

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian dan pengembangan dengan menggunakan metode 4D (1) pendefinisian; (2) perancangan; (3) pengembangan; dan (4) diseminasi tidak dilakukan. Borg dan Gall mengatakan bahwa pelaksanaan prosedur pada tingkat mahasiswa sarjana sebaiknya dilakukan dalam skala kecil, dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang dimiliki mahasiswa. Tahap selanjutnya adalah menyempurnakan prosedur tanpa mengurangi nilai-nilai dari penelitian itu sendiri

1. Define

a. Analisis ujung depan Analisis ujung depan (front and analysis)

Berdasarkan wawancara pada Tanggal 3 Februari 2024 yang peneliti lakukan dengan guru mata pelajaran Biologi kelas XII SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan. Wawancara tersebut dilakukan di luar jam pelajaran Biologi, adapun masalah dan hambatan yang ada dalam proses pembelajaran adalah (1) belum adanya sumber ajar yang memuat literasi sains (2) kurangnya pembahasan pada materi mutasi di buku paket yang digunakan. Penggunaan media dalam pembelajaran sangat kurang dikarenakan media yang digunakan hanya sebatas *powerpoint* saja. Terlebih lagi penggunaan media selama pembelajaran terfokus penggunaannya hanya disekolah saja, siswa tidak bisa menggunakannya kembali atau mengakses kembali saat di rumah.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan peneliti dengan guru Biologi kelas XII di SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan pada 3 Februari 2024, terungkap beberapa permasalahan dan hambatan dalam proses pembelajaran. Wawancara ini dilaksanakan di luar jam pelajaran Biologi. Permasalahan yang ditemukan meliputi (1) keterbatasan bahan ajar yang berfokus pada literasi sains dan (2) kurangnya

pembahasan mengenai mutasi dalam buku teks biologi kelas XII kurikulum merdeka yang digunakan. Penggunaan media dalam kelas juga masih terbatas, terutama hanya menggunakan *PowerPoint*.

Berdasarkan hasil angket dengan 27 siswa kelas XII SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan, siswa menyadari dalam belajar Biologi terkadang merasa bosan dikarenakan banyak buku pelajaran yang lebih memuat penjelasan teks namun tidak mendukung penjelasan dengan gambar yang berakibat para siswa malas untuk membacanya. Siswa merasa buku pelajaran Biologi kurang menarik bagi mereka, jadi mereka kurang antusias membacanya. Guru saat di kelas terkadang menggunakan media belajar berupa *PowerPoint* untuk mengajar biologi, tetapi tetap saja tampilan *PowerPoint* kurang efektif menumbuhkan rasa ketertarikan, sehingga siswa kurang menyimak pelajaran.

Pembelajaran yang dilakukan oleh guru belum pernah mengaitkan materi dengan aspek literasi sains, seperti konten, konteks, pengetahuan, dan sikap. Untuk mempermudah pemahaman siswa, peneliti mengusulkan penyajian materi dalam bentuk komik berbasis literasi sains. Komik ini dapat berfungsi sebagai sumber belajar dan media yang membantu siswa memahami materi di mana saja dan kapan saja, tidak hanya terbatas pada penggunaannya di kelas. Oleh karena itu, pengembangan media komik berbasis literasi sains sangat penting karena dapat meningkatkan literasi siswa dan menjadi alat bagi guru untuk mencapai tujuan pembelajaran.

b. Analisis Capaian Pembelajaran

Pada kurikulum merdeka analisis capaian pembelajaran untuk kelas XII terdiri dari dua elemen yakni pemahaman biologi dan keterampilan proses. Dalam pemahaman biologi capaian pembelajaran kelas XII ini termasuk pada fase F salah satu capaian yang diharapkan dari siswa “memiliki kemampuan menerapkan konsep pewarisan sifat” salah satu sub pembahasannya termasuk juga

mengenai mutasi. Pada elemen keterampilan proses ada 6 yakni mengamati, mempertanyakan dan memprediksi, merencanakan dan melakukan penyelidikan, memproses, menganalisis data dan informasi, mengevaluasi dan refleksi, serta mengomunikasikan hasil. Selanjutnya, tujuan pembelajaran dikembangkan berdasarkan indikator yang telah dirumuskan, yaitu: 1) menjelaskan pengertian mutasi, 2) menganalisis macam-macam mutasi, 3) menganalisis faktor-faktor terjadinya mutasi, dan 4) menganalisis dampak-dampak yang disebabkan mutasi, yang disesuaikan dengan Capaian Pembelajaran pada Kurikulum Merdeka terkait materi mutasi.

c. Analisis konsep

Analisis ini dilakukan dengan analisis kompetensi-kompetensi yang ingin dicapai sesuai dengan kurikulum untuk merinci isi materi ajar dalam bentuk garis besar. Adapun konsep-konsep penting yang harus dipahami siswa dalam mempelajari materi tersebut antara lain sebagai berikut: a) Pengertian Mutasi b) jenis-jenis mutasi c) faktor-faktor yang menyebabkan mutasi d) dampak mutasi terhadap kehidupan.

d. Analisis Tugas

Analisis tugas yang dilakukan adalah meminta siswa untuk menjawab 5 pertanyaan tentang pemahaman mereka terkait materi mutasi, dalam konteks pembelajaran biologi, dengan memberikan tugas menjawab pertanyaan bertujuan untuk mengukur sejauh mana siswa dapat memahami konsep dasar mutasi genetik (Samaduri, 2022). Untuk variasi tugas lainnya siswa diminta untuk membuat poster dengan satu topik bahasan, mereka dapat memilih kelaianan apa yang akan mereka bahasan dengan catatan setiap kelompok membahas kelainan yang berbeda satu sama lain. Pendekatan ini merupakan bagian dari taksonomi pembelajaran yang mendorong pemahaman dan aplikasi pengetahuan pada tingkat kognitif. Sementara itu, pembuatan poster sebagai tugas tambahan memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi topik mutasi lebih dalam

melalui proyek berbasis kelompok. Pembelajaran melalui interaksi kolaborasi dapat memperkaya pemahaman siswa (Husain, 2020). Dengan memilih topik kelainan yang berbeda, setiap kelompok dapat berkontribusi pada diskusi kelas yang lebih luas dan memperluas pengetahuan kolektif tentang variasi genetik dan dampaknya.

2. Design

Tahap perancangan dilakukan berdasarkan prosedur tahap purwarupa. Purwarupa media komik berbasis literasi pada materi mutasi sesuai dengan Capaian Pembelajaran dan indikator pencapaian kompetensi siswa. Data yang diperoleh dari tahap pendefinisian digunakan untuk merancang purwarupa media komik berbasis literasi sains pada materi sistem gerak pada makhluk hidup. Kegiatan pada tahap ini adalah membuat materi media komik berbasis literasi sains yang meliputi pembuatan plot cerita, penyusunan kerangka dan format komik, bentuk komik (sketsa), jenis tulisan, dan penggunaan bahasa.

a. Membuat Garis Besar Program Media (GBPM)

Dalam kegiatan ini berisi identifikasi terhadap program. Melalui identifikasi program ini maka dapat ditentukan seperti tergambar dalam tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4. 1 GBPM *E-comic*

Aspek	Uraina
Satuan Pendidikan	SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan
Kelas	XII
Mata Pelajaran	Biologi
Topik	Mutasi
Media	<i>E-comic</i> Berbasis Literasi Sains
Validator	1. Dr. Mhd. Rafi'i Ma'arif Tarigan, M.Pd 2. Miza Nina Adlini, M.Pd 3. Dr. Zulfiana Herni, M.A

b. Membuat Storyboard

Storyboard adalah uraian yang berisikan gambaran cerita dari media komik yang dibuat. Storyboard dalam pengembangan media *e-comic* berbasis literasi sains terdiri dari :

Tabel 4. 2 Storyboard *E-comic* Berbasis Literasi Sains

No	Komponen	Keterangan
1.	Cover	Judul komik, nama penulis, dan kelas
2.	Kata Pengantar	
3.	Daftar Isi	
4.	Capaian Pembelajaran	Dilihat dari kurikulum Merdeka
5.	Tujuan Pembelajaran	Pemaparan tujuan pembelajarn
6.	Prolog	Berisi struktur naskah <i>e-comic</i> yang memberikan informasi latar belakang tentang cerita atau tokoh.
7.	Pengenalan Tokoh	Berisi gambar tokoh tokoh yang ada di dalam <i>e-comic</i> mutasi kelas XII. a. Terdapat 3 orang tokoh utama (Bu Nazwa, Arafah, dan Khalid) b. Kemudian tokoh pendukung ada 6, (Paman, Alif) dan 4 tokoh Basa Nitrogen (Adenin, Timin, Guanin, dan Cytosin)

No	Komponen	Keterangan
8.	Bagian Pembukaan	Halaman 1-37
	Halaman 1-30	<p>Sains sebagai batang tubuh pengetahuan (<i>a body of knowledge</i>)</p> <p>Berisi fakta dan konsep seperti definisi mutasi, macam-macam basa nitrogen yang ada pada DNA (Adenin, Timin, Guanin, dan Cytosin), ayat al-qur'an tentang penciptaan manusia (Al-Qiyamah ayat 37) (Al-Insan ayat2) (Al-Ghofir ayat 67) (abasa ayat 19), ayat Al-Qur'an tentang kromosom (An-Najm 45-46), dan ayat Al-Qur'an tentang mutasi genetik (Al-Hajj ayat 5), macam-macam mutasi gen (transisi dan transvers), macam-macam mutasi kromosom (struktur dan jumlah kromosom)</p>
	Halaman 31-37	<p>Sains sebagai cara untuk menyelidiki (<i>way of investigating</i>)</p> <p>Berisi penyelidikan terkait kasus down syndrom yang dijabarkan di awal, seperti penyebab down syndrom, ciri-ciri anak yang menderita down syndrom, data valid mengenai anak jumlah anak</p>

No	Komponen	Keterangan
		down syndrom, upaya agar anak tidak down syndrom, dan faktor penyebab down syndrom, serta macam-macam mutagen,
9.	Bagian Inti	Halaman 38-45
	Halaman 38- 45	<p>Sains sebagai cara berpikir (<i>way of investigating</i>)</p> <p>Memberi gambaran dan refleksi dengan menginformasikan penambahan contoh terkait dampak negatif mutasi yang dapat ditemukan oleh peserta didik di kehidupan ini. seperti jenis-jenis sindrom.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sindrom Klinefelter • Sindrom Turner • Sindrom Edwards • Sindrom Patau • Sindrom Jacobs <p>Dampak mutasi yang menguntungkan dalam kehidupan sehari-hari.</p>
10.	Bagian Penutup	Halaman 46-55
	Halaman 46- 55	<p>Interaksi antara sains, teknologi, dan masyarakat.</p> <p>Berisi tentang refleksi pembelajaran mutasi terhadap suatu kasus yang terjadi di masyarakat. Bagian ini akan</p>

No	Komponen	Keterangan
		menjabarkan secara singkat pemahaman tokoh dalam komik untuk menjelaskan solusi dari kasus serupa (aplikasi ilmu terhadap kasus <i>down syndrom</i>).
11.	Quiz	Berisi serangkaian latihan atau pertanyaan yang berkaitan tentang mutasi pada makhluk hidup
12.	Kunci Jawaban	Jawaban atas quiz yang ada sebelumnya.
13.	Daftar Pustaka	Berisi komponen informasi buku yang digunakan sebagai bukti kredibilitas dari tulisan tersebut.
14.	Biografi Penulis	Berisi identitas penulis.

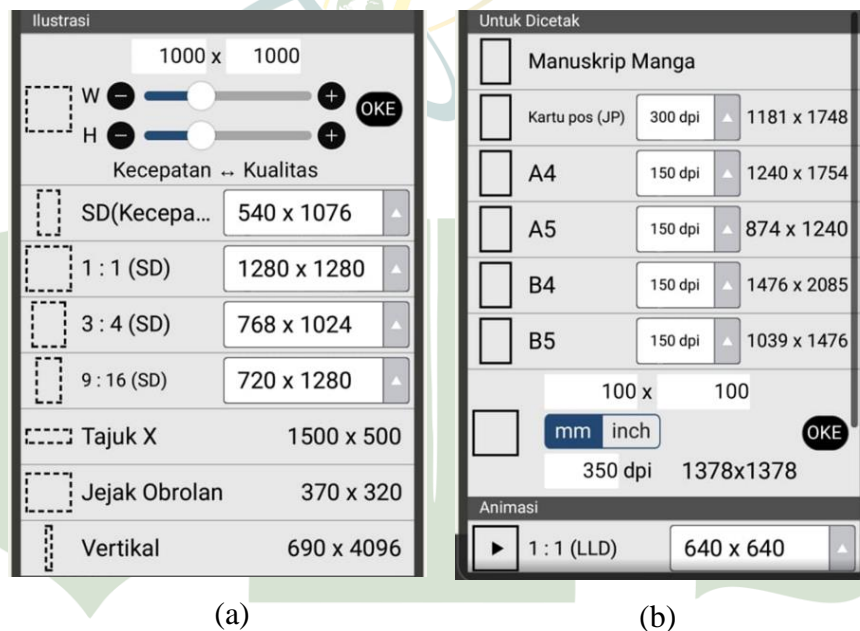
c. Pembuatan Media Pembelajaran

Setelah storyboard dibuat, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan media pembelajaran. Berikut langkah-langkah membuat media pembelajaran berupa *e-comic* dengan *Ibis Paint X* dan *Canva*. Penelitian yang dilakukan menghasilkan *e-comic* berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-qur'an pada sub materi mutasi. *E-comic* ini dibuat setelah data-data terkumpul. Pembuatan komik digital menggunakan Microsoft Word 2013, *Ibis Paint X*, *Canva* dan *Heyzine*. Adapun karakteristik *e-comic* berbasis literasi sains yaitu karakteristik fisik dan karakteristik konten.

Komik digital literasi sains terdiri dari beberapa bagian utama. Ukuran yang digunakan yaitu 20 x 20 cm. Komik digital memiliki ukuran kurang lebih 27 MB yang diunggah ke website *Heyzine* ukuran font yang digunakan berkisar 20 pt untuk judul

lalu 17 pt untuks isi. Bagian komik digital secara fisik terdiri dari (1) Bagian Depan, (2) Bagian Isi (konten literasi sains, materi, dan konten keislaman), (4) Bagian Akhir, (5) Daftar Pustaka. Adapun langkah-langkah membuat komik yakni sebagai berikut:

1. Pertama yang dilakukan peneliti adalah dengan membuat script atau membuat jalan cerita *e-comic* mutasi di *Ms.word*.
2. Membuat *e-comic* dengan menggunakan aplikasi *Ibis Paint X* yang prosesnya diawali dengan menentukan ukuran kanvas atau kertas *e-comic* yang akan dibuat. Penulis membuat *e-comic* menggunakan ukuran 3:4 (768 x 1024)

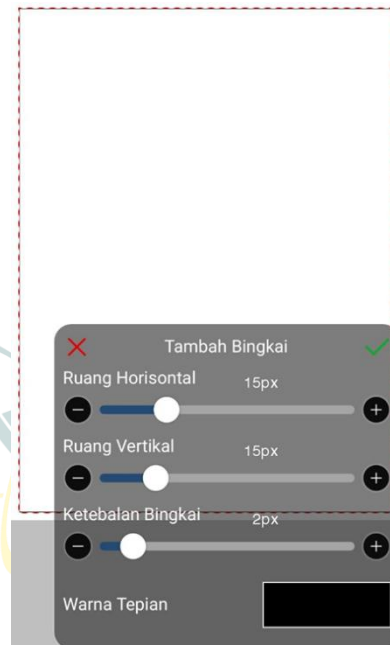


Gambar 4.1 Ukuran Kanvas

Gambar (a) dan gambar (b) memberikan pilihan kepada penulis untuk membuat ukuran yang diinginkan dalam membuat komik, untuk gambar (a) biasanya digunakan ilustrator untuk membuat webtoon, sementara untuk gambar (a) untuk membuat komik versi cetak.

3. Kemudian membuat bingkai, dan menentukan berapa plot yang akan kita buat dalam *e-comic* ini setiap 1 lembarnya, kemudian untuk ukuran dari bingkainya menggunakan 2px, ruang horizontal dan vertikal bingkai ukurannya 15 px dengan warna tepian hitam. Biasanya akan tertera otomatis

dengan ukuran ini terkecuali penulis ingin mengubah bagian horizontal, vertikal dan ketebalan bingkai.



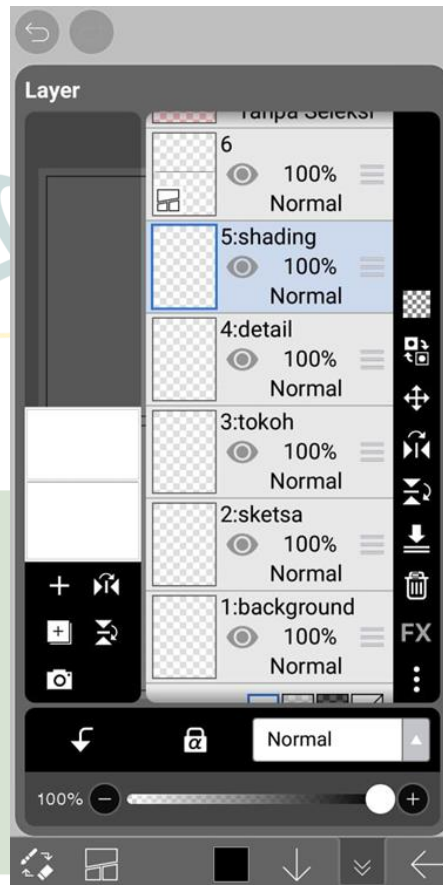
Gambar 4. 2 Membuat Bingkai

4. Menentukan berapa plot gambar untuk satu lembar kertas. Pada pembuatan komik ini penulis menggunakan 2 plot untuk setiap lembar cerita.



Gambar 4. 3 Membuat Plot Cerita

5. Penulis menambahkan layar untuk membuat *background*, dan penempatan tokoh. Penambahan layar ini sangat diperlukan agar *e-comic* lebih mudah diedit, dan gambar yang dihasilkan tidak tumpang tindih antar warna asli dan *shading* warna gelap-terang.



Gambar 4. 4 Penambahan Layar Per Layar

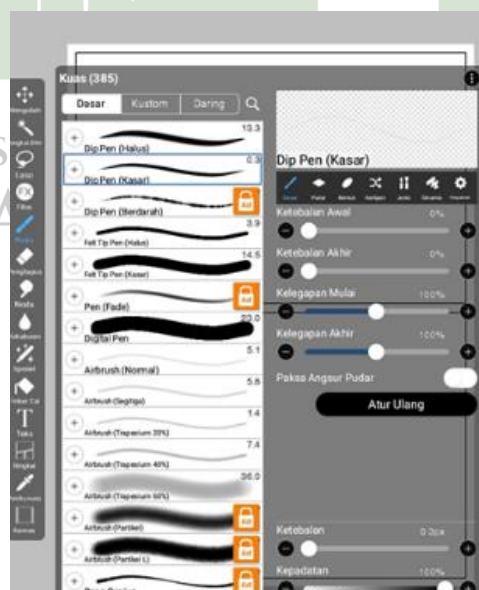
Pada layar 1 tempat untuk background, , kemudian layar 2 sketsa awal, layar 3 tokoh sketsa yang sudah selesai, layar 4 detail gambar yang perlu ditambahkan, layar 6 shading gelap terang.

6. Membuat karakter utama komik dan karakter pendukung komik. Pada karakter utama komik ada 3 orang yakni Bu Nazwa, Arafah, dan Khalid. Pada karakter pendukung komik ada 5 yakni Paman Harun, Alif dan keempat Basa Nitrogen.
7. Menggambar komik sesuai dengan script yang telah dibuat.



Gambar 4. 5 Sketsa Awal

8. Saat proses pembuatan gambar penulis menggunakan 4 jenis pena yakni, *Dip Pen* (kasar) sebagai pena utama dalam menggambar badan untuk warna yang digunakan adalah hitam dan *Dip Pen* (halus) sebagai pena penambah ekspresi wajah. Kemudian untuk pewarnaan menggunakan *Felt Tip Pen* (kasar), dan *Airbrush60%* untuk shading warna gelap-terang.



Gambar 4. 6 Penentuan Jenis Pena yang Digunakan

9. Setelah proses menggambar dan pewarnaan selesai maka penulis melanjutkan penambahan teks pada setiap gambar menggunakan aplikasi canva. Hal ini dilakukan untuk mempermudah penulisan teks dengan *font* yang diinginkan.



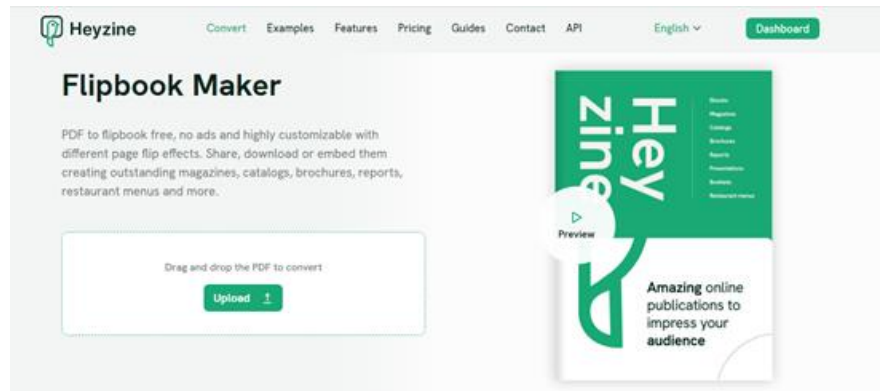
Gambar 4. 7 Proses Pewarnaan

10. Penambahan balon percakapan dan *teks blok* untuk bagian narasi pada setiap gambar yang memerlukan.



Gambar 4. 8 Proses Penambahan Teks

11. Setelah semua selesai maka langkah selanjutnya adalah digitalisasi komik menggunakan website *heyzine*. Media yang dihasilkan dari aplikasi *heyzine* berupa flipbook dalam format HTML, yang bisa diakses baik melalui gawai, tablet, maupun PC (Erawati dkk., 2022).



Gambar 4. 9 Proses Digitalisasi

12. Kemudian peneliti membuat *e-comic* dan memasukkan fitur yang diinginkan dalam *e-comic*, setelah semua selesai maka siap di uji cobakan.



Gambar 4. 10 Setelah Selesai Proses Edit Digitalisasi

13. Untuk cara penggunaannya, perlu link setelah itu klik link. Setelah Anda login ke aplikasi *e-comic*, akan ada beberapa menu. Di dalamnya terdapat menu indikator, peta konsep, materi, komik, dan evaluasi. Pada menu *e-comic* terdapat

menu kompetensi inti dan kompetensi dasar serta peta konsep yang dapat menampilkan sub materi mutasi.

4. Develop

a. Menyusun Evaluasi Desain

Pada tahap ini, proses yang dilakukan adalah memvalidasi produk media pembelajaran yang telah dibuat melalui saran dan pertimbangan ahli. Validasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah validasi materi, validasi media, dan validasi ayat Al-Qur'an untuk memperoleh data tentang hasil produk media pembelajaran biologi berupa *e-comic* berbasis literasi sains yang mengintegrasikan ayat-ayat Al-Qur'an yang dikembangkan peneliti. Validator materi dilakukan oleh Bapak Rafi'i Ma'arif Tarigan, M.Pd, sedangkan validator media dilakukan oleh Ibu Miza Nina Adlini, M.Pd, dan validator ayat-ayat Al-Qur'an dilakukan oleh Ibu Dr. Zulfiana Herni, M.A.

Tabel 4. 3 Nilai Rata-Rata *E-comic*

No	Indikator	Jml	Skor Maks	%	Ket
1. Ahli Materi					
	Ketepatan	20	20	100%	Sangat Valid
	Kebenaran Konsep	12	12	100%	Sangat Valid
	Kesesuaian Konsep Literasi sains	16	16	100%	Sangat Valid
	Kejelasan Materi	18	20	90%	Sangat Valid
	Bahasa	15	16	94%	Sangat Valid
Jumlah		81	84	484%	
Rata-Rata				97%	Sangat Valid
2. Ahli Media					
	Kebergunaan	16	16	100%	Sangat Valid
	Keterbacaan	12	12	100%	Sangat Valid
	Desain Sampul	20	20	100%	Sangat Valid

No	Indikator	Jml	Skor Maks	%	Ket
	Desain Ilustrasi Komik	27	28	96%	Sangat Valid
Jumlah		75	76	396%	
Rata-Rata				99%	Sangat Valid
3. Ahli Integrasi Ayat AL-Qur'an					
	Integrasi Ayat AL-Qur'an	24	24	100%	Sangat Valid
Jumlah		24	24	100%	Sangat Valid
Rata-Rata		48	48	100%	
Total Rata-Rata				99%	Sangat Valid

Berdasarkan hasil validasi yang diterima dari validator ahli materi, persentase kelayakan komik ini adalah 97%. Menurut tabel skala validitas media, persentase tersebut termasuk dalam kategori sangat valid, artinya media pembelajaran e-komik ini layak untuk diujicobakan dengan revisi. Media dikategorikan sangat valid karena memenuhi kriteria valid baik dari indikator (ketepatan, ketepatan ringkas, dan konsistensi). Lampiran berisi saran dan perbaikan terhadap hasil validasi media pembelajaran interaktif.



Berdasarkan perolehan hasil validasi dari validator ahli materi memberi skor 75 dari 76 sehingga persentase kelayakan komik ini adalah 99%. Perolehan nilai ini termasuk dalam kelompok sangat valid berdasarkan tabel skala validitas media, artinya media pembelajaran *e-comic* ini layak untuk diuji lebih lanjut setelah dilakukan perubahan. Karena media memenuhi syarat valid pada kedua indikator, yaitu kegunaan, keterbacaan, desain sampul, dan desain ilustrasi, maka media tergolong sangat valid. Adapun saran dan penyempurnaan temuan validasi media pembelajaran *e-comic* ini dapat dilihat di lampiran.



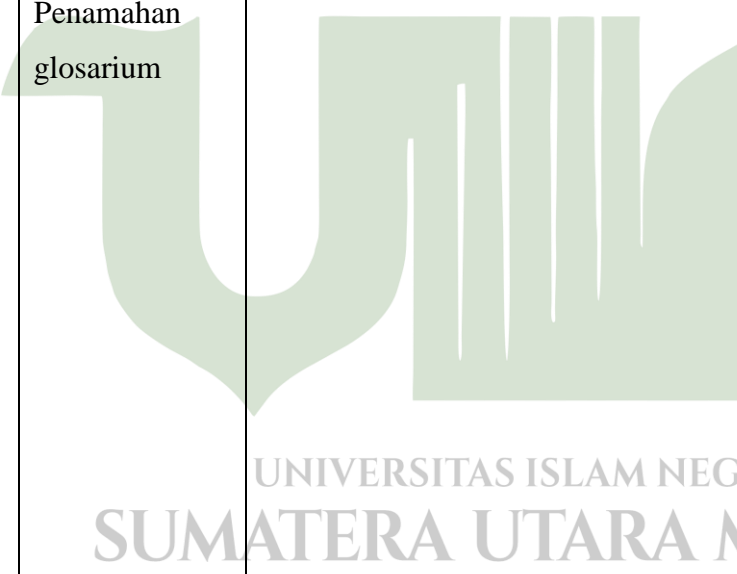
Berdasarkan perolehan hasil validasi dari validator ahli materi memberi skor 24 dari 24 sehingga persentase kelayakan komik ini adalah 100%. Perolehan nilai tersebut termasuk kategori sangat valid dan dapat dikatakan nilai maksimal. Meski demikian angka yang tercermin dari validator tidak serta merta diperoleh secara instan melainkan ada beberapa perbaikan yang disarankan oleh validator. Terkait masukan baik saran dan komentar dapat dilihat pada lampiran ke 7.

b. Revisi Produk

Proses revisi suatu produk tidak dapat diabaikan karena revisi berguna untuk membuat sebuah produk yang dibuat menjadi lebih baik dari sebelumnya. Produk yang telah kita buat sebelumnya akan dilihat oleh validator mereka akan memberikan masukan untuk membuat produk yang dikembangkan lebih bagus dan sesuai dengan ketentuan produk yang dikembangkan. Berlandaskan pada hasil validator materi, validator media, dan validator diperoleh masukan yang menjadi dasar revisi terhadap media *e-comic* yang dibuat, agar *e-comic* yang dikembangkan dapat lebih baik lagi.

Tabel 4. 4 Revisi dari Validator Ahli Materi

No	Hal yang direvisi	Sebelum	Setelah
1.	Penambahan penjelasan pada bagian <i>did you know</i>		



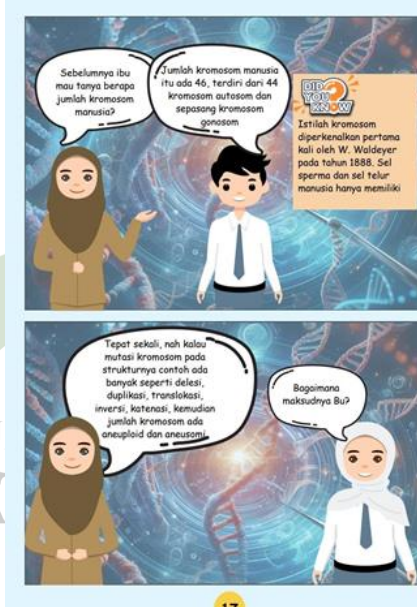

No	Hal yang direvisi	Sebelum	Setelah
2.	Penambahan bagian kesimpulan sebelum masuk aspek interaksi sains		 <p>Karena kita sudah berada di akhir pelajaran Ibu mau salah satu dari kalian untuk menyimpulkan hal apa yang kalian pahami dari pelajaran kali ini.</p> <p>Silahkan Khalid.</p> <p>Khalid ingin menyimpulkan Bu.</p> <p>Jadi mutasi adalah perubahan atau pergeseran dalam urutan basa DNA yang terbagi menjadi 2 yakni mutasi gen dan mutasi kromosom. Contoh dari mutasi gen silent mutation, missense mutation, nonsense mutation, sedangkan mutasi kromosom seperti delesi, translokasi, inversi, dan duplikasi. Salah satu contoh dari mutasi kromosom ialah sindrom down yang menyebabkan trisomi 21.</p> <p>50</p>
3.	Penamahan glosarium		<p>GLOSARIUM</p> <p>Anaphase lag: kegagalan kromosom atau kromatid untuk bergabung menjadi satu dalam nukleus sel anakan yang mengikuti pembelahan sel, sebagai hasil dari keterlambatan perpindahan (lagging) selama anafase</p> <p>Delesi: kelainan kromosom yang terjadi ketika terjadi pengurangan sebagian dari salah satu lengan kromosom sehingga menyebabkan hilangnya materi genetik.</p> <p>Diploid: Memiliki dua set kromosom lengkap; satu set diwarisi dari ibu, dan satu set dari ayah.</p> <p>Gen: Satuan informasi genetik yang terdiri atas suatu urutan nukleotida spesifik dalam DNA (atau RNA, pada beberapa virus).</p> <p>Inseri: adalah penyesipan satu atau lebih pasangan basa nitrogen yang terdapat dalam molekul DNA</p> <p>Kodon: Urutan tiga nukleotida berurutan dalam DNA atau RNA yang menentukan sintesis asam amino tunggal (atau bertindak sebagai sinyal mulai atau berhenti) selama translasi mRNA menjadi protein</p> <p>Kromosom: Pembawa sifat menurun yang terdapat dalam inti sel, perkembangan dari kromatin, dan akan tampak pada saat sel akan membelah.</p> <p>Mutasi: Peristiwa perubahan bahan genetik (DNA) dari suatu organisme yang bersifat menurun</p> <p>Nondisjunction: kegagalan kromosom homolog untuk memisahkan diri dengan baik pada pembelahan sel.</p>

Revisi dari validator ahli materi tentang mutasi sangat penting untuk memastikan akurasi dari konten yang dikembangkan (Puspitasari & Febrinita, 2021). Hal yang direvisi menurut validator materi adalah penambahan penjelasan yang di bagian *did you know* sebagai tambahan informasi. Pada awalnya bagian *did you know* halaman 18 hanya menjelaskan contoh transversi adalah *sickle-cell anemia*, setelah

melalui tahap revisi maka penulis menambahkan penjelasan dari penyebab *sickle-cell anemia* yakni adenin diubah jadi timin. Fitur *did you know* merepresentatifkan informasi yang menarik sehingga siswa dapat lebih memahami penjelasan suatu materi (Dunlosky & Rawson, 2019). Selain itu dengan adanya fitur *did you know* dapat menambah ketertarikan siswa untuk membaca. Kemudian validator juga menyarankan agar ada bagian kesimpulan sebelum masuk bagian aspek interaksi sains atau hal apa yang dapat disimpulkan dari percakapan sebelumnya, maka melalui saran itu penulis menambahkan halaman 50 dan halaman 51.

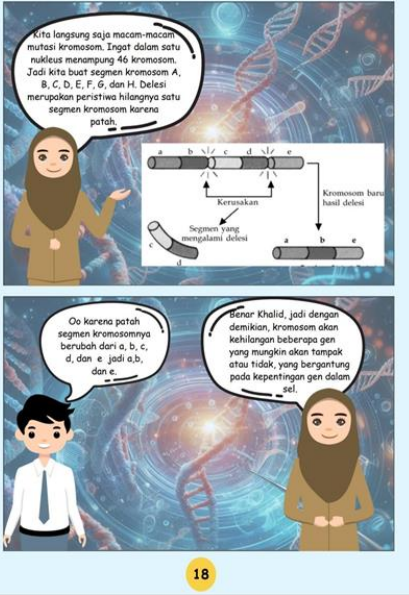


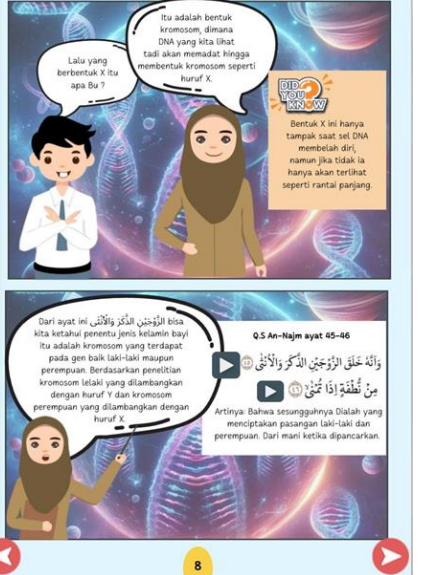
Pada bagian ini, penulis mengilustrasikan proses pembelajaran dengan mensimulasikan seorang guru yang meminta muridnya untuk menyimpulkan apa yang telah mereka pelajari. Ilustrasi ini sebanding dengan apa yang terjadi di ruang kelas ketika pengajar meminta siswa untuk merangkum apa yang telah mereka pelajari. Maka penulis membuat desain dengan guru meminta siswa menyimpulkan kemudian khalid memberikan kesimpulan dari kelainan yang mereka bahas pada materi mutasi ini. Penyimpulan membantu siswa menggabungkan informasi baru dengan pengetahuan yang sudah mereka miliki, yang penting untuk pembelajaran yang lebih mendalam. Selain itu, hal ini mendorong siswa untuk berpikir secara kritis dan analitis, karena mereka dituntut untuk membangun pemahaman mereka sendiri (Citation, 2018). Dan terakhir masukan yang diberikan ialah penambahan glosarium untuk mempermudah memahami istilah penting dalam materi mutasi. Penambahan glosarium dapat mendukung pengembangan literasi siswa dengan memberikan definisi yang jelas untuk istilah-istilah yang mungkin belum mereka kuasai (Tompkins, 2014).

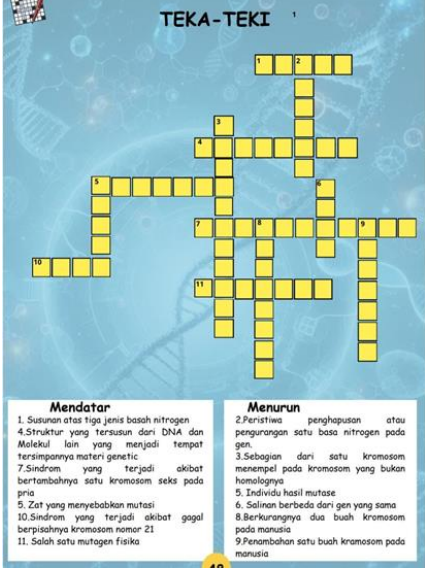
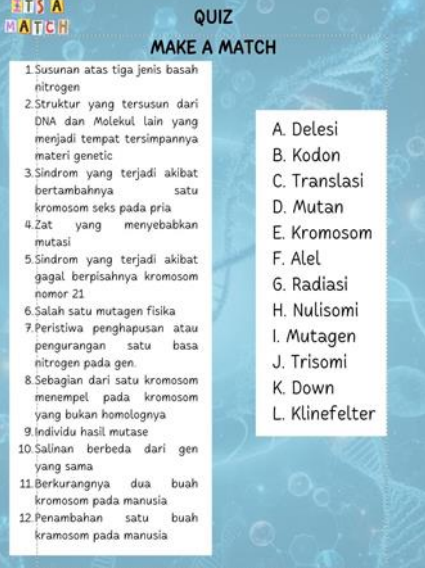
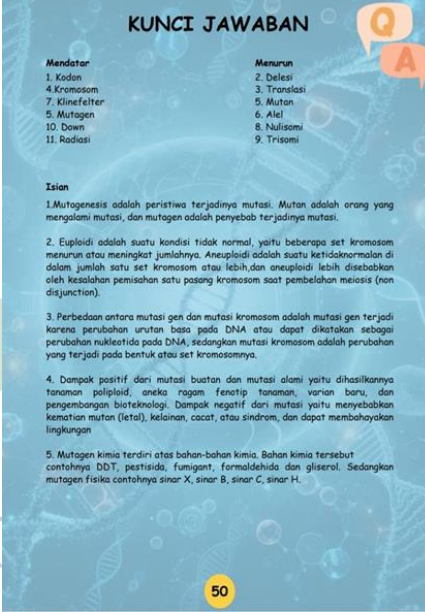

Tabel 4.5 Revisi dari Validator Ahli Media

No	Hal yang direvisi	Sebelum	Setelah
1.	Perubahan penggunaan font		
2.	Penambahan ekspresi tokoh		

Dari yang semula kurang ekspresif

Menjadi lebih ekspresif


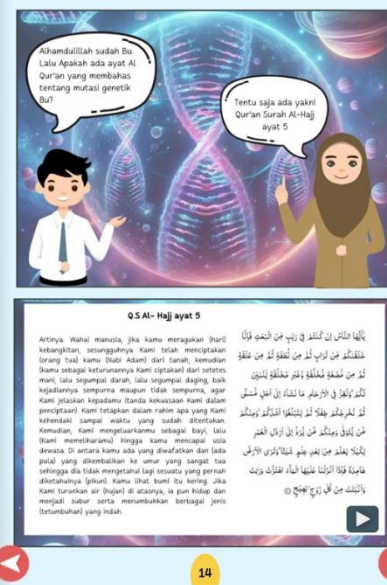
No	Hal yang direvisi	Sebelum	Setelah
3.	Penambahan video sebagai pendukung pembelajaran	 <p>Tidak ada pendukung video pembelajaran</p>	 <p>Terdapat video pembelajaran yang mendukung</p>
4.	Penambahan penggunaan audio untuk ayat Al-qur'an yang digunakan		



No	Hal yang direvisi	Sebelum	Setelah
5.	Perubahan teka-teki silang menjadi <i>mix and match</i>	 <p>TEKA-TEKI</p> <p>Mendatar</p> <ol style="list-style-type: none"> Susunan atas tiga jenis basah nitrogen Struktur yang tersusun dari DNA dan Molekul lain yang menjadi tempat tersimpannya materi genetic Sindrom yang terjadi akibat bertambahnya satu kromosom seks pada pria Zat yang menyebabkan mutasi Sindrom yang terjadi akibat gagal berpisahya kromosom nomor 21 Salah satu mutagen fisika <p>Menurun</p> <ol style="list-style-type: none"> Peristiwa penghapusan atau pengurangan satu basa nitrogen pada gen Sebagian dari satu kromosom menempel pada kromosom yang bukan homolognya Individu hasil mutase Berkurangnya dua buah kromosom pada manusia Penambahan satu buah kromosom pada manusia 	 <p>QUIZ MAKE A MATCH</p> <ol style="list-style-type: none"> Susunan atas tiga jenis basah nitrogen Struktur yang tersusun dari DNA dan Molekul lain yang menjadi tempat tersimpannya materi genetic Sindrom yang terjadi akibat bertambahnya satu kromosom seks pada pria Zat yang menyebabkan mutasi Sindrom yang terjadi akibat gagal berpisahya kromosom nomor 21 Salah satu mutagen fisika Peristiwa penghapusan atau pengurangan satu basa nitrogen pada gen Sebagian dari satu kromosom menempel pada kromosom yang bukan homolognya Individu hasil mutase Salinan berbeda dari gen yang sama Berkurangnya dua buah kromosom pada manusia Penambahan satu buah kromosom pada manusia <p>A. Delesi B. Kodon C. Translasi D. Mutan E. Kromosom F. Alel G. Radiasi H. Nulisomi I. Mutagen J. Trisomi K. Down L. Klinefelter</p>
6.	Kunci jawaban di sembunyikan	 <p>KUNCI JAWABAN</p> <p>Mendatar</p> <ol style="list-style-type: none"> Kodon Kromosom Klinefelter Mutagen Down Radiasi <p>Menurun</p> <ol style="list-style-type: none"> Delesi Translasi Mutan Alel Nulisomi Trisomi <p>Isian</p> <ol style="list-style-type: none"> Mutagenesis adalah peristiwa terjadinya mutasi. Mutan adalah orang yang mengalami mutasi, dan mutagen adalah penyebab terjadinya mutasi. Euploidi adalah suatu kondisi tidak normal, yaitu beberapa set kromosom menurun atau meningkat jumlahnya. Aneuploidi adalah suatu ketidoknormalan di dalam jumlah satu set kromosom atau lebih, dan aneuploidi lebih disebabkan oleh kesalahan pemisahan satu pasang kromosom saat pembelahan meiosis (non disjunction). Perbedaan antara mutasi gen dan mutasi kromosom adalah mutasi gen terjadi karena perubahan urutan basa pada DNA atau dapat dikatakan sebagai perubahan nukleotida pada DNA, sedangkan mutasi kromosom adalah perubahan yang terjadi pada bentuk atau set kromosomnya. Dampak positif dari mutasi buatan dan mutasi alami yaitu dihasilkannya tanaman poliploid, aneka ragam fenotip tanaman, varian baru, dan pengembangan bioteknologi. Dampak negatif dari mutasi yaitu menyebabkan kematian mutan (letal), kelainan, cacat, atau sindrom, dan dapat membahayakan lingkungan Mutagen kimia terdiri atas bahan-bahan kimia. Bahan kimia tersebut contohnya DDT, pestisida, fumigant, formaldehida dan giserol. Sedangkan mutagen fisika contohnya sinar X, sinar B, sinar C, sinar H. <p>50</p>	 <p>KUNCI JAWABAN</p> <p>Cek Jawaban Kalian disini</p> <p>58</p>

Revisian dari validator ahli media ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai kualitas media yang sedang dikembangkan, sehingga dapat membuat produk menjadi lebih menarik. Hal yang direvisi dari validator media seperti perubahan font agar huruf “t” nya lebih jelas bukan seperti tanda tambah. Kemudian sesuai dengan

produk yang dikembangkan *e-comic* maka diperlukan fitur-fitur yang mencerminkan digitalisasi seperti penambahan video, kemudian untuk ayat al-qur'annya juga ditambahkan audio agar dapat memotivasi siswa untuk membaca Al-Qur'an. Penambahan video juga disesuaikan dengan materi yang dibutuhkan. Selanjutnya untuk penambahan audio yang digunakan diambil sebagai referensi ketika membaca ayat-ayat suci al-qur'an yang sesuai, sehingga dapat sekaligus belajar membaca ayat-ayat al-qur'an yang terdapat pada *e-comic* tersebut. Komik digital dengan fitur elemen multimedia seperti audio dan video dapat mempengaruhi pengalaman pembacanya sehingga dapat interaktif dan membantu penjelasan ide-ide kompleks yang lebih visual dan mudah dipahami (Arief dkk., 2022). Kemudian pengubahan teka-teki silang menjadi *mix and match* agar lebih bervariasi, dan untuk kunci jawabannya disembunyikan agar siswa menjawab terlebih dahulu kemudian melakukan *cross check* jawaban ketika semua soal telah dijawab.

Tabel 4. 6 Revisi dari Validator Ahli Integrasi Ayat Al-Qur'an

No	Hal yang direvisi	Sebelum	Setelah
1.	Penambahan dan perubahan beberapa ayat Al-Qur'an yang digunakan		

No	Hal yang direvisi	Sebelum	Setelah
2.	Membuat penjelasan terkait ayat Al-Qur'an tersebut		

Selanjutnya bagian yang direvisi dari validator ahli integrasi ayat al-qur'an adalah perubahan ayat al-quran yang digunakan. Sebelumnya penulis hanya menggunakan qur'an surah (an-najm ayat 45-46, al-fatir ayat 28, dan luqman ayat 20), kemudian direvisi menjadi qur'an surah (al-qiyamah ayat 37, an-najam ayat 45-46, al-insan ayat 2, al-ghofir ayat 67, abasa ayat 19, al-hajj ayat 5, al-mulk ayat 2). Kemudian penambahan penjelasan dari ayat-ayat yang digunakan tersebut.

Revisi produk berdasarkan hasil dari 3 validator ini sangat penting karena proses ini memastikan bahwa produk yang dikembangkan benar-benar efektif, relevan, dan memenuhi kebutuhan pengguna. Validasi memberikan umpan balik kritis yang mengidentifikasi kelemahan, kesalahan, atau area yang perlu ditingkatkan dan membantu mengoptimalkan fungsionalitas produk, meningkatkan kepuasan pengguna, dan memastikan produk tersebut memenuhi standar kualitas yang diinginkan (Febrianti dkk., 2024). Selain itu, proses ini dapat mengurangi risiko kegagalan produk ketika diluncurkan ke

lapanagn atau digunakan dalam konteks pembelajaran, sehingga memastikan investasi waktu dan sumber daya yang lebih efisien (Tonggiroh dkk., 2016)

c. Kepraktisan Media Komik Berbasis Literasi Sains

Untuk melihat kepraktisan media komik berbasis literasi sains dilakukan uji kepraktisan dikelas XII SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan. Data tentang kepraktisan media komik yang telah dirancang diperoleh dari angket respon siswa, lembar observasi dan wawancara dengan guru biologi kelas XII., dan kemudian untuk penilaian Kepraktisan dengan siswa sebanyak 10 orang siswa/i

1) Lembar Kepraktisan Media Komik oleh Siswa

Tabel 4. 7 Kepraktisan Media *E-comic* Oleh Siswa

No	Siswa	Nilai	Kriteria
1.	AIF	83%	Sangat Praktis
2.	DLR	69%	Praktis
3.	ENA	85%	Sangat Praktis
4.	FFH	83%	Sangat Praktis
5.	GAH	90%	Sangat Praktis
6.	NSA	88%	Sangat Praktis
7.	SBR	79%	Sangat Praktis
8.	SLM	75%	Praktis
9.	TMG	88%	Sangat Praktis
10.	ZCH	100%	Sangat Praktis

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa ada 8 orang siswa yang menilai *e-comic* ini sangat praktis dan 2 orang lagi menilai *e-comic* ini praktis. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan *e-comic* ini praktis untuk digunakan. Nilai terendah diberikan oleh siswa nomor 2 dengan nilai 69% (dapat dilihat pada lampiran ke-8) untuk kepraktisan *e-comic*

menunjukkan bahwa media tersebut praktis, untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai alasan di balik penilaian tersebut, peneliti melakukan survei melalui komentar yang diberikan dan angket kebutuhan peserta didik pada point ke 14 dan 15 menyatakan bahwa dia merasa perlu adanya media pembelajaran berbentuk *e-comic*, dan pada komentar saran dia menuangkan bahwa “komiknya bagus dan membantu dalam proses pembelajaran”, menganalisis dari data itu maka tidak ada yang bermasalah dari *e-comic* yang dikembangkan. Maka selanjutnya peneliti melakukan wawancara personal dengan siswa untuk mengeksplorasi preferensi dan pengalaman mereka secara lebih mendalam hal yang diperoleh mereka lebih suka membaca dalam keadaan tenang, nah kondisi kelas saat itu beberapa siswa sangat aktif membaca seperti sedang berdialog, sehingga mengganggu konsentrasinya.

Siswa nomor 10 memberikan nilai yang sempurna 100% termasuk kategori sangat praktis. Kemudian nilai tertinggi kedua diberikan oleh siswa nomor 5 dengan nilai 90% tergolong sangat praktis, selebihnya siswa memberikan rentang nilai rentang nilai 75-88%. Nilai 100% ini diberikan oleh seorang siswa berdasarkan angket kebutuhan siswa dia menjawab pada point ke 12 dia sudah pernah melihat *e-comic* tentang pelajaran, dapat dilihat pada lampiran ke-8. Untuk memperoleh pandangan lebih luas dari siswa ini maka peneliti melakukan wawancara personal diperoleh hasil bahwa meski dia pernah melihat *e-comic* tentang pelajaran, tapi dia merasa *e-comic* yang dikembangkan ini sangat kreatif karena terdapat ayat suci al-qur'an yang berkaitan dengan materinya, kemudian untuk cara bacanya dapat di *play* langsung dalam *e-comic* ini.

2) Nilai rata-rata

Tabel 4. 8 Rata-Rata Kepraktisan *E-comic* Oleh Siswa

No	Aspek	Rata-Rata Nilai	Kategori
1.	Ketertarikan	82 %	Sangat Praktis
2.	Materi	84 %	Sangat Praktis
3.	Bahasa	88 %	Sangat Praktis
Jumlah		254%	
Rata-rata		84%	Sangat Praktis

Berdasarkan tabel 4.8 diketahui hasil respon dari 10 orang siswa kelas XII SMAN 2 Percut Sei Tuan terhadap media komik berbasis literasi sains yang digunakan adalah sangat praktis dengan rata-rata 84 %. Perolehan ini dapat diambil dari nilai rata-rata setiap aspek seperti ketertarikan 82%, Materi 84% dan Bahasa 88%, sehingga totalnya 254% dibagi 3 aspek maka hasilnya atau nilai-rata-rata keseluruhannya dari hasil penilaian 10 orang siswa adalah 84%.

3) Analisis tugas

Tabel 4. 9 Hasil Analisis dari Tugas yang diberikan



No	Nama Siswa	1	2	3	4	5	Point	Total Maks Point	Skor
1.	AIF	3	4	2	3	3	15	19	79
2.	DLR	3	4	2	3	3	15	19	79
3.	ENA	3	4	4	3	3	17	19	89
4.	FFH	3	4	2	3	3	15	19	79
5.	GAH	3	2	4	3	3	15	19	79
6.	NSA	3	4	4	3	5	19	19	100
7.	SBR	3	4	4	3	3	17	19	89
8.	SLM	3	4	2	3	3	15	19	79
9.	TMG	3	4	4	3	5	19	19	100
10.	ZCH	3	4	4	3	5	19	19	100

Dari tabel tersebut siswa dapat menjawab 6 pertanyaan yang telah diberikan dengan hasil yang memuaskan. Sebanyak 3 orang siswa dari 10 orang siswa dapat menjawab pertanyaan dengan sempurna dan perolehan nilai 100, dan sebanyak 2 orang siswa memperoleh nilai 89. Kemudian sebanyak 5 siswa memperoleh nilai 79. *E-comic* ini termasuk yang menitik beratkan ketajaman penglihatan, artinya, bukti-bukti konkret harus diperlihatkan terlebih dahulu agar siswa paham (Wibowo, 2016). Dengan peroleh nilai dalam rentang 90-100 untuk analisis tugas yang diberikan pada bagian kognitif setelah membaca *e-comic* berbasis literasi sains pada sub materi mutasi, ini termasuk kategori yang sangat bagus. Nilai tersebut menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami materi dengan baik tetapi juga mampu menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi informasi dengan sangat efektif, dapat dilihat pada lampiran ke-9.

Kemudian Untuk Tugas membuat Poster terkait kelainan yang disebabkan kan mutasi. Membuat poster menjadi penting dalam karena pendekatan ini mendukung pengembangan keterampilan yang sesuai dengan prinsip utama kurikulum ini, yaitu memberikan kebebasan dan fleksibilitas dalam belajar serta mendorong pembelajaran yang relevan dan bermakna (Efendi dkk., 2023). Saat membuat poster, siswa dilatih untuk menyaring informasi, menentukan mana yang paling penting, dan bagaimana menyusunnya agar mudah dipahami. Peneliti membagi menjadi 3 kelompok dengan 2 kelompok sebanyak 3orang dan 1 kelompok 4 orang. Tiga kelompok itu akan membahas kelainan yang berbeda kelompok 1 tentang sindrom turner, kelompok 2 membahas sindrom klinefelter, dan kelompok 3 membahas sindrom patau.

Tabel 4. 10 Poster tentang Kelainan yang Disebabkan Mutasi

Hasil Poster	Skor yang diperoleh
<p data-bbox="272 427 336 488"></p> <p data-bbox="336 439 523 501">Mutasi Sindrom Turner</p> <p data-bbox="552 427 691 456">kelompok 1</p>  <p data-bbox="459 526 683 622">Sindrom Turner adalah kondisi hilangnya genetik sebagian atau sepenuhnya kromosom X. Kehilangan kromosom ini menyebabkan adanya gangguan fisik dan kecerdasan. Penderita adalah wanita.</p> <p data-bbox="280 656 316 696"></p> <p data-bbox="320 656 608 813">Karakteristik yang mengarah ST pada anak, yakni perawakan pendek, dengan gambaran stigmata somatik lainnya, seperti limfedema, webbed neck, low posterior hairline, dan cubitus valgus, tidak selalu disertai kelainan yang jelas sehingga sering tidak terdiagnosis pada masa bayi. Kasus ST baru dicurigai pada pertengahan masa anak-anak terutama karena perawakan pendek atau remaja dengan kegagalan mencapai pubertas spontan, dan bahkan pada masa dewasa karena abortus berulang. (Arimbawa,2008)</p>  <p data-bbox="320 840 608 920">Belum ada obat atau prosedur medis yang dapat menyembuhkan sindrom Turner, tetapi terdapat sejumlah terapi yang bisa dilakukan untuk mengatasi gejala yang dialami penderita. Salah satunya adalah terapi hormon pertumbuhan somatotropin.</p>  <p data-bbox="395 981 699 1025">Daftar Pustaka Arimbawa, L, dkk. 2008. Karakteristik Sindrom Turner di Jakarta. Sari Pediatri, 9(6).</p>	<ol data-bbox="730 421 1342 674" style="list-style-type: none"> 1. Kesesuaian dengan Topik yang Dibahas: 15 2. Kreativitas dan Inovasi: 20 3. Kejelasan dan Keterbacaan: 20 4. Penggunaan Media dan Teknik: 20 5. Pesan dan Daya Tarik Visual: 20 <p data-bbox="730 689 847 725">Skor: 95</p> 
 <p data-bbox="347 1099 480 1162">Sindrom Klinefelter</p> <p data-bbox="419 1167 544 1189">Oleh Kelompok: 2</p>  <p data-bbox="400 1205 655 1330">Sindrom klinefelter dapat didefinisikan sebagai kelainan genetik pada laki-laki yang diakibatkan oleh kelebihan kromosom X. Berbeda dengan laki-laki normal yang memiliki kromosom seks berupa XY, penderita sindrom klinefelter umumnya memiliki kromosom seks XXY.</p> <p data-bbox="280 1503 320 1547"></p> <p data-bbox="344 1503 667 1599">Sindrom Klinefelter merupakan kondisi genetik yang terjadi secara acak sehingga kondisi ini tidak bisa dicegah. Namun dapat dilakukan pengecekan genetik untuk mengetahui risiko kelak terkena sindrom ini.</p> <p data-bbox="288 1637 687 1666">Daftar Pustaka Fajri, A. F. 2022. KLINEFELTER SYNDROME. Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia, 7(5).</p>	<ol data-bbox="730 1061 1342 1314" style="list-style-type: none"> 1. Kesesuaian dengan Topik yang Dibahas: 20 2. Kreativitas dan Inovasi: 20 3. Kejelasan dan Keterbacaan: 15 4. Penggunaan Media dan Teknik: 20 5. Pesan dan Daya Tarik Visual: 20 <p data-bbox="730 1330 847 1366">Skor: 95</p>  <p data-bbox="703 1496 1273 1608">SITAS ISLAM NEGERI A UTARA MEDAN</p>

Hasil Poster	Skor yang diperoleh
 <p>Sindrom Patau</p> <p>Trisomi 13 atau sindrom Patau adalah kelainan genetik yang disebabkan oleh adanya salinan ekstra kromosom 13 pada sebagian atau seluruh sel tubuh. Kondisi ini akan membuat bayi terlahir dengan kelainan fisik dan gangguan intelektual (Lengkey & Soetadji, 2024)</p> <p>Umumnya, bayi yang menderita sindrom Patau juga mengalami gangguan struktur otak holoprosencephaly (HPE), yaitu kondisi ketika otak tidak terbagi menjadi dua bagian. Hal ini dapat berdampak pada fitur wajah bayi yang ditandai dengan:</p> <p>Trisomi 13 (sindrom Patau) secara sitogenetik diklasifikasikan sebagai 47,XY,+13 atau 47,XX,+13, yang disebabkan oleh nondisjunction pada meiosis I atau II. Sindrom Patau merupakan salah satu anomali kromosom yang paling umum dengan perkiraan insidensi sekitar 1/10.000 kelahiran yang ditandai dengan adanya bibir sumbing dan/atau langit-langit mulut sumbing, polidaktili post aksial, telinga yang letaknya rendah, kaki dengan bentuk rocker-bottom, kriptorkismus, dan penyakit jantung bawaan. (Elvira dkk., 2019)</p> <p>Untuk mendiagnosis sindrom Patau secara pasti, dibutuhkan pemeriksaan medis lengkap dari dokter. Dokter mungkin akan menyarankan amniocentesis atau chorionic villus sampling (CVS) untuk mendeteksi apakah terdapat kelainan pada DNA janin serta USG kehamilan saat usia kehamilan ibu mencapai 10-14 minggu.</p> <p>Daftar Pustaka: Elvira, V., Kadi F.A., Laksono, B. Effendi, S. H. 2019. Patau Syndrome with Genotype 47,XY, + 13,(13:18). Majalah Kedokteran Bandung, 51(3).</p> <p>Lekhey, R. F. & Soetadji, R. S. 2024. SINDROMA PATAU: SEBUAH LAPORAN KASUS LANGKA. Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan, 11 (2).</p> <p>Kelompok 3</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesesuaian dengan Topik yang Dibahas : 20 2. Kreativitas dan Inovasi: 20 3. Kejelasan dan Keterbacaan: 20 4. Penggunaan Media dan Teknik: 20 5. Pesan dan Daya Tarik Visual: 20 <p>Skor: 100</p> 

4) Hasil Observasi kepraktisan Media *e-comic* berbasis Literasi Sains Oleh Guru

Dilihat dari perolehan hasil penilaian guru mata pelajaran biologi kelas XII dengan nilai maksimal 56 dan perolehan nilai yang diberikan sebesar 51 maka persentase kelayakan yang diperoleh adalah 91% termasuk kategori sangat praktis dapat dilihat pada lampiran ke 10 . E- comic ini menjadi alternatif bahan pembelajaran bagi guru untuk menarik perhatian siswa dan membantu siswa belajar dengan praktis karena memberikan ilustrasi yang menarik dengan bahasa yang sederhana (Mikamahuly dkk., 2023). Guru sangat setuju bahwa komik dapat digunakan sebagai media pembelajaran karena gambar visual dalam komik dapat memotivasi siswa untuk belajar, apalagi jika komik tersebut menarik dan mengandung pengetahuan. Fungsi dari komik digital adalah memberikan arahan yang jelas mengenai mutasi. Siswa menjadi termotivasi untuk belajar dan memahami materi mutasi. Siswa dapat

mengakses *e-comic* dengan menggunakan smartphone. Sehingga fenomena tersebut memungkinkan siswa dapat belajar dimana saja.

4.2 Pembahasan

1. Validitas *E-comic* Berbasis Literasi Sains

Analisis kevalidan menggunakan angket validasi oleh para ahli dan analisis uji tersebut dilakukan untuk mengetahui kelayakan perangkat yang dikembangkan (Masnah dkk., 2018). Produk yang dikembangkan akan dinilai untuk menentukan apakah produk tersebut baik atau tidak. Siswono (2019) dikatakan bermutu jika valid dan praktis. Valid jika produk dinyatakan valid oleh validator materi, validator media dan validator materi. Deskripsi hasil validasi ahli media, ahli materi dan integrasi komik berbasis literasi sains yang dilakukan oleh 3 validator. Validitas dari ahli materi memperoleh nilai 96%, kemudian nilai dari validator ahli media diperoleh total 99%, dan validator ahli integrasi ayat al-qur'an diperoleh nilai total 100%. Sesuai dengan persentase antara 0% - 20% tidak valid, 21%-40% kurang valid, 41% - 60% cukup valid, 61% - 80% valid, 81% - 100% sangat valid. Ketiga validator ini memberikan nilai yang dikategorikan sangat valid.

Tingkat kevalidan media diukur dengan menggunakan hasil analisis berdasarkan standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Jika hasil tes sesuai dengan kriteria, media pembelajaran dianggap valid. Media dapat dipilih jika sesuai dengan tugas pembelajaran dan mendukung materi pelajaran. Media pembelajaran yang dikembangkan dapat dianggap valid karena a) sesuai dengan tuntutan kurikulum, b) mampu memotivasi peserta didik untuk belajar karena sesuai dengan tingkat perkembangan mereka, dan c) kegiatan pembelajaran terfokus pada peserta didik sehingga mereka dapat memahami konsep dan menerapkannya di dunia nyata.

Secara keseluruhan, hasil validasi menunjukkan bahwa media *e-comik* yang dibuat berdasarkan literasi sains telah diuji kualitasnya dan dianggap valid oleh validator. Hasil validasi ditunjukkan valid karena

peneliti telah mengikuti komponen-komponen yang diperlukan untuk membuat media *e-comic* dan menyajikan media *e-comic* dengan cara yang sesuai dengan kriteria media. Dengan demikian, pengembangan media *e-comic* berbasis literasi sains dapat berdampak pada keterampilan sains dalam kehidupan sehari-hari, khususnya terkait mutasi gen. (Fitria dkk., 2023). Hasil validasi yang diperoleh peneliti menunjukkan bahwa media komik berbasis literasi sains dianggap valid oleh validator. Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian yang dilakukan oleh Mira Safitri (2017) dengan judul "pengembangan media komik sistem pencernaan manusia bernuansa islam", yang menghasilkan kategori valid 76,72%.

2. Kepraktisan Media *E-comic* Berbasis Literasi Sains

Kepraktisan media *e-comic* dalam pembelajaran sangat penting karena *e-comic* mampu membuat materi yang kompleks menjadi lebih mudah dipahami dan menarik bagi siswa. Dalam konteks literasi sains, *e-comic* dapat membantu mengkonkretkan konsep-konsep ilmiah yang abstrak (Matuk dkk., 2021), seperti mutasi dalam biologi, melalui visualisasi yang menarik dan narasi yang sederhana. Pernyataan respon yang telah dituangkan dalam beberapa point kemudian diberikan pada perangkat pembelajaran yang telah dirancang dan diujicobakan pada siswa dalam uji coba, dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana guru dan siswa bereaksi terhadap perangkat pembelajaran tersebut (Masnah dkk., 2018). Jika siswa merasa mudah dalam menggunakan produk, maka produk tersebut praktis.

Beberapa keuntungan praktis dari media pembelajaran di kelas: media pembelajaran dapat membuat pesan dan informasi lebih mudah dipahami, yang akan memperlancar dan meningkatkan hasil belajar; media pembelajaran dapat memusatkan perhatian anak ke berbagai arah, yang akan mendorong terjadinya proses belajar; interaksi yang lebih langsung antara siswa dengan lingkungannya, dan kesempatan bagi siswa untuk belajar sendiri-sendiri sesuai dengan minat dan

kemampuannya. Perolehan repon guru dan siswa menunjukkan bahwa *e-comic* ini sangat praktis. Selain itu melalui kepraktisan memungkinkan media seperti *e-comic* untuk diuji langsung di lingkungan kelas, sehingga dapat melihat bagaimana media ini diterima dan digunakan oleh siswa dan guru. Dengan menguji kepraktisan media, pengembang dapat memastikan bahwa media tersebut mudah digunakan, relevan dengan kebutuhan siswa, dan benar-benar mendukung proses pembelajaran. Jadi, pengembangan hingga tahap kepraktisan adalah langkah yang baik, meski begitu penyesuaian dan pembaruan yang dilakukan berdasarkan tren dan feedback terbaru juga tidak kalah penting untuk dipertimbangkan.

3. Keterbatasan Pengembangan

Layaknya penelitian pada umumnya terdapat keterbatasan dalam mengembangkan produk *e-comic* ini. Kendala yang dihadapi penulis seringkali waktu yang tersedia tidak mencukupi untuk melalui semua tahap produksi dengan teliti, seperti pengembangan cerita, ilustrasi, pengujian, dan revisi. Ditinjau dari segi waktu, pada dasarnya mengerjakan proyek *e-comic* dari awal hingga digitalisasi melalui beberapa alat berbeda seperti pembuatan skrip, menggambar menggunakan Ibis Paint X, mengedit teks di Canva, dan akhirnya digitalisasi di *website heyzine* bisa memakan waktu yang cukup lama. Tahap yang paling lama adalah penulisan skrip cerita, hal ini didasarkan untuk menciptakan dialog yang alami dan singkat, dan pengaturan adegan yang sesuai. Dalam proses pembuatan *e-comic* ini penulis mencari beberapa website yang mendukung pembuatan *e-comic* seperti *fliphtml5*, *flipBuilder*, dan *heyzine* agar mudah diakses (Saputra dkk., 2023). Penulis menggunakan *heyzine* sebagai platform untuk mengonversi komik menjadi bentuk elektronik, mengingat kemampuannya dalam menyediakan fitur-fitur yang relevan dengan kebutuhan publikasi digital dan kompatibilitasnya dengan format *e-comic*. Namun, terdapat keterbatasan *e-comic* yang digitalisasikan

melalui *website heyzine* yakni pada aksesibilitasnya yang terbatas. Jika *e-comic* tersebut tidak dapat diindeks oleh mesin pencari seperti Google, maka pengguna yang tidak memiliki link langsung ke halaman tersebut akan kesulitan menemukannya, hanya bisa diakses jika memiliki link atau barcode (Derrydamawati dkk., 2024). Ini bisa menjadi masalah jika tujuan utama dari *e-comic* tersebut adalah untuk disebarluaskan secara luas atau diakses oleh publik tanpa batasan.

Kemudian keterbatasan pengembangan karena produk *e-comic* ini hanya diuji coba pada kelompok kecil siswa. Segi variabilitas umpan balik dengan skala kecil ini menunjukkan variasi responnya menjadi terbatas. Hal ini berefek pada sulitnya untuk menangkap semua perspektif atau kebutuhan yang mungkin ada dalam populasi yang lebih besar atau berbeda. Kemudian kurangnya perbandingan variasi subjek penelitian skala kecil seringkali tidak mencakup berbagai tingkat kemampuan siswa, latar belakang budaya, atau kondisi pembelajaran yang berbeda (Almujab, 2023). Ini bisa mengakibatkan kurangnya pemahaman tentang bagaimana *e-comic* dapat digunakan atau dimodifikasi untuk kelompok siswa yang berbeda. Meski demikian hal ini bisa dijadikan bahan pertimbangan untuk penelitian yang berikutnya dapat menguji keefektifan penggunaan *e-comic* ini dalam skal besar.