

Efektivitas *Artificial Intelligence* (AI) dalam Menjawab Soal *Higher Order Thinking Skill* (HOTS)

Firdaus¹, Firman^{1*}

1. Prodi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Sulawesi Barat
**e-mail:* firman@unsulbar.ac.id

(Received: 4 Agustus 2023; Reviewed: 17 September 2023; Accepted: 8 Oktober 2023)

Abstrak

Perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) membuatnya banyak diimplementasikan di berbagai bidang, termasuk di dunia pendidikan. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mengkaji (1) perbandingan respon AI dalam menjawab soal bertipe *Higher Order Thinking Skill* (HOTS); dan (2) bagaimana efektivitas AI dalam menjawab soal HOTS. Subjek penelitian ini adalah Chatbot berbasis AI yang mencakup ChatGPT, Writesonic, dan YouChat. Masing-masing chatbot ditugaskan untuk menjawab soal HOTS untuk materi genetika populasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Respon ketiga AI dalam menjawab soal HOTS relatif sama terkait langkah-langkah penyelesaian, meskipun demikian hasil akhirnya berbeda karena adanya perbedaan dalam penggunaan rumus penyelesaian. ChatGPT dan Youchat dapat menjawab dengan benar satu dari tiga soal, sementara Writesonic dapat menjawab dengan benar dua soal; dan (2) Ketiga AI kurang efektif dalam menjawab soal HOTS materi genetika populasi, namun efektivitas AI dapat ditingkatkan dengan modifikasi soal melalui tambahan perintah sesuai dengan analisis kekeliruan AI pada respon sebelumnya. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi referensi sekaligus bahan pertimbangan bagi pendidik dalam merancang dan memberikan penugasan bagi peserta didik.

Kata Kunci: AI, efektivitas, HOTS

The Effectiveness of Artificial Intelligence (AI) in Answering Higher Order Thinking Skill (HOTS) Questions

Abstract

The development of *Artificial Intelligence* (AI) technology has led to its widespread implementation across various domains, including the field of education. This study is descriptive qualitative research that aims to (1) compare AI responses in answering *Higher Order Thinking Skill* questions; and (2) the effectiveness of AI in addressing HOTS questions. The subject of this study was AI-based chatbots, namely ChatGPT, Writesonic, and YouChat. Each chatbot was assigned to answer HOTS questions related to population genetics. The research findings reveal that (1) The responses of the three AIs in answering HOTS questions are relatively the same in terms of the solution steps, however, the final results are different due to variations in the application of solving formulas. ChatGPT and Youchat correctly answered one out of three questions, while Writesonic correctly answered two questions; and (2) all three chatbots exhibited limited effectiveness in answering HOTS questions, yet the chatbot's efficacy can be enhanced through questions modification with additional commands based on the analysis of the errors from previous responses. These research results are expected to serve as both reference and consideration for educators in designing and assigning student tasks.

Keywords: AI, Effectiveness, HOTS

PENDAHULUAN

Pendidikan dalam konteks era revolusi industri harus disesuaikan secara efektif guna memastikan peserta didik memiliki kesiapan untuk menjalani kehidupan pada masa tersebut. Era

Revolusi Industri 4.0 menandai perubahan signifikan yang disebabkan oleh transformasi digital yang meluas, termasuk dalam ranah pendidikan. Pemanfaatan teknologi jaringan internet dan pemanfaatan kecerdasan buatan yang meluas menjadi ciri khas dari perubahan ini (Prastiwi, 2022).

Kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) secara umum didefinisikan sebagai kemampuan sebuah sistem dalam menginterpretasi data eksternal secara tepat, belajar dari data tersebut, serta menggunakan pembelajaran tersebut untuk mencapai tujuan yang spesifik (Haenlein & Kaplan, 2019). AI menggunakan komputer untuk mensimulasikan perilaku cerdas manusia serta melatih komputer untuk menunjukkan perilaku manusia seperti belajar, menilai dan mengambil keputusan (Zhang & Lu, 2021).

Beberapa kemampuan bawaan AI mencakup pengerjaan operasi komputer yang rumit (*edge computing*), layanan berbasis *cloud* untuk menangani masalah-masalah sulit secara kolaboratif, dan akses ke sejumlah besar sumber daya data baik yang terbuka maupun yang tertutup. Kemampuan ini memungkinkan AI untuk dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas melalui berbagai sektor. Di sektor pendidikan misalnya, AI dapat dimanfaatkan setidaknya dalam dua aspek, yakni (1) aspek proses pendidikan, mencakup bantuan dan modifikasi pedagogi, dan (2) aspek ruang lingkup serta konten pendidikan (Alam, 2021).

Dalam konteks pendidikan, AI telah diintegrasikan dalam administrasi, pengajaran dan pembelajaran. Sebagai contoh, penanaman AI pada robot, komputer, dan peralatan pendukungnya memungkinkan pengembangan robot yang meningkatkan pengalaman belajar peserta didik. Selain itu, pendidikan berbasis web dan *online* telah mengalami perkembangan dari sekadar menyediakan materi *online* di web yang dapat diunduh, dipelajari dan dikerjakan tugasnya agar lulus, menjadi sistem berbasis web cerdas dan adaptif yang mampu mempelajari perilaku instruktur dan peserta didik untuk menyesuaikan diri guna memperkaya pengalaman belajar (Chen et al., 2020).

Salah satu aplikasi berbasis AI yang belakangan ini marak digunakan adalah *chatter robots* atau Chatbots. Dengan membaca semua artikel dan informasi yang tersedia di internet, sistem ini dapat belajar sendiri dan memperbarui pengetahuannya. Chatbot merepresentasikan sebuah asisten virtual yang mampu melaksanakan tugas-tugas otomatis dalam melakukan percakapan yang hampir-alami untuk menjawab pertanyaan dari pengguna (Sinha et al., 2020). Pada ranah pendidikan, chatbot menyediakan bantuan yang signifikan bagi peserta didik dalam proses pembelajaran. Chatbot mampu memahami dan memberikan jawaban pada pertanyaan yang diajukan peserta didik (Molnar & Szuts, 2018).

AI bahkan mampu membantu peserta didik dalam mengerjakan tugas-tugas sekolah. Misalnya layanan ChatGPT yang mampu memberikan jawaban pertanyaan-pertanyaan sulit secara komprehensif (Prabowo, 2023), ShortlyAI untuk membantu menyusun karangan, esai atau tulisan lainnya, Humata yang mampu menjawab pertanyaan lengkap dengan referensi dokumen yang dirujuk (Harmoko, 2023) Replika: Your AI Friend, Writesonic, YouChat yang memiliki fungsi hampir sama dengan ChatGPT (Aida, 2023) dan bahkan Chatbot yang khusus mengerjakan soal matematika seperti Photomath, Socratic, dan Mathway (Arradian, 2023).

Adanya AI tentu saja sangat membantu proses pembelajaran, terutama bagi peserta didik dalam mengerjakan soal-soal atau tugas-tugas mata pelajaran. Mitchell & Carbone (2011) menyatakan bahwa tugas-tugas yang diberikan guru memiliki dampak besar terhadap pendekatan peserta didik

pada pembelajaran. Pemberian tugas yang memungkinkan penggunaan TIK berkelanjutan memiliki pengaruh pada efikasi diri, ketekunan dan motivasi belajar peserta didik (Hori & Fujii, 2021).

Meski AI memiliki banyak keunggulan, akan tetapi terdapat beberapa batasan yang harus diperhatikan. AI memiliki keterbatasan dalam pengetahuan karena hanya mengandalkan data pelatihan yang diterimanya, dengan informasi terbatas dan tidak mencakup perkembangan terkini. AI juga tidak memiliki kemampuan dalam memahami konteks di luar pengetahuannya, tidak memiliki emosi, keyakinan, atau pendapat pribadi, dan hanya menyajikan informasi objektif.

AI sangat tergantung pada data yang dibuat oleh manusia, seperti konten yang dihasilkan oleh pengguna, atau dikumpulkan melalui sistem yang diciptakan oleh manusia. Karena itu, semua bias yang ada pada manusia masuk ke dalam sistem AI, dan lebih parah lagi, bias-bias tersebut diperkuat oleh kompleksitas sistem sosioteknis. Akibatnya. Algoritma-algoritma dapat memperbanyak atau bahkan meningkatkan ketidaksetaraan atau diskriminasi-diskriminasi yang sudah ada sebelumnya (Ntoutsis et al., 2020).

Akibat batasan-batasan yang ada, layanan-layanan AI memiliki kecenderungan dalam memberikan jawaban yang kurang tepat atau bahkan salah (Malinka et al., 2023). Kondisi ini menjadi tidak ideal jika dibawa ke dalam konteks pembelajaran, terutama jika peserta didik memanfaatkan AI dalam mengerjakan tugas sekolah atau tugas kuliah. Adanya kemungkinan AI memberikan jawaban yang tidak sesuai dapat menjadi hambatan dalam proses pembelajaran, menghasilkan kualitas tugas peserta didik yang rendah, dan dapat berujung pada tidak optimalnya hasil belajar peserta didik.

Kemampuan AI dalam menyelesaikan tugas atau menjawab pertanyaan telah diuji oleh Susnjak (2022). Akan tetapi belum banyak referensi mengenai kemampuan AI dalam menjawab pertanyaan atau menyelesaikan soal-soal berbasis *Higher Order Thinking Skill* (HOTS). Hal ini mengindikasikan perlunya pendidik maupun peserta didik untuk bersikap bijak dan penuh pertimbangan dalam mengintegrasikan AI dalam proses pembelajaran, terutama dalam konteks penggunaan aplikasi chatbot dalam mengerjakan dan menyelesaikan tugas. Untuk itu, perlu investigasi yang lebih mendalam mengenai 1) Bagaimana perbandingan respon ChatGPT, Writesonic dan YouChat dalam menjawab soal HOTS? dan 2) Bagaimana efektivitas AI dalam menjawab soal HOTS?

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menganalisis respon *Artificial Intelligence* (AI) dalam menjawab soal-soal *High Order Thinking Skills* (HOTS) pada materi Genetika Populasi. AI yang dimaksud dalam penelitian ini adalah aplikasi Chatbot yang dapat berinteraksi dengan manusia melalui percakapan menggunakan antarmuka teks yang mencakup ChatGPT (chat.openai.com), Writesonic (app.writesonic.com), dan Youchat (you.com) versi Juli 2023. Instrumen penelitian berupa tiga soal HOTS pada level C4 (Analisis) materi genetika populasi. Soal yang pertama terkait keterampilan menghitung frekuensi gen kodominan, soal yang kedua terkait keterampilan menghitung frekuensi alel ganda, dan soal ketiga terkait keterampilan menghitung frekuensi gen jika ada dominansi (Tabel 1). Ketiga soal tersebut diadaptasi dari buku Genetika Manusia karya Suryo (2011).

Tabel 1. Soal-Soal HOTS dalam penelitian

No	Pertanyaan
----	------------

1	Di Majene, diperoleh data 640 orang bergolongan darah M, 320 orang bergolongan darah MN, dan 40 orang bergolongan darah N. Tentukan frekuensi alel LM dan LN dalam populasi tersebut!
2	Misalnya 1000 orang penduduk asli Majene diperiksa golongan darahnya menurut sistem ABO dan didapatkan 320 orang golda A, 150 orang golda B, 40 orang golda AB, dan 490 orang golda O. Berapakah a) frekuensi alel IA, IB dan i masing-masing pada populasi itu? b) Dari 320 orang golda A, berapakah diperkirakan homozigotik IA IA? c) Dari 150 orang golda B, berapakah diperkirakan heterozigotik IB i?
3	Dari 2500 Mahasiswa suku Mandar yang mengikuti kuliah di Universitas Sulawesi Barat pada waktu dilakukan tes phenil thiocarbamide (PTC) didapatkan misalnya 2139 orang pengecap ("taster"). Berapakah a) frekuensi alel T dan t masing-masing pada populasi mahasiswa itu? b) Berapakah di antara mahasiswa pengecap itu diharapkan homozigotik?

Soal-soal di atas selanjutnya diinput tanpa perintah tambahan ke dalam kolom teks yang tersedia pada antarmuka masing-masing AI. Respon AI dalam menjawab soal-soal HOTS kemudian dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan jawaban soal berdasarkan Suryo (2011) pada tabel 2. Jika terdapat ketidaksesuaian pada respon AI terhadap soal HOTS yang diinput sebelumnya, maka soal tersebut diinput ulang dengan perintah-perintah tambahan yang lebih detail.

Tabel 2. Jawaban Soal HOTS

No.	Jawaban
1	<p>Menuliskan hal-hal yang diketahui Diketahui: M=640, MN=320, N=40, total populasi=1000</p> <p>Menuliskan hal-hal yang ditanyakan Ditanyakan: Alel LM dan LN?</p> <p>Menuliskan rumus penyelesaian Penyelesaian: $P^2LMLM+2pqLMLN+q^2LNLN$</p> <p>Mengoperasikan rumus <i>Mencari nilai q:</i> $q^2=40/1000=0,04$, jadi $q=0,2$ <i>Mencari nilai p:</i> $(p+q=1)$, jadi $p=0,8$</p> <p>Menyimpulkan jawaban Maka, alel LM=$p=0,8$ dan alel LN=$q=0,2$</p>
2	<p>Menuliskan hal-hal yang diketahui Diketahui: A=320, B=150, AB=40, O=490, total populasi 1000</p> <p>Menuliskan hal-hal yang ditanyakan Ditanyakan: a. frekuensi alel IA, IB, dan i? b. homozigotik IAIA? c. heterozigotik IBi?</p> <p>Menuliskan rumus penyelesaian Penyelesaian: $P^2IAIA+2prIAi+q^2IBIB+2qrIBi+2pqIAIB+r^2ii$</p> <p>Mengoperasikan rumus <i>Mencari nilai r:</i> $r^2=490/1000=0,49$, jadi $r=0,7$ <i>Mencari nilai p:</i> $(p+r)^2=frekuensiA+O=(320+490)/1000=0,81 \approx (p+r)=0,9$ jadi $p=0,9-0,7=0,2$ <i>Mencari nilai q:</i> $(p+q+r=1)$, jadi $q=0,1$</p> <p>Menyimpulkan jawaban Maka, frekuensi alel IA=$p=0,2$, IB=$q=0,1$, dan i=$r=0,7$ homozigotik IAIA=$p^2=0,2 \times 0,2=0,04$, jadi $1000 \times 0,04=40$ orang heterozigotik IBi=$2qr=2(0,1 \times 0,7)=0,14$, jadi $1000 \times 0,14=140$ orang</p>
3	<p>Menuliskan hal-hal yang diketahui</p>

Diketahui: PTC=2139 dari 2500, maka non-PTC=361

Menuliskan hal-hal yang ditanyakan

Ditanyakan: a. frekuensi alel T dan t? b. PTC homozigotik?

Menuliskan rumus penyelesaian

Penyelesaian: $P^2TT+2pqTt+q^2tt$

Mengoperasikan rumus

Mencari nilai q: $q^2=361/2500=0,1444$, jadi $q=0,38$

Mencari nilai p: $(p+q=1)$, jadi $p=0,62$

Menyimpulkan jawaban

Maka, frekuensi alel T= $p=0,62$ dan alel t= $q=0,38$

homozigotik PTC= $p^2=0,62 \times 0,62=0,3844$, jadi $2500 \times 0,3844=961$ orang

Hasil dan Pembahasan

Tiga soal HOTS masing-masing ditanyakan kepada tiga AI dan mendapatkan respon yang sangat cepat. Adapun respon AI untuk soal HOTS pertama dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Respon AI terhadap soal HOTS pertama

<p>Respon ChatGPT <i>Untuk menentukan frekuensi alel LM dan LN dalam populasi, kita dapat menggunakan rumus frekuensi alel. Frekuensi alel LM(p)=(2*jumlah orang bergolongan darah M+jumlah orang bergolongan darah MN)/(2*jumlah individu dalam populasi) Frekuensi alel LN(q)=(2*jumlah orang bergolongan darah N+jumlah orang bergolongan darah MN)/(2*jumlah individu dalam populasi). Dalam hal ini: Jumlah orang bergolongan darah M=640 Jumlah orang bergolongan darah MN=320 Jumlah orang bergolongan darah N=40. Jumlah individu dalam populasi=Jumlah orang bergolongan darah M+Jumlah orang bergolongan darah MN+Jumlah orang bergolongan darah N=640+320+40=1000. Frekuensi alel LM(p)=(2*640+320)/(2*1000)=1600/2000=0.8 Frekuensi alel LN(q)=(2*40+320)/(2*1000)=400/2000=0.2. Jadi, frekuensi alel LM(p) dalam populasi tersebut adalah 0.8 dan frekuensi alel LN(q) adalah 0.2.</i></p>
<p>Respon Writesonic <i>Berikut adalah langkah-langkah untuk menentukan frekuensi alel LM(p) dan LN(q) dalam populasi tersebut: A. Hitung jumlah total individu dalam populasi: Total individu=jumlah individu bergolongan darah M+jumlah individu bergolongan darah MN+jumlah individu bergolongan darah N Total individu=640+320+40. B. Hitung frekuensi alel LM(p):Frekuensi alel LM(p)=(2*jumlah individu bergolongan darah M+jumlah individu bergolongan darah MN)/(2*Total individu) Frekuensi alel LM(p)=(2*640+320)/(2*(640+320+40)). C. Hitung frekuensi alel LN(q): Frekuensi alel LN(q)=(2*jumlah individu bergolongan darah N+jumlah individu bergolongan darah MN)/(2*Total individu) Frekuensi alel LN(q)=(2*40+320)/(2*(640+320+40)). D. Setelah mendapatkan frekuensi alel LM(p) dan LN(q), Anda dapat menggunakannya untuk menghitung frekuensi homozigot, heterozigot, dan lainnya dalam populasi tersebut. Selamat mencoba!</i></p>
<p>Respon Youchat <i>Untuk mengetahui frekuensi alel dalam populasi, kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut: $f(A)=(n(AA)+0.5n(Aa))/N$ $f(a)=(n(aa)+0.5n(Aa))/N$. Dimana: $f(A)$=frekuensi alel dominan, $f(a)$=frekuensi alel resesif, $n(AA)$=jumlah individu homozigot dominan, $n(aa)$=jumlah individu homozigot resesif, $n(Aa)$=jumlah individu heterozigot, N=total individu dalam populasi. Dalam</i></p>

kasus ini, karena bergolongan darah MN merupakan tipe heterozigot (Aa), maka jumlahnya harus dibagi dua untuk mendapatkan jumlah dari alel A dalam populasi. Dengan menggunakan data yang diberikan, $n(AA)=640$ $n(Aa)=320/2=160$ $n(aa)=40$ $N=1000$ (total individu dalam populasi) Maka, frekuensi alel M(A) dapat dihitung sebagai berikut: $f(A)=(n(AA)+0.5n(Aa))/N=(640+0.5160)/1000=0.72$. Frekuensi alel N(a) dapat dihitung dengan cara yang sama: $f(a)=(n(aa)+0.5n(Aa))/N=(40+0.5160)/1000=0.28$. Sehingga, frekuensi alel LM(A)=f(A)=0.72 dan frekuensi alel LN(a)=f(a)=0.28.

Berdasarkan pada tabel 3 di atas, ketiga AI merespon soal HOTS masing-masing dengan lima langkah penyelesaian sebagaimana pada tabel 4. Urutan langkah penyelesaian ketiga AI sama persis, kecuali pada langkah terakhir Writesonic yang menuliskan tindak lanjut jawaban daripada kesimpulan jawaban.

Tabel 4. Langkah-langkah AI dalam merespon soal HOTS

ChatGPT	Writesonic	Youchat
1. Menuliskan hal-hal yang ditanyakan	1. Menuliskan hal-hal yang ditanyakan	1. Menuliskan hal-hal yang ditanyakan
2. Menuliskan rumus penyelesaian	2. Menuliskan rumus penyelesaian	2. Menuliskan rumus penyelesaian
3. Menuliskan hal-hal yang diketahui	3. Menuliskan hal-hal yang diketahui	3. Menuliskan hal-hal yang diketahui
4. Mengoperasikan rumus a. Mencari nilai p b. Mencari nilai q	4. Mengoperasikan rumus a. Mencari nilai p b. Mencari nilai q	4. Mengoperasikan rumus a. Mencari nilai p b. Mencari nilai q
5. Menyimpulkan jawaban	5. Tindak lanjut jawaban	5. Menyimpulkan jawaban

Apabila dibandingkan dengan langkah penyelesaian pada tabel 2, ada kesamaan jumlah langkah penyelesaian yaitu lima langkah. Akan tetapi terdapat perbedaan urutan langkah. Suryo (2011) terlebih dahulu menuliskan hal-hal yang diketahui daripada hal-hal yang ditanyakan dan terlebih dahulu mencari nilai q daripada nilai p saat mengoperasikan rumus.

Langkah-langkah AI dalam merespon jawaban secara umum sama, namun hasil akhirnya berbeda. ChatGPT dan Writesonic memperoleh hasil yang sama dengan Suryo (2011), sementara Youchat memperoleh hasil yang berbeda. Hal ini dikarenakan ChatGPT dan Writesonic menggunakan rumus penyelesaian yang benar, sementara Youchat menggunakan rumus penyelesaian yang salah. Rumus penyelesaian yang digunakan Youchat merupakan rumus frekuensi untuk menghitung alel/gen dominansi, seharusnya kodominan. Hal ini menunjukkan bahwa Youchat keliru dalam mengidentifikasi tipe soal sehingga salah menggunakan rumus penyelesaian.

Hasil negatif yang diperoleh Youchat membuat peneliti mengajukan pertanyaan ulang (Tabel 5), namun dengan modifikasi berupa tambahan perintah sesuai dengan kekeliruan Youchat dalam mengidentifikasi tipe soal.

Tabel 5. Respon Youchat terhadap soal HOTS pertama yang telah dimodifikasi

Pertanyaan 1 yang telah dimodifikasi:
Bantu saya menjawab soal genetika populasi terkait gen kodominan berikut!
Di Majene, diperoleh data 640 orang bergolongan darah M, 320 orang bergolongan darah MN, dan 40 orang bergolongan darah N. Tentukan frekuensi alel LM dan LN dalam populasi tersebut!

Respon Youchat

Dalam kasus ini, kita dapat menggunakan rumus frekuensi alel untuk menghitung frekuensi alel LM dan LN. Berikut adalah rumusnya: Frekuensi alel=(jumlah individu dengan alel tertentu x_2)+jumlah individu heterozigot x_1 /total individu dalam populasi. Dalam hal ini, alel L adalah alel kodominan yang terkait dengan golda M dan N, sedangkan alel M dan N masing-masing mewakili alel yang dominan untuk golongan darah M dan N. Dari data yang diberikan, Individu dengan golongan darah M(LL) (homozigot) sebanyak 640 orang, Individu dengan golongan darah MN(LN) (heterozigot) sebanyak 320 orang, Individu dengan golongan darah N(NN) (homozigot) sebanyak 40 orang. Dengan menggunakan data tersebut, kita dapat menghitung frekuensi alel LM dan LN sebagai berikut: Frekuensi alel LM=(640 x_2)+(320 x_1)/(640+320+40)=0,8 atau 80% Frekuensi alel LN=(320 x_1)+(40 x_2)/(640+320+40)=0,2 atau 20%. Dengan demikian, frekuensi alel LM dalam populasi adalah 80%, sedangkan frekuensi alel LN adalah 20%.

Berdasarkan tabel 5 di atas, setelah soal HOTS dimodifikasi untuk membantu Youchat dalam mengidentifikasi soal terkait gen kodominan, hasilnya Youchat dapat menjawab dengan benar soal HOTS yang pertama. Hal ini menunjukkan bahwa tambahan perintah yang diberikan dapat dipahami dengan baik oleh Youchat.

Selanjutnya respon AI untuk soal HOTS kedua dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Respon AI terhadap soal HOTS kedua

Respon ChatGPT

Untuk menjawab pertanyaan tersebut, kita dapat menggunakan rumus frekuensi alel pada populasi yang diberikan. a) Untuk mencari frekuensi alel IA, kita dapat menggunakan rumus: Frekuensi alel IA=(2*jumlah individu golongan darah A)+jumlah individu golongan darah AB)/(2*jumlah individu dalam populasi). Frekuensi alel IA=(2*320+40)/(2*1000)=680/2000=0.34. Frekuensi alel IB=(2*jumlah individu golongan darah B+jumlah individu golongan darah AB)/(2*jumlah individu dalam populasi). Frekuensi alel IB=(2*150+40)/(2*1000)=340/2000=0.17. Frekuensi alel i=(2*jumlah individu golongan darah O)+jumlah individu golongan darah AB)/(2*jumlah individu dalam populasi). Frekuensi alel i=(2*490+40)/(2*1000)=1020/2000=0.51. Jadi, frekuensi alel IA adalah 0.34, frekuensi alel IB adalah 0.17, dan frekuensi alel i adalah 0.51. b) Untuk mengestimasi jumlah individu homozigotik IA IA dari 320 orang dengan golongan darah A, kita dapat mengasumsikan bahwa semua individu tersebut adalah homozigotik. Jadi, jumlah individu homozigotik IA IA adalah 320. c) Untuk mengestimasi jumlah individu heterozigotik IBi dari 150 orang dengan golongan darah B, kita dapat menggunakan rumus Hardy-Weinberg: Frekuensi heterozigotik (IBi)=2*frekuensi alel IB*frekuensi alel I, Frekuensi heterozigotik (IBi)=2*0.17*0.51=0.1734. Jumlah individu heterozigotik IBi=frekuensi heterozigotik (IBi)*jumlah individu golongan darah B. Jumlah individu heterozigotik IBi=0.1734*150=26.01. Jadi, diperkirakan ada 26 individu heterozigotik IBi dari 150 orang dengan golongan darah B.

Respon Writesonic

a) Untuk menghitung frekuensi alel IA, IB, dan i, kita dapat menggunakan rumus frekuensi alel sebagai berikut: Frekuensi alel=jumlah individu dengan alel tertentu/total individu dalam populasi. Frekuensi alel IA=320/1000=0,32 Frekuensi alel IB=150/1000=0,15 Frekuensi alel i=490/1000=0,49. b) Untuk menghitung diperkirakan homozigotik IA IA dari 320 orang golda A, kita dapat menggunakan rumus frekuensi homozigot sebagai berikut: Frekuensi homozigot IA IA=(jumlah individu homozigot IA IA)/total individu dengan golda A. Dalam hal ini, semua

individu golda A adalah homozigot IA IA. Jadi, Frekuensi homozigot IA IA = $320/320 = 1$. Jadi, diperkirakan semua 320 orang golda A adalah homozigotik IA IA. c) Untuk menghitung diperkirakan heterozigotik IBi dari 150 orang golda B, kita dapat menggunakan rumus frekuensi heterozigot sebagai berikut: Frekuensi heterozigot IBi = (jumlah individu heterozigot IBi) / total individu dengan golda B. Dalam hal ini, kita tidak memiliki informasi tentang individu heterozigot IBi. Jadi, kita tidak dapat menghitung frekuensi heterozigot IBi.

Respon Youchat

a) Frekuensi alel dapat dihitung dengan rumus $p = \text{frekuensi alel}$, $q = 1 - p$. Frekuensi alel IA = (jumlah individu dengan golongan darah Ax2) + (jumlah individu dengan golongan darah AB) / (jumlah sample x2) = $(320 \times 2) + 40 / (1000 \times 2) = 0.34$ Frekuensi alel IB = (jumlah individu dengan golongan darah Bx2) + (jumlah individu dengan golongan darah AB) / (jumlah sample x2) = $(150 \times 2) + 40 / (1000 \times 2) = 0.19$ Frekuensi alel i = jumlah individu dengan golongan darah O / (jumlah sample x2) = $490 / (1000 \times 2) = 0.245$. Sehingga frekuensi alel IA = 0.34, frekuensi alel IB = 0.19, dan frekuensi alel i = 0.245. b) Karena individu dengan golongan darah A dapat membawa alel IA atau IAi, maka dapat diasumsikan bahwa individu golda A homozigotik IA IA adalah sekitar separuh dari jumlah individu golda A. Jumlah individu golda A homozigotik IA IA = jumlah individu golda A / 2 = $320 / 2 = 160$ orang. c) Karena individu dengan golongan darah B dapat membawa alel IB atau IBi, maka dapat diasumsikan bahwa individu golda B heterozigotik IBi adalah sekitar setengah dari jumlah individu golda B. Jumlah individu golda B heterozigotik IBi = jumlah individu golda B / 2 = $150 / 2 = 75$ orang.

Berdasarkan pada tabel 6 di atas, ketiga AI merespon soal HOTS masing-masing dengan lima langkah penyelesaian sebagaimana pada tabel 4. Bedanya pada langkah mengoperasikan rumus, ada tambahan yaitu mencari nilai p, lalu nilai q, kemudian nilai r. Selain itu, Writesonic tidak lagi menuliskan tindak lanjut jawaban pada bagian akhir langkah, melainkan kesimpulan jawaban. Apabila dibandingkan dengan langkah penyelesaian pada tabel 2, Suryo (2011) terlebih dahulu mencari nilai r, lalu nilai p, kemudian nilai q saat mengoperasikan rumus.

Langkah-langkah AI dalam merespon jawaban secara umum sama, namun hasil akhirnya berbeda. ChatGPT, Writesonic, dan Youchat memperoleh hasil yang berbeda dengan jawaban benar dari Suryo (2011). Hal ini dikarenakan ketiga AI menggunakan rumus penyelesaian yang salah. ChatGPT dan Youchat sama-sama menggunakan rumus frekuensi untuk menghitung gen kodominan, sementara Writesonic menggunakan rumus frekuensi untuk menghitung gen dominansi, seharusnya alel ganda. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga AI keliru dalam mengidentifikasi tipe soal sehingga salah menggunakan rumus penyelesaian.

Hasil negatif yang diperoleh dari ketiga AI tersebut, membuat peneliti mengajukan pertanyaan ulang (Tabel 7), namun dengan modifikasi berupa tambahan perintah sesuai dengan kekeliruan AI dalam mengidentifikasi tipe soal.

Tabel 7. Respon AI terhadap soal HOTS kedua yang telah dimodifikasi

Pertanyaan 2 yang telah dimodifikasi:

Bantu saya menjawab soal genetika populasi terkait alel ganda berikut!

Misalnya 1000 orang penduduk asli Majene diperiksa golongan darahnya menurut sistem ABO dan didapatkan 320 orang golda A, 150 orang golda B, 40 orang golda AB, dan 490 orang golda O. Berapakah a) frekuensi alel IA, IB dan i masing-masing pada populasi itu? b) Dari 320 orang

golda A, berapakah diperkirakan homozigotik IA IA? c) Dari 150 orang golda B, berapakah diperkirakan heterozigotik IB i?

Respon ChatGPT

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, kita dapat menggunakan rumus-rumus genetika populasi yang terkait dengan frekuensi alel dan genotipe. a) Frekuensi alel dapat dihitung dengan menggunakan rumus: Frekuensi alel IA=(jumlah individu golongan darah A*2)/jumlah individu dalam populasi=(320*2)/1000=640/1000=0.64, Frekuensi alel IB=(jumlah individu golongan darah B*2)/jumlah individu dalam populasi=(150*2)/1000=300/1000=0.3, Frekuensi alel i=(jumlah individu golongan darah O*2)/jumlah individu dalam populasi=(490*2)/1000=980/1000=0.98. Jadi, frekuensi alel IA adalah 0.64, frekuensi alel IB adalah 0.3, dan frekuensi alel i adalah 0.98. b) Untuk mengetahui perkiraan jumlah individu homozigotik IA IA, kita dapat menggunakan rumus: Jumlah homozigotik IA IA=(frekuensi alel IA)^2*jumlah individu dalam populasi. Jumlah homozigotik IA IA=(0.64)^2*320=0.4096*320=131.072. Jadi, diperkirakan terdapat sekitar 131 orang homozigotik IA IA dalam 320 orang dengan golongan darah A. c) Untuk mengetahui perkiraan jumlah individu heterozigotik IBi, kita dapat menggunakan rumus: Jumlah heterozigotik IBi=2*frekuensi alel IB*frekuensi alel i*jumlah individu dalam populasi. Jumlah heterozigotik IBi=2*0.3*0.98*150=0.588*150=88.2. Jadi, diperkirakan terdapat sekitar 88 orang heterozigotik IBi dalam 150 orang dengan golongan darah B.

Respon Writesonic

a) Frekuensi alel IA dapat dihitung dengan mengambil akar kuadrat dari proporsi golongan darah A pada populasi. Dalam hal ini, frekuensi alel IA adalah akar kuadrat dari 320/1000, atau sekitar 0,57. Frekuensi alel IB dapat dicari dengan cara yang sama, yaitu akar kuadrat dari proporsi golongan darah B pada populasi, yaitu sekitar 0,39. Frekuensi alel i dapat dicari dengan mengurangi total frekuensi alel IA dan IB dari 1, yaitu sekitar 0,04. b) Jika frekuensi alel IA pada populasi adalah sekitar 0,57, maka frekuensi homozigot IA IA dapat dihitung dengan cara mengalikan frekuensi alel IA dengan dirinya sendiri, yaitu sekitar 0,57x0,57=0,32 atau sekitar 32% dari 320 orang golda A. Oleh karena itu, dapat diperkirakan sekitar 102 orang dalam populasi tersebut memiliki golongan darah A dan homozigot IA IA. c) Untuk menghitung diperkirakan heterozigotik IBi dari 150 orang golda B pada populasi, kita perlu menghitung frekuensi alel IB dan i terlebih dahulu. Frekuensi alel IB dapat dihitung dengan cara yang sama seperti dalam jawaban a, yaitu akar kuadrat dari 150/1000, atau sekitar 0,39. Frekuensi alel i dapat dihitung dengan cara yang sama, yaitu 1-(0,57+0,39)=0,04. Kemudian, frekuensi heterozigot IB i dapat dihitung dengan mengalikan frekuensi alel IB dengan frekuensi alel i, yaitu sekitar 0,39x0,04=0,016 atau sekitar 1,6% dari 150 orang golda B. Oleh karena itu, diperkirakan sekitar 2 orang dalam populasi tersebut memiliki golongan darah B dan heterozigot IBi.

Respon Youchat

a) Untuk mencari frekuensi alel pada populasi, dapat menggunakan rumus frekuensi alel sebagai berikut: $f(A) = \frac{2 \times \text{jumlah individu homozigot A} + \text{jumlah individu heterozigot A}}{2 \times \text{jumlah individu populasi}}$, $f(B) = \frac{2 \times \text{jumlah individu homozigot B} + \text{jumlah individu heterozigot B}}{2 \times \text{jumlah individu populasi}}$, $f(i) = \frac{2 \times \text{jumlah individu homozigot O} + \text{jumlah individu heterozigot A} + \text{jumlah individu heterozigot B}}{2 \times \text{jumlah individu populasi}}$. Dari data yang diberikan, dapat dihitung sebagai berikut: $f(A) = \frac{2 \times 320 + 40}{2 \times 1000} = 0.34$, $f(B) = \frac{2 \times 150 + 40}{2 \times 1000} = 0.19$, $f(i) = \frac{2 \times 490 + 40 + 150}{2 \times 1000} = 0.47$. Jadi, frekuensi alel IA adalah 0.34, frekuensi alel IB adalah 0.19, dan frekuensi alel i adalah 0.47. b) Karena semua individu golda A memiliki alel A, maka

proporsi homozigot IA IA dalam populasi akan sama dengan frekuensi alel IA, yaitu 0.34 atau sekitar 34% dari 320 orang golda A, sehingga diperkirakan terdapat sekitar 109 orang homozigot IA IA. c) Untuk mencari proporsi heterozigot IBi pada populasi dapat menggunakan rumus frekuensi genotipe sebagai berikut: $f(IBi) = \text{jumlah individu heterozigot IBi} / \text{jumlah individu populasi}$. Dari data yang diberikan, dapat dihitung sebagai berikut: $f(IBi) = 40/1000 = 0.04$. Jadi, diperkirakan terdapat sekitar 6 orang heterozigot IBi dari 150 orang dengan golda B.

Berdasarkan tabel 7 di atas, setelah soal HOTS dimodifikasi untuk membantu ketiga AI dalam mengidentifikasi soal terkait alel ganda, hasilnya ketiga AI tetap keliru. ChatGPT mengidentifikasi soal terkait gen dominansi, sementara Writesonic dan Youchat mengidentifikasi soal terkait gen kodominan. Akibatnya rumus penyelesaian yang digunakan salah dan hasil akhirnya menjadi salah. Untuk memastikan terkait konsep alel ganda ketiga AI diberikan satu pertanyaan tambahan, yaitu "apa yang dimaksud dengan alel ganda?" ternyata jawaban ketiga AI sudah benar yang berarti bahwa ketiga AI memiliki pengetahuan terkait alel ganda. Kesimpulannya, ketiga AI tidak dapat menjawab dengan benar soal HOTS yang kedua terkait alel ganda karena masih keliru dalam mengidentifikasi soal, meskipun telah diberi penekanan atau tambahan perintah pada bagian awal soal. Hal ini juga menunjukkan bahwa tambahan perintah yang diberikan tidak dapat dipahami dengan baik oleh ketiga AI.

Selanjutnya respon AI untuk soal HOTS ketiga dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Respon AI terhadap soal HOTS ketiga

Respon ChatGPT

*Untuk menjawab pertanyaan tersebut, kita perlu mengetahui frekuensi alel T dan t dalam populasi mahasiswa yang mengikuti kuliah di Universitas Sulawesi Barat. a) Frekuensi alel T(p) dan t(q) dapat dihitung menggunakan rumus Hardy-Weinberg: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. Di sini, p^2 mewakili frekuensi individu homozigotik dominan(TT), $2pq$ mewakili frekuensi individu heterozigot(Tt), dan q^2 mewakili frekuensi individu homozigotik resesif(tt). Dalam kasus ini, kita diberikan informasi bahwa 2139 dari 2500 mahasiswa adalah pengecap ("taster"). Oleh karena itu, jumlah individu homozigotik resesif(tt) adalah 2139. Dengan demikian, frekuensi tt(q^2) dapat dihitung sebagai berikut: $q^2 = \text{jumlah individu tt} / \text{total populasi} = 2139/2500 = 0,8556$. Selanjutnya, kita dapat menghitung akar kuadrat dari q^2 untuk mendapatkan frekuensi alel t(q): $q = \sqrt{0,8556} = 0,9253$. Kemudian, kita dapat menghitung frekuensi alel T(p) menggunakan rumus: $p = 1 - q = 1 - 0,9253 = 0,0747$. Jadi, frekuensi alel T(p) adalah sekitar 0,0747 dan frekuensi alel t(q) adalah sekitar 0,9253. b) Untuk menentukan berapa banyak mahasiswa pengecap yang diharapkan homozigotik(TT), kita dapat menggunakan frekuensi alel T(p) yang telah kita hitung sebelumnya. Frekuensi individu homozigotik(TT) dapat dihitung dengan mengkuadratkan frekuensi alel T(p^2): $p^2 = (0,0747)^2 = 0,0056$. Kemudian, untuk menghitung jumlah individu homozigotik(TT) dalam populasi, kita dapat mengalikan p^2 dengan jumlah total populasi: $\text{jumlah individu homozigotik(TT)} = p^2 * \text{total populasi} = 0,0056 * 2500 \approx 14$. Jadi, di antara mahasiswa pengecap itu, diharapkan ada 14 mahasiswa yang homozigotik(TT).*

Respon Writesonic

*Untuk menghitung frekuensi alel T dan t, kita perlu menggunakan rumus Hardy-Weinberg yang menghubungkan frekuensi alel dengan frekuensi genotipe dalam populasi. a) Frekuensi alel T(p): $p = \sqrt{\text{jumlah individu pengecap} / \text{jumlah total individu}}$ $p = \sqrt{2139/2500}$ $p = 0.923$. Frekuensi alel t(q): $q = 1 - p \approx q = 1 - 0.923 \approx q = 0.077$. b) Untuk menghitung jumlah individu homozigotik yang diharapkan, kita menggunakan rumus: $\text{jumlah homozigotik} = p^2 * \text{jumlah total individu}$ jumlah*

homozigotik=(0.923)²*2500 jumlah homozigotik=0.852*2500 jumlah homozigotik=2130. Jadi, di antara mahasiswa pengecap itu, diharapkan ada sekitar 2130 orang homozigotik.

Respon Youchat

a) Untuk mencari frekuensi alel *T* dan *t* masing-masing pada populasi mahasiswa dapat menggunakan rumus: $f(T)+f(t)=1$ dengan $f(T)$ merupakan frekuensi alel *T* dan $f(t)$ merupakan frekuensi alel *t*. Karena mahasiswa yang bisa mencicipi PTC ada 2139 orang, maka frekuensi individu homozigotik taster (*TT*) dapat dihitung sebagai: $f(TT)=(2139/2500)^2=0.73205$. Dari sini, dapat dicari frekuensi alel *T* dengan menghitung akar kuadrat dari $f(TT)$: $f(T)=\sqrt{f(TT)}=\sqrt{0.73205}=0.85576$. Maka frekuensi alel *t* dapat dicari sebagai: $f(t)=1-f(T)=1-0.85576=0.14424$. Jadi, frekuensi alel *T* adalah 0.85576 dan frekuensi alel *t* adalah 0.14424. b) Di antara mahasiswa pengecap, diharapkan homozigotik berjumlah: $f(TT)*2500=0.73205*2500=1830.13$. Namun, karena tidak mungkin memiliki sebagian mahasiswa homozigotik, maka jawaban yang tepat adalah 1830 orang. Oleh karena itu, terdapat sekitar 1830 mahasiswa pengecap yang diharapkan homozigotik.

Berdasarkan pada tabel 8 di atas, ketiga AI merespon soal HOTS masing-masing dengan lima langkah penyelesaian sebagaimana pada tabel 4, kecuali pada ChatGPT yang terlebih dahulu mencari nilai *q*, lalu nilai *p* saat mengoperasikan rumus sama seperti langkah penyelesaian Suryo (2011). Writesonic juga sudah konsisten dalam menuliskan kesimpulan jawaban, daripada tindak lanjut jawaban pada langkah terakhir.

Langkah-langkah AI dalam merespon jawaban secara umum sama, namun hasil akhirnya berbeda. ChatGPT, Writesonic, dan Youchat memperoleh hasil yang berbeda dengan jawaban benar dari Suryo (2011). Ketiga AI sudah tepat dalam mengidentifikasi soal terkait gen dominansi sehingga rumus penyelesaian yang digunakan sudah benar. Akan tetapi, ChatGPT keliru dalam menempatkan karakter PTC sebagai gen resesif yang seharusnya dominan. Akibatnya hasil akhirnya menjadi salah. Adapun Writesonic dan Youchat keliru dalam pengoperasian rumus. Langkah Writesonic dan Youchat dengan mencari nilai *p* terlebih dahulu daripada nilai *q* membuat perhitungan nilai frekuensi alel/gen menjadi salah. Karakter soal bertipe dominansi seperti ini tidak dapat diselesaikan dengan benar, kecuali dengan mencari nilai *q* terlebih dahulu.

Hasil negatif yang diperoleh dari ketiga AI tersebut, membuat peneliti mengajukan pertanyaan ulang (Tabel 9), namun dengan modifikasi berupa tambahan perintah sesuai dengan kekeliruan AI dalam respon yang pertama.

Tabel 9. Respon AI terhadap soal HOTS ketiga yang telah dimodifikasi

Pertanyaan 3 yang telah dimodifikasi khusus untuk ChatGPT:

Dari 2500 Mahasiswa suku Mandar yang mengikuti kuliah di Universitas Sulawesi Barat pada waktu dilakukan tes phenil thiocarbamide (PTC) didapatkan misalnya 2139 orang pengecap ("taster"). PTC atau taster merupakan gen dominan. Berapakah a) frekuensi alel T dan t masing-masing pada populasi mahasiswa itu? b) Berapakah di antara mahasiswa pengecap itu diharapkan homozigotik?

Respon ChatGPT

Untuk menghitung frekuensi alel T dan t serta mengestimasi jumlah mahasiswa homozigotik, kita dapat menggunakan rumus dan informasi yang diberikan. a) Frekuensi alel T dan t: Misalkan frekuensi alel T adalah p dan frekuensi alel t adalah q. Karena sifat taster (T) adalah dominan

terhadap non-taster (t), kita dapat menggunakan persamaan Hardy-Weinberg: $p^2+2pq+q^2=1$. Di sini, kita tahu bahwa jumlah taster (T) adalah 2139, yang dapat diwakili sebagai frekuensi genotipe T (p^2). Oleh karena itu, kita dapat menulis persamaan berikut: $p^2=2139/2500$. Kita juga tahu bahwa jumlah non-taster (t) adalah $2500-2139=361$, yang dapat diwakili sebagai frekuensi genotipe t (q^2). Oleh karena itu, kita dapat menulis persamaan kedua: $q^2=361/2500$. Sekarang kita dapat mencari akar kuadrat dari kedua persamaan tersebut untuk menghitung nilai p dan q . Setelah itu, kita dapat menghitung frekuensi alel T dan t menggunakan p =frekuensi alel T dan q =frekuensi alel t . b) Jumlah mahasiswa homozigotik: Untuk menghitung jumlah mahasiswa homozigotik, kita dapat menggunakan persamaan Hardy-Weinberg: $p^2+2pq+q^2=1$. Kita sudah mengetahui frekuensi genotipe T (p^2) dan frekuensi genotipe t (q^2) dari persamaan sebelumnya. Kita dapat menggantikan nilainya ke dalam persamaan dan mencari nilai $2pq$, yang akan memberikan kita jumlah mahasiswa heterozigotik (Tt). Jumlah mahasiswa homozigotik (TT dan tt) dapat dihitung dengan mengurangi jumlah mahasiswa heterozigotik dari total populasi. Mari kita hitung nilainya: a) Frekuensi alel T dan t : Dari persamaan sebelumnya, kita telah mendapatkan: $p^2=2139/2500$ dan $q^2=361/2500$. Kita dapat mencari akar kuadrat dari kedua persamaan ini untuk mendapatkan nilai p dan q . $p=\sqrt{(2139/2500)}$ dan $q=\sqrt{(361/2500)}$. Kita dapat menghitung nilai p dan q : $p\approx 0.872$ dan $q\approx 0.268$. Frekuensi alel T adalah $p\approx 0.872$ dan Frekuensi alel t adalah $q\approx 0.268$ b). Jumlah mahasiswa homozigotik: Kita telah mendapatkan frekuensi alel $T(p)$ dan frekuensi alel $t(q)$. Sekarang kita dapat menghitung nilai $2pq$ untuk mencari jumlah mahasiswa heterozigotik (Tt). $2pq=2*0.872*0.268$. Kita dapat menghitung: $2pq\approx 0.467$ Jumlah mahasiswa heterozigotik (Tt) adalah sekitar $0.467*2500\approx 1167$. Untuk menghitung jumlah mahasiswa homozigotik (TT dan tt), kita kurangi jumlah mahasiswa heterozigotik dari total populasi: Jumlah mahasiswa homozigotik= $2500-1167\approx 1333$. Jadi, di antara mahasiswa pengecap (taster), diharapkan ada sekitar 1333 mahasiswa homozigotik.

Pertanyaan 3 yang telah dimodifikasi khusus untuk Writesonic dan Youchat:

Dari 2500 Mahasiswa suku Mandar yang mengikuti kuliah di Universitas Sulawesi Barat pada waktu dilakukan tes phenil thiocarbamide (PTC) didapatkan misalnya 2139 orang pengecap ("taster"). Berapakah a) frekuensi alel T dan t masing-masing pada populasi mahasiswa itu? b) Berapakah di antara mahasiswa pengecap itu diharapkan homozigotik? **Hitunglah terlebih dahulu frekuensi alel/gen resesif (q)!**

Respon Writesonic

Untuk menghitung frekuensi alel T dan t serta frekuensi genotipe homozigotik, kita membutuhkan nilai q terlebih dahulu. Diketahui bahwa dari 2500 mahasiswa suku Mandar, 2139 di antaranya pengecap (taster), sehingga frekuensi alel dominan (T) dapat dihitung sebagai berikut: $p+q=1$ dan $p=1-q\approx 2139/2500=p^2+2pq$. Dengan mensubstitusikan $p=1-q$, maka: $2139/2500=(1-q)^2+2(1-q)q\approx 1-2q+q^2+2q-2q^2\approx 1-q^2\approx 1-2139/2500\approx q^2=0.1444\approx q=\sqrt{0.1444}=0.38$. Sehingga frekuensi alel T dapat dihitung sebagai: $p=1-q=1-0.38=0.62$. a) Frekuensi alel T adalah 0.62 dan frekuensi alel t adalah 0.38. b) Untuk menghitung jumlah mahasiswa pengecap yang diharapkan homozigotik, kita dapat menggunakan rumus frekuensi genotipe: $p^2+2pq+q^2=1$ $\approx (0.62)^2+2(0.62)(0.38)+(0.38)^2=0.3844+0.4464+0.169=1$. Jadi, di antara mahasiswa pengecap, diharapkan sebanyak 38.44% homozigotik.

Respon Youchat

Untuk menyelesaikan masalah ini, terlebih dahulu perlu dilakukan perhitungan frekuensi alel dan gen resesif. Dari data yang diberikan, jumlah total mahasiswa suku Mandar yang mengikuti kuliah di Universitas Sulawesi Barat adalah 2500, dan jumlah pengecap (taster) adalah 2139 orang. a)

Untuk menghitung frekuensi alel, dapat menggunakan rumus: $f(A)=p=\text{jumlah alel dominan/jumlah total individu}$. $f(a)=q=\text{jumlah alel resesif/jumlah total individu}$. Dalam hal ini, alel yang dominan adalah T, sedangkan alel yang resesif adalah t. Diketahui bahwa jumlah taster (yang memiliki alel dominan Tt dan TT) adalah 2139, sehingga dapat diasumsikan bahwa jumlah individu yang memiliki alel T adalah sebanyak itu juga. Maka frekuensi alel T adalah: $p=f(A)=\text{jumlah alel T/jumlah total individu}=2139/2500=0.8556$. Kita bisa menghitung frekuensi alel t(q) dengan cara: dikarenakan frekuensi alel dalam satu populasi selalu bernilai 1, maka $1=p+q$ dan $q=1-p$ sehingga, $q=1-0.8556=0.1444$. Jadi, frekuensi alel T pada populasi mahasiswa suku Mandar yang mengikuti kuliah di Universitas Sulawesi Barat adalah 0.8556, dan frekuensi alel t adalah 0.1444.

b) Untuk menghitung jumlah mahasiswa yang diharapkan homozigotik (yang memiliki alel T pada kedua kromosom), dapat menggunakan rumus: $f(TT)=p^2 \approx f(TT)=\text{frekuensi homozigotik alel T}$. $p=\text{frekuensi alel T}$. Dari hasil perhitungan sebelumnya, frekuensi alel T adalah 0.8556. Maka, $f(TT)=p^2=(0.8556)^2=0.7331$. Jadi, diharapkan sekitar 73

Berdasarkan tabel 9 di atas, setelah soal HOTS dimodifikasi sesuai dengan kekeliruan dalam respon yang pertama, hasilnya ChatGPT telah mengidentifikasi gen PTC sebagai sifat dominan, namun masih ada kekeliruan dalam pengoperasian karena ChatGPT mengubah langkah penyelesaiannya dengan mencari nilai p terlebih dahulu daripada nilai q yang membuat perhitungan nilai frekuensi alel/gen menjadi salah. Kesimpulannya, ChatGPT tidak dapat menjawab dengan benar soal HOTS yang ketiga terkait gen dominansi meskipun telah mendapatkan tambahan perintah sesuai dengan kekeliruannya pada respon yang pertama.

Adapun respon Writesonic setelah diberikan soal HOTS yang telah dimodifikasi, hasilnya Writesonic dapat menjawab dengan benar soal HOTS yang ketiga terkait gen dominan. Hal ini menunjukkan bahwa tambahan perintah yang diberikan dapat dipahami dengan baik oleh Writesonic. Sementara respon Youchat setelah diberikan soal HOTS yang telah dimodifikasi, hasilnya Youchat masih tetap keliru dalam pengoperasian rumus frekuensi alel/gen dengan tetap mencari nilai p terlebih dahulu yang seharusnya q. Akibatnya, hasil akhirnya menjadi salah. Hal ini menunjukkan bahwa Youchat tidak dapat menjawab dengan benar soal HOTS yang ketiga terkait gen dominan. Hal ini juga menunjukkan bahwa tambahan perintah yang diberikan tidak dapat dipahami dengan baik oleh Youchat.

Secara keseluruhan, ketiga AI hanya mampu menjawab satu dari tiga pertanyaan, kecuali Youchat yang tidak memiliki satupun jawaban benar. Namun setelah pertanyaan dimodifikasi dengan tambahan perintah sesuai dengan analisis kekeliruan pada respon pertama, maka terdapat tambahan jawaban benar dari AI sebagaimana disajikan pada tabel 10 berikut. Hal ini sesuai dengan penelitian Wang et.al. (2023) yang menyimpulkan bahwa perintah yang spesifik memiliki pengaruh dalam meningkatkan kualitas respon AI.

Tabel 10. Perbandingan jawaban AI sebelum dan setelah mendapatkan tambahan perintah

AI	Soal 1	Soal 2	Soal 3
Sebelum mendapatkan tambahan perintah			
ChatGPT	√	X	X
Writesonic	√	X	X
Youchat	X	X	X
Setelah mendapatkan tambahan perintah			
ChatGPT	-	X	X
Writesonic	-	X	√

Youchat	√	X	X
----------------	---	---	---

AI masih kesulitan dalam menjawab soal HOTS yang diajukan, bahkan setelah soal dimodifikasi dengan tambahan perintah. ChatGPT dan Youchat hanya menjawab benar satu dari tiga pertanyaan, sementara, Writesonic hanya menjawab benar dua dari tiga pertanyaan. Hal ini menunjukkan bahwa AI memiliki kelemahan terkait kemampuan matematis, sesuai dengan temuan dari Frieder et.al. (2023) bahwa salah satu kelemahan AI adalah kemampuan penalaran matematis.

Secara umum, soal yang menjadi subjek dalam penelitian ini merupakan soal HOTS pada level C4 (Analisis). Berdasarkan Taksonomi Bloom, soal level C4 menekankan pada kemampuan peserta didik dalam mengimplementasikan pengetahuan atau konsep dalam menyelesaikan sebuah masalah (Tuela & Palar, 2022) dan menganalisis informasi serta mengidentifikasi pola atau hubungan yang terdapat di dalamnya (Julistiawati & Yonata, 2103). Dalam konteks penelitian ini, soal yang diujikan menuntut jawaban bertingkat yang harus diselesaikan secara runut berdasarkan pola dan urutan tertentu. Ketika soal tersebut diberikan kepada AI untuk diselesaikan, AI gagal mengenali pola dan urutan penyelesaian soal sehingga jawaban yang diberikan AI tidak sesuai dengan jawaban yang diinginkan.

Kesalahan AI dalam memberikan jawaban dapat terjadi akibat beberapa alasan. Salah satunya adalah pengetahuan AI yang terbatas mengenai sebuah domain atau topik tertentu (Kaviya et al., 2021). Faktor lain yang turut berpengaruh pada respon AI terhadap pertanyaan pengguna adalah ketersediaan sumber informasi akurat dan terkini, serta ketergangungan AI pada sumber data tertentu yang belum tentu reliabel dan komprehensif (A. Singh et al., 2022). Akurasi respon AI juga dapat dipengaruhi oleh algoritma pemrosesan bahasa alami. Jika algoritma tidak mampu memahami dan menginterpretasi pertanyaan pengguna secara akurat, maka besar kemungkinan AI akan memberikan jawaban yang salah (A. Singh et al., 2022) (N. Singh et al., 2022)

Kesimpulan

1. Respon ChatGPT, Writesonic, dan YouChat dalam menjawab soal HOTS materi genetika populasi relatif sama terkait langkah-langkah penyelesaian, yaitu menuliskan hal-hal yang ditanyakan, menuliskan rumus penyelesaian, menuliskan hal-hal yang diketahui, mengoperasikan rumus, dan menyimpulkan jawaban. Meskipun demikian hasil akhirnya berbeda karena adanya perbedaan dalam penggunaan rumus penyelesaian. ChatGPT dan Youchat dapat menjawab dengan benar satu dari tiga soal, sementara Writesonic dapat menjawab dengan benar dua soal.
2. Ketiga AI (ChatGPT, Writesonic, dan YouChat) kurang efektif dalam menjawab soal HOTS materi genetika populasi, namun efektivitas AI dapat ditingkatkan dengan modifikasi soal melalui tambahan perintah sesuai dengan analisis kekeliruan AI pada respon sebelumnya.

Referensi

Aida, N. R. (2023). *3 Chatbot AI Selain ChatGPT untuk Jawab Pertanyaan, Apa Saja? Halaman all - Kompas.com*. <https://www.kompas.com/tren/read/2023/02/03/094500265/3-chatbot-ai-selain-chatgpt-untuk-jawab-pertanyaan-apa-saja-?page=all>

- Alam, A. (2021). Possibilities and Apprehensions in the Landscape of Artificial Intelligence in Education. *2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications, ICCICA 2021*. <https://doi.org/10.1109/ICCICA52458.2021.9697272>
- Arradian, D. (2023). *5 AI untuk Mengerjakan Soal Matematika, PR Sulit Langsung Beres!* <https://tekno.sindonews.com/read/1051335/207/5-ai-untuk-mengerjakan-soal-matematika-pr-sulit-langsung-beres-1679281381>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Goodman, B. (2021). Hard Choices and Hard Limits in Artificial Intelligence. *AIES 2021 - Proceedings of the 2021 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, 112–120. <https://doi.org/10.1145/3461702.3462539>
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>, 61(4), 5–14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Harmoko, K. K. (2023). *7 Website AI yang Wajib Pelajar Tahu untuk Bantu Mengerjakan Tugas*. <https://www.mainmain.id/r/22979/7-website-ai-yang-wajib-pelajar-tahu-untuk-bantu-mengerjakan-tugas>
- Hori, R., & Fujii, M. (2021). Impact of Using ICT for Learning Purposes on Self-Efficacy and Persistence: Evidence from Pisa 2018. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 6463*, 13(11), 6463. <https://doi.org/10.3390/SU13116463>
- Julistiawati, R., & Yonata, B. (2103). KETERAMPILAN BERPIKIR LEVEL C4, C5, & C6 REVISI TAKSONOMI BLOOM SISWA KELAS X-3 SMAN 1 SUMENEP PADA PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI POKOK BAHASAN LARUTAN ELEKTROLIT DAN NON ELEKTROLIT. *UNESA Journal of Chemical Education*, 2(2), 57–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/ujced.v2n2.p%25p>
- Kaviya, P., Bhavyashree, M., Krishnan, M. D., & Sugacini, M. (2021). Artificial Intelligence Based Farmer Assistant Chatbot. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 4(4), 26–29. <https://journal.ijresm.com/index.php/ijresm/article/view/631>
- Liu, J., Jafar, R., Girard, L. A., Thorlund, K., & Forsythe, A. (2023). MSR8 Update on the LIVESTARTTM Artificial Intelligence (AI) Systematic Literature Review (SLR) Tool – Can It Aid in Limited Data Extraction for LIVEREFTM? *Value in Health*, 26(6), S279. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2023.03.1544>
- Malinka, K., Peresíni, M., Firc, A., Hujnák, O., & Janus, F. (2023). *On the Educational Impact of ChatGPT: Is Artificial Intelligence Ready to Obtain a University Degree?* 47–53. <https://doi.org/10.1145/3587102.3588827>
- Mitchell, I., & Carbone, A. (2011). A typology of task characteristics and their effects on student engagement. *International Journal of Educational Research*, 50(5–6), 257–270. <https://doi.org/10.1016/J.IJER.2011.05.001>
- Molnar, G., & Szuts, Z. (2018). The Role of Chatbots in Formal Education. *SISY 2018 - IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Proceedings*, 197–201. <https://doi.org/10.1109/SISY.2018.8524609>
- Ntoutsis, E., Fafalios, P., Gadiraju, U., Iosifidis, V., Nejdil, W., Vidal, M. E., Ruggieri, S., Turini, F., Papadopoulou, S., Krasanakis, E., Kompatsiaris, I., Kinder-Kurlanda, K., Wagner, C., Karimi, F., Fernandez, M., Alani, H., Berendt, B., Kruegel, T., Heinze, C., ... Staab, S. (2020). Bias in data-driven artificial intelligence systems—An introductory survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1356. <https://doi.org/10.1002/WIDM.1356>
- Prabowo, G. (2023). *Cara Mudah Menggunakan Bantuan AI untuk Tugas Sekolah Secara Otomatis!*

- *Semua Halaman* - *Nextren.grid.id*. <https://nextren.grid.id/read/013599760/cara-mudah-menggunakan-bantuan-ai-untuk-tugas-sekolah-secara-otomatis?page=all>
- Prastiwi, M. (2022). *Kemendikbud: 6 Profil Pendidikan Era 4.0, Perlu Diketahui Guru-Siswa*. <https://edukasi.kompas.com/read/2022/12/13/090000171/kemendikbud--6-profil-pendidikan-era-4.0-perlu-diketahui-guru-siswa?page=all>
- Singh, A., Murugeswari, P., Ragavendiran, S. D. P., Kaur, A., Singh, G., & Margabandu, S. (2022). AI-based Chatbot for Physically Challenged People. *International Conference on Edge Computing and Applications, ICECAA 2022 - Proceedings*, 1039–1044. <https://doi.org/10.1109/ICECAA55415.2022.9936585>
- Singh, N., Bathla, G., & Sharma, V. (2022). AI-powered Chatbot: A Link between Learning and Technology. *Proceedings of the 2022 11th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends, SMART 2022*, 483–488. <https://doi.org/10.1109/SMART55829.2022.10047590>
- Sinha, S., Basak, S., Dey, Y., & Mondal, A. (2020). An Educational Chatbot for Answering Queries. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 937, 55–60. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7403-6_7/TABLES/1
- Susnjak, T. (2022). *ChatGPT: The End of Online Exam Integrity?* <https://arxiv.org/abs/2212.09292v1>
- Tuela, A. I., & Palar, Y. N. (2022). Analysis of Higher Order Thinking Skills (HOTS) Based on Bloom Taxonomy in Comprehensive Examination Questions. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 8(4), 957. <https://doi.org/10.33394/jk.v8i4.5885>
- Zhang, C., & Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. *Journal of Industrial Information Integration*, 23, 100224. <https://doi.org/10.1016/J.JII.2021.100224>
- Wang, Y., Shen, S., & Lim, B. (2023). RePrompt: Automatic Prompt Editing to Refine AI-Generative Art Towards Precise Expressions. *ArXiv*, abs/2302.09466. <https://doi.org/10.1145/3544548.3581402>.