel dominan dan resesif. Sebagai implikasi, penelitian ini dapat memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai pola pewarisan sifat dominasi tangan dalam populasi yang lebih besar.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Allah SWT yang telah melancarkan urusan saya, terimakasih kepada seluruh teman dan kerabat yang telah membantu saya dan terimakasih juga kepada seluruh dosen dan staf biologi yang telah memberikan kenyamanan fasilitas untuk menyelesaikan artikel ini.

## Daftar Pustaka

- Apriani, D., Lili, D., & Ahdiat, A. (2021). Frekuensi Gen Albino Dalam Populasi Masyarakat Batauga Berdasarkan Hukum Hardy Weinberg. *Alumni Pendidikan Biologi* Vol. 6 No.1
- Corballis, M. C. (1997). The genetics and evolution of handedness. *Psychological Review*, 104(4), 714–727. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.104.4.714>
- De Kovel, C. G., Carrión-Castillo, A., & Francks, C. (2019). A large-scale population study of early life factors influencing left-handedness. *Scientific Reports*, 9(1), 584. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37423-8>

- Graffelman, J., & Weir, B. S. (2022). Transitivitas hukum Hardy–Weinberg. *Forensic Science International: Genetics*, 58, 102680. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2022.102680>
- Hedrick, P. W. (2011). *Genetics of populations* (4th ed.). Jones & Bartlett Learning.
- McManus, I. C. (2009). The history and geography of human handedness. In M. K. Mandal, M. Bulman-Fleming, & G. Tiwari (Eds.), *Side bias: A neuropsychological perspective* (pp. 37–58). Springer.
- Nurhayu, W. (2019). Perbandingan penggunaan tangan kanan dan tangan kiri di Flores, Indonesia (Doctoral dissertation, IPB University).
- Rehman, A. ur, Iqbal, J., Shakeel, A., Qamar, Z. ul, & Rana, P. (2020). Hardy-Weinberg equilibrium study of six morphogenetic characters in a population of Punjab, Pakistan. *All Life*, 13(1), 213–222. <https://doi.org/10.1080/26895293.2020.1750491>
- Relethford, J. H. (2012). *Human population genetics*. John Wiley & Sons.
- Stiawan, M., Patriansah, M., & Mubarat, H. (2023). Buku Ensiklopedia Tentang Kidal sebagai Media Komunikasi Visual untuk Anak-Anak. *Besaung: Jurnal Seni Desain Dan Budaya*, 8(2), 143-150.
- Timpson, N. J., Greenwood, C. M., Soranzo, N., Lawson, D. J., & Richards, J. B. (2018). Genetic architecture: the shape of the genetic contribution to human traits and disease. *Nature Reviews Genetics*, 19(2), 110-124. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.101>
- Wa Ode Nur Hikmat, W.O.N., Lili, D., & Ahdiat, A. (2021). Frekuensi Gen Albino Dalam Populasi Masyarakat Pulau Siomypu Berdasarkan Hukum Hardy-Weinberg. *Jurnal Alumni Pendidikan Biologi* Vol. 5 No. 4.
- Zakiya, Z. T., Yeriska, F., Khotimah, A., Damailing, M. R., & Achyar, A. (2022). Analisis Variasi Fenotip Lesung Pipi, Daggu Membelah dan Hands Claspings pada Mahasiswa Jurusan Biologi Angkatan 2022 Universitas Negeri Padang. *Prosiding Seminar Nasional Biologi* 2(2), 1093–1099.