



**IMPLEMENTASI METODE ELIMINASI GAUSS - JORDAN
PADA PENYELESAIAN SOAL KATROL TETAP
SEBAGAI RANCANGAN BAHAN AJAR FISIKA**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Pendidikan Fisika*

SKRIPSI

Oleh

**Nana Dwi Dharma
180210102091**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PENDIDIKAN FISIKA
JEMBER
2025**

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, Dzat yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, serta mengucap syukur atas limpahan rahmat, karunia, dan pertolongan-Nya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW atas suri teladan sepanjang masa. Saya persembahkan karya ini kepada:

1. Keluarga tercinta: Ayah dan Ibu, suami, anak, serta saudara-saudara yang senantiasa menjadi sumber kekuatan. Terima kasih atas cinta, doa, dukungan, dan pengorbanan tanpa syarat yang kalian berikan sepanjang perjalanan ini. Skripsi ini adalah persembahan kecil yang tak sebanding dengan segala hal yang telah kalian berikan.
2. Para guru dan dosen, yang telah membimbing dengan sabar dan tulus. Terima kasih atas ilmu, nasihat, dan keteladanan yang menjadi bekal berharga dalam perjalanan hidup saya.
3. Almamater tercinta, Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Jember. Terima kasih telah menjadi ruang untuk tumbuh, belajar, dan mengukir mimpi.

Semoga segala usaha dan pengorbanan ini menjadi amal jariyah, serta skripsi ini membawa keberkahan bagi semua yang terlibat di dalamnya. Aamiin ya Rabbal 'Alamin.

MOTTO

Sungguh Tuhanmu akan menyelesaikan (perkara) di antara mereka dengan hukum-Nya, dan Dia Maha Perkasa, Maha Mengetahui.
(terjemahan surat An-Naml ayat 78)¹

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Mushaf Aisyah: AL-Qur'an dan Terjemahan untuk Wanita*. Bandung: Hilal.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nana Dwi Dharma

NIM : 180210102091

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juni 2025

Yang menyatakan,

(Nana Dwi Dharma)

NIM 180210102091

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika* telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 17 Juni 2025

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E. (.....)

NIP : 196807101993021001

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Drs. Subiki, M.Kes., M.C.E. (.....)

NIP : 196307251994021001

2. Penguji Anggota

Nama : Nila Mutia Dewi, S.Pd., M.PFis. (.....)

NIP : 199306182022032008

ABSTRACT

This study aims to implement the Gauss–Jordan elimination method in solving fixed pulley problems and to design physics teaching materials in the form of modules. Students' difficulties in understanding fixed pulley systems often arise due to limitations in compiling and solving linear equation systems, especially with more than two variables. The Gauss–Jordan method is considered more systematic as an alternative to numerical solutions. The study uses a non-experimental quantitative descriptive approach with the following stages: theoretical study, method application, module preparation, expert judgment feasibility test, and conclusion. The implementation steps include depicting free forces, compiling SPL into matrix form, transforming into an expansion matrix, elementary row operations, and interpreting the results. The implementation results show that this solution method obtains identical results to the elimination substitution method in determining the acceleration of the system and the tension of the rope. The initial feasibility test obtained a score of 79.2% (feasible) and increased to 87.1% (very feasible) after revision. These findings indicate that the Gauss–Jordan method supports a systematic approach in physics learning as well as strengthening numeracy and high-level thinking skills according to the Merdeka Curriculum.

Keywords: designing teaching materials, fixed pulley system, Gauss-Jordan elimination, linear equation system

RINGKASAN

Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika; Nana Dwi Dharma, 180210102091; 2025; 38 Halaman, Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Pembelajaran abad ke-21 menekankan pada penguasaan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kemampuan pemecahan masalah secara lintas disiplin. Salah satu tantangan utama dalam pembelajaran fisika SMA adalah kesulitan peserta didik dalam memahami sistem katrol tetap karena harus menyusun dan menyelesaikan sistem persamaan linier (SPL) yang kompleks secara matematis. Selama ini, penyelesaian soal katrol tetap umumnya menggunakan metode substitusi dan eliminasi yang kurang efisien saat jumlah variabel meningkat. Hal ini diperparah dengan belum tersedianya bahan ajar berbasis pendekatan matematis yang sistematis, padahal kemampuan ini penting untuk memahami hubungan gaya, massa, dan percepatan dalam konteks hukum Newton. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan langkah-langkah implementasi metode eliminasi Gauss-Jordan pada penyelesaian soal katrol tetap dalam rancangan bahan ajar fisika.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif non-eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Jember pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Tahapan penelitian meliputi persiapan, kajian teori, implementasi metode eliminasi Gauss-Jordan pada tiga jenis sistem katrol tetap (pesawat Atwood, bidang datar, dan bidang miring), penyusunan rancangan bahan ajar fisika dalam bentuk modul pembelajaran, uji kelayakan melalui expert judgement, serta penarikan kesimpulan.

Hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini berupa hasil langkah-langkah implementasi metode eliminasi Gauss-Jordan pada sistem katrol tetap dalam rancangan bahan ajar dan hasil uji kelayakan rancangan bahan ajar dari *expert judgement*. Adapun langkah-langkah implementasi metode Gauss – Jordan dalam sistem katrol tetap adalah (1) Menggambarkan diagram gaya bebas pada

sistem katrol dan menerapkan hukum 2 Newton dalam diagram gaya bebas; (2) Menuliskan Sistem Persamaan Linier (SPL) dalam bentuk persamaan matriks; (3) Merubah persamaan matrik dalam bentuk matriks perluasan; (4) melalui Operasi Baris Elementer (OBE) merubah matrik perluasan menjadi matriks eselon baris tereduksi; (5) Menuliskan nilai tegangan tali dan percepatan sistem berdasarkan matrik eselon baris elementer. Selain itu rancangan bahan ajar disusun berdasarkan struktur modul pembelajaran meliputi: judul, kata pengantar, daftar isi, latar belakang, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, deskripsi singkat, peta konsep, manfaat, petunjuk penggunaan, materi pembelajaran, contoh soal, latihan soal, ringkasan, asesmen, refleksi, dan tindak lanjut. Selain itu rancangan bahan ajar ini juga dilengkapi dengan daftar pustaka, glosarium, indeks, kunci jawaban dan biografi penulis. Hasil uji kelayakan awal oleh *expert judgement* menunjukkan bahwa rancangan bahan ajar berada pada kategori “layak” dengan persentase rata-rata 79,2%. Namun, setelah dilakukan revisi berdasarkan masukan ahli, nilai kelayakan meningkat menjadi 87,1% dan dikategorikan sebagai “sangat layak”.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode eliminasi Gauss-Jordan dapat diimplementasikan sebagai alternatif baru penyelesaian sistem persamaan linier dalam soal-soal fisika, khususnya untuk menentukan percepatan dan tegangan tali pada sistem katrol tetap dengan tahapan penggambaran gaya bebas, penyusunan SPL ke bentuk matriks, transformasi menjadi matriks perluasan, operasi baris elementer, dan interpretasi hasil. Berdasarkan hasil uji kelayakan oleh *expert judgement* terhadap rancangan bahan ajar yang dikembangkan, diperoleh skor sebesar 87,1%, yang masuk dalam kategori sangat layak. Sehingga rancangan bahan ajar ini sangat layak digunakan sebagai modul pembelajaran fisika berbasis Kurikulum Merdeka.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Mohamad Na'im, M.Pd. selaku Dekan FKIP Universitas Jember yang menerbitkan surat penelitian dan mengesahkan skripsi ini;
2. Dr. Erfan Yudianto, S.Pd., M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA dan Dr. Rif'ati Dina Handayani, S.Pd., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika, serta Drs. Subiki, M.Kes., M.C.E. selaku Pembimbing Akademik yang memfasilitasi penyelesaian skripsi ini;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E. selaku Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya guna memberikan bimbingan skripsi ini;
4. Drs. Subiki, M.Kes., M.C.E. selaku Penguji Utama dan Nila Mutia Dewi, S.Pd., M. P.Fis. selaku Penguji Anggota yang bersedia meluangkan waktu, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Drs. Maryani, M.Pd., M.C.E. selaku Ahli Media dalam menguji kelayakan rancangan bahan ajar yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk memberikan penilaian dan saran yang sangat berharga.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi.

Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN TEORI.....	5
2.1 Metode Eliminasi Gauss Jordan	5
2.2 Persamaan Linear dalam Sistem Katrol Tetap.....	6
2.3 Bahan Ajar Fisika	8
2.4 Penelitian Relevan	11
2.5 Kerangka Berpikir.....	12
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Tempat, Waktu, dan Jenis Penelitian	13
3.2 Definisi Operasional.....	13
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Hasil Penelitian	17
4.2 Pembahasan.....	24
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Penilaian Skala <i>Likert</i>	16
Tabel 3. 2 Kategori Kelayakan Rancangan Bahan Ajar	16
Tabel 4. 1 Hasil Penyelesaian Sistem Katrol Tetap dengan Eliminasi Gauss-Jordan	20
Tabel 4. 2 Hasil uji kelayakan awal rancangan bahan ajar oleh ahli materi dan ahli media	24
Tabel 4. 3 Hasil uji kelayakan setelah revisi rancangan bahan ajar oleh ahli materi dan ahli media.....	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) Katrol Tetap (b) Diagram Gaya Bebas	7
Gambar 2. 2 Kerangka Berpikir	12
Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian.....	14
Gambar 4. 1 Ilustrasi Pesawat Atwood	17
Gambar 4. 2 Diagram gaya bebas pesawat atwood.....	17
Gambar 4. 3 Ilustrasi katrol tetap pada bidang datar	18
Gambar 4. 4 Diagram gaya bebas katrol tetap pada bidang datar.....	18
Gambar 4. 5 Ilustrasi katrol tetap pada bidang miring.....	19
Gambar 4. 6 Diagram gaya bebas katrol tetap pada bidang miring.....	20
Gambar 4. 7 Tampilan Rancangan Bahan Ajar: (i) Cover (ii) Daftar Isi (iii) Isi Materi (iv) Contoh Soal (v) Latihan Soal (vi) Glosarium	22
Gambar 4. 8 (i) Tampilan Bab 1 (ii) Tampilan Bab 2 (iii) Tampilan Bab 3 (iv) Tampilan Bab 4 (v) Tampilan Bab 5	23
Gambar 4. 9 (i) Diagram gaya bebas sebelum perbaikan (ii) Diagram gaya bebas sesudah perbaikan (iii) Perumusan sebelum perbaikan (iv) Perumusan sesudah dirapikan (v) Tujuan pembelajaran sebelum perbaikan (vi) Tujuan pembelajaran setelah perbaikan.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Matriks Penelitian.....	39
Lampiran 2 Langkah-langkah Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Sistem Katrol Tetap.....	41
Lampiran 3 Langkah-langkah Metode Eliminasi -Subtitusi Pada Penyelesaian Sistem Katrol Tetap.....	48
Lampiran 4 Lembar Uji Kelayakan Oleh <i>Expert Judgement</i>	53
Lampiran 5 Lembar Uji Kelayakan Oleh <i>Expert Judgement</i>	57
Lampiran 6 Lembar Hasil Uji Kelayakan Oleh <i>Expert Judgement</i>	73
Lampiran 7 Surat Permohonan <i>Expert Judgement</i>	79
Lampiran 8 Surat Persetujuan <i>Expert Judgement</i>	80

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan abad 21 merupakan proses pembelajaran yang dirancang dengan menitikberatkan pada penguasaan keterampilan esensial, seperti berpikir kreatif, berpikir kritis, kemampuan berkomunikasi dan kemampuan bekerjasama (Widaningsih et al., 2024). Sekolah dituntut untuk mengembangkan berbagai aspek tersebut guna membekali peserta didik dengan kompetensi yang relevan dalam menghadapi tantangan zaman. Dalam konteks ini, keterampilan mengajar guru berfungsi sebagai penyampaian materi, sebagai fasilitator dan motivator yang membentuk pengalaman belajar peserta didik (Sari, 2024). Penggunaan media yang tepat dan penyajian materi yang menarik dapat meningkatkan minat belajar peserta didik. Oleh karena itu, guru memerlukan bahan ajar yang baik sebagai sarana untuk menyampaikan materi secara efektif (Lastri, 2023).

Bahan ajar merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran yang berfungsi sebagai panduan peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran secara efektif. Menurut Magdalena et al. (2020), pengembangan bahan ajar harus didasarkan pada analisis kebutuhan peserta didik dan relevansi dengan kurikulum agar mendukung ketercapaian kompetensi. Penelitian yang dilakukan Mulyana et al. (2021) menunjukkan bahwa bahan ajar berpengaruh signifikan terhadap pemahaman konsep peserta didik, dengan rata-rata *effect size* sebesar 2,16 yang tergolong dalam kategori tinggi. Bahan ajar yang dikembangkan dengan strategi pembelajaran yang tepat dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik (Nuryasana & Desiningrum, 2020). Sehingga pengembangan bahan ajar memegang peran penting dalam menciptakan pengalaman belajar yang efektif dan berpusat pada kebutuhan peserta didik.

Salah satu bahan ajar yang biasa digunakan dalam pembelajaran ialah modul pembelajaran. Modul pembelajaran merupakan media yang digunakan oleh guru untuk membentuk komunikasi dua arah dengan peserta didik. Menurut Mapilindo et al. (2021), penggunaan modul dapat memberikan peningkatan hasil belajar dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,61 yang tergolong kategori sedang. Selain itu,

penelitian yang telah dilakukan oleh Maria & Fatonah (2023) menunjukkan bahwa penggunaan modul memberikan kontribusi 40,66% terhadap hasil belajar kognitif peserta didik. Sehingga modul pembelajaran menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar peserta didik.

Mata pelajaran yang membutuhkan bahan ajar kontekstual adalah fisika. Fisika merupakan mata pelajaran yang mempelajari fenomena alam terkait materi, energi, dan interaksi didalamnya. Fisika menarik karena banyak konsep yang relevan dalam kehidupan sehari-hari (Haryadi & Nurmala, 2021). Namun fisika sering kali dianggap sulit dan membosankan, oleh peserta didik (Anita & Ariani, 2024). Konsep-konsep fisika yang abstrak dan penggunaan pendekatan matematis sering menjadi penyebab kesulitan belajar, hal ini menimbulkan persepsi negatif sejak dini dan menurunkan motivasi peserta didik dalam mempelajari fisika (Magfirah, 2024).

Salah satu materi fisika yang dianggap sulit, yaitu sistem katrol tetap. Salah satu topik dalam pembelajaran fisika yang masih dianggap sulit oleh peserta didik adalah dinamika gerak pada sistem katrol tetap atau yang dikenal sebagai pesawat Atwood. Padahal, konsep ini sangat relevan dengan kehidupan sehari-hari, terutama dalam aplikasi prinsip hukum Newton. Kesulitan ini muncul karena peserta didik harus memahami arah gaya dan menyusun persamaan sistem linear yang rumit. Penelitian oleh Fadli et al. (2022) mengungkap bahwa 68% peserta didik mengalami kekeliruan dalam menentukan arah percepatan benda, sementara 54% keliru dalam mengenali gaya-gaya yang bekerja pada sistem katrol, yang berdampak pada kesalahan dalam menjawab soal. Pembelajaran berbasis pemodelan fisik terbukti berdampak signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep ini, dengan nilai *effect size* sebesar 0,76 yang termasuk kategori tinggi. Kesulitan ini semakin kompleks karena materi seperti sistem katrol mengharuskan peserta didik menguasai keterampilan berpikir abstrak dan logika matematis, khususnya dalam memodelkan hubungan antar variabel ke dalam bentuk sistem persamaan linear. Sejalan dengan itu (Maarif et al., 2020) menemukan bahwa peserta didik menghadapi hambatan konseptual, prosedural, dan teknis saat

menyusun dan menyelesaikan sistem persamaan linear dua variabel, yang menjadi fondasi penting dalam konteks pemodelan fisika seperti katrol.

Berdasarkan penelusuran bahan ajar dan buku teks fisika SMA yang digunakan di sekolah, penyelesaian soal katrol tetap umumnya disajikan menggunakan metode eliminasi substitusi. Metode ini memang cukup sesuai untuk sistem dua variabel, namun belum mencerminkan penyelesaian sistem linear yang kompleks secara sistematis. Hal ini diperkuat oleh Lestari (2021) yang menemukan bahwa peserta didik mengalami kesulitan dalam menyusun ulang bentuk persamaan dan melakukan substitusi balik, sehingga menyebabkan kesalahan prosedural. Metode Gauss-Jordan dianggap lebih sistematis dan cocok untuk SPL tiga variabel atau lebih. Untuk mengatasi kesulitan tersebut diperlukan pendekatan pembelajaran yang dapat menghubungkan konsep fisika dengan representasi matematis yang sesuai. Pada sistem katrol tetap melibatkan beberapa gaya dan tegangan tali yang dapat dimodelkan dalam bentuk persamaan linier (Batarius & Samane, 2021). Karakteristik katrol tetap, termasuk hubungan gaya (F) dan beban (W) yang dapat dijelaskan secara matematis. Gaya dan tegangan tali pada katrol tetap dapat dimodelkan menggunakan persamaan linier yang kemudian diselesaikan untuk menentukan nilai gaya dan percepatan yang diperlukan (Utomo, 2023).

Persamaan linear dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks dan diselesaikan melalui berbagai metode, seperti substitusi-eliminasi, aturan Cramer, metode invers, metode eliminasi Gauss-Jordan, serta teknik lainnya (Maydawati, 2024). Penelitian sebelumnya telah mengkaji mengenai penyelesaian soal katrol tetap menggunakan aturan Cramer. Namun untuk penggunaan metode Eliminasi Gauss-Jordan pada penyelesaian katrol tetap belum ada yang mengkaji. Metode Gauss-Jordan banyak diterapkan dalam berbagai masalah fisika, termasuk dalam analisis sistem seperti katrol tetap. Metode ini merupakan teknik aljabar linear yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear dengan mengubah matriks koefisien menjadi matriks identitas melalui operasi baris elementer. Metode ini memungkinkan penyelesaian nilai variabel secara langsung tanpa perlu substitusi balik, sehingga sangat efisien untuk sistem persamaan yang kompleks (Mufid, 2023).

Berdasarkan uraian di atas, serta mempertimbangkan permasalahan terkait pengembangan bahan ajar dan keberhasilan penelitian terdahulu yang berfokus pada sistem eliminasi Gauss-Jordan penulis memilih untuk merancang penelitian berjudul "**Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika**".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Bagaimana langkah-langkah implementasi metode eliminasi Gauss – Jordan pada sistem katrol tetap dalam rancangan bahan ajar ?
- b. Bagaimana kelayakan rancangan bahan ajar penyelesaian soal katrol tetap menggunakan metode Eliminasi Gauss Jordan berdasarkan hasil uji kelayakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah

- a. Mendeskripsikan langkah-langkah implementasi metode Eliminasi Gauss - Jordan pada sistem katrol tetap dalam rancangan bahan ajar.
- b. Mendeskripsikan kelayakan rancangan bahan ajar penyelesaian soal katrol tetap menggunakan metode Eliminasi Gauss Jordan berdasarkan hasil uji kelayakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, sebagai berikut:

- a. Bagi guru, penelitian ini dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam menyelesaikan soal katrol tetap.
- c. Bagi peserta didik, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan dan bahan bacaan dalam persoalan katrol tetap.
- d. Bagi peneliti lain, hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam pengembangan penelitian selanjutnya di bidang pembelajaran fisika.

BAB 2. TINJAUAN TEORI

2.1 Metode Eliminasi Gauss Jordan

Fisika adalah ilmu sains yang menjelaskan fenomena alam melalui eksperimen dan persamaan matematis (Istiqomah & Wijaya, 2022). Mata pelajaran fisika selalu berkaitan dengan konsep matematika. Salah satunya yang paling sering digunakan adalah sistem persamaan linier. Sistem Persamaan Linier (SPL) adalah sekumpulan dua atau lebih persamaan linier yang memiliki variabel yang sama dan disusun sedemikian rupa sehingga solusi dari persamaan tersebut adalah nilai-nilai variabel yang memenuhi semua persamaan (Padian et al., 2023).

Persamaan linier ditunjukkan pada persamaan 2.1 berikut

$$a_1x + b_1y + c_1z = d_1 \tag{2.1}$$

$$a_2x + b_2y + c_2z = d_2$$

$$a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \text{ (Supriadi et al., 2025).}$$

Metode yang sering digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linier adalah metode substitusi - eliminasi. Dalam aljabar linier, penyelesaian SPL selain diselesaikan dengan metode substitusi-eliminasi juga dapat diselesaikan dengan menggunakan aljabar matrik, seperti aturan Cramer, metode invers dan eliminasi Gauss. Menurut Maharani (2020), terdapat perbedaan tingkat pemahaman peserta didik terhadap aturan Cramer dan metode substitusi-eliminasi, di mana metode Cramer menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi. Memahami sistem persamaan linier sangat penting karena banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang ilmu, termasuk dalam penyelesaian soal-soal fisika dasar. Sebagaimana diungkapkan oleh Kristanto (2020), penguasaan konsep matematis dasar sangat berperan dalam mendukung keberhasilan peserta didik dalam memahami dan menyelesaikan permasalahan fisika yang kompleks.

Selain metode yang telah disebutkan, penyelesaian sistem persamaan linier juga dapat dilakukan menggunakan metode Gauss-Jordan (Purwasih & Astutik, 2022). Metode ini merupakan pengembangan dari metode eliminasi Gauss, yang bertujuan mengubah matriks augmented menjadi bentuk matriks identitas agar solusi dari sistem persamaan linier dapat diperoleh secara langsung (Lestari, 2021).

Keunggulan metode Gauss-Jordan terletak pada kemampuannya menyelesaikan persamaan dengan jumlah variabel yang banyak secara sistematis dan efisien. Efektivitas metode ini dalam pembelajaran telah dibuktikan secara empiris oleh penelitian Musa et al. (2024), yang menyatakan metode Gauss-Jordan untuk peserta didik SMA, terjadi peningkatan hasil belajar dengan skor gain sebesar 0,71 kategori tinggi, menunjukkan efektivitas metode ini dalam mendukung pemahaman konsep aljabar linier. Selain itu Judijanto et al. (2025) mencatat bahwa penggunaan metode numerik seperti Gauss-Jordan dalam konteks statistik dan teknik memberikan hasil perhitungan yang lebih cepat dan akurat dibandingkan metode manual. Penyelesaian persamaan linier menggunakan metode Gauss-Jordan terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

- a. Merubah persamaan linier menjadi matriks teraugmentasi (A|B)

Persamaan system persamaan linier 2.1 diubah dalam bentuk matriks

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} \quad 2.2$$

Kemudian diubah bentuk menjadi matriks augmentasi

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} \text{ atau } \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & | & d_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & | & d_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 & | & d_3 \end{bmatrix} \quad 2.3$$

- b. Ubah matriks 2.3 menjadi matriks identitas

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \quad 2.4$$

- c. Sehingga dari persamaan tersebut dapat diketahui nilai variable

$$x = x_1; y = x_2; z = x_3$$

2.2 Persamaan Linear dalam Sistem Katrol Tetap

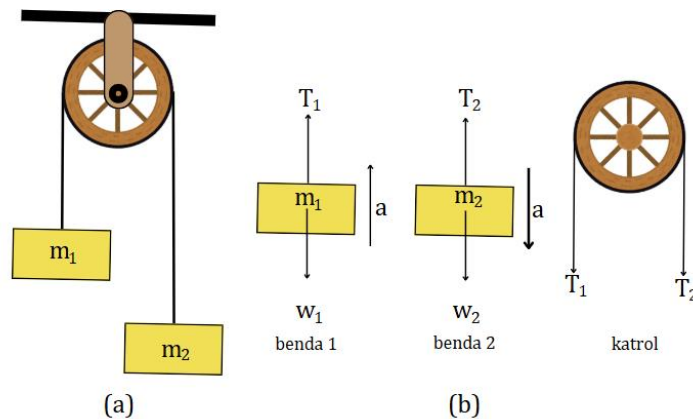
Sistem Persamaan Linier (SPL) adalah persamaan yang memiliki variabel dengan pangkat satu. Secara umum, persamaan ini ditulis sebagai $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = b$. Dengan a_1, a_2, \dots, a_n adalah koefisiennya, sebagai x_1, x_2, \dots, x_n variabel dan b sebagai konstanta (Siahaan et al., 2023). Dalam fisika Sistem Persamaan Linear digunakan untuk menghitung gaya pada katrol tetap. Katrol tetap merupakan katrol yang dipasang pada posisi tetap yang berfungsi untuk mengubah

gaya sehingga mempermudah untuk melakukan usaha (Supriadi et al., 2025). Kemudian karena katrol bergerak secara berotasi maka katrol juga berlaku hukum momen inersia (Jati, 2018).

Pemecahan sistem persamaan pada katrol tetap dapat dilakukan dengan menggunakan hukum 2 Newton. Dimana hukum 2 Newton digunakan untuk menggambarkan hubungan antara gaya yang bekerja pada suatu benda dan perubahan geraknya. Hukum tersebut menyatakan jika percepatan (a) berbanding lurus dengan gaya total (F) dan berbanding terbalik dengan massanya (m). Berikut persamaan hukum 2 Newton

$$\sum F = m \cdot a \quad (\text{Supriadi et al, 2025}) \quad 2.5$$

Pada analisis katrol tetap terdapat beberapa gaya yang bekerja diantaranya yaitu gaya gravitasi ($W = m \cdot g$) dan gaya tegang tali (T). Resultan gaya akan bernilai nol jika sistem pada katrol berada keadaan seimbang, sehingga percepatannya juga bernilai nol. Berikut ilustrasi diagram gaya pada katrol tetap seperti Gambar 2.1



Gambar 2. 1 (a) Katrol Tetap (b) Diagram Gaya Bebas

Berdasarkan peninjauan diagram gaya maka didapatkan sistem persamaan linier sebagai berikut

$$\text{Pada benda 1: } \sum F = m \cdot a \text{ maka } T_1 - m_1 a = m_1 g \quad 2.6$$

$$\text{Pada benda 2: } \sum F = m \cdot a \text{ maka } m_2 g + m_2 a = T_2 \quad 2.7$$

$$\text{Pada Katrol: } \sum \tau = I \alpha \text{ maka } Fr = bMr^2 \left(\frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right)$$

$$(T_2 - T_1)r = bMr^2 \left(\frac{a}{r} \right) \text{ atau } T_2 - T_1 - bMa = 0 \quad 2.8$$

Keterangan:

I = Momen Inersia Katrol ($kg\ m^2$)

M = Massa Katrol (kg)

r = Jari-jari katrol (m)

b = Konstanta Inersia Katrol ($b = 1$ untuk katrol berongga; $b = \frac{1}{2}$ untuk katrol pejal)

Hasil dari persamaan diatas dapat memberikan solusi untuk mencari besar gaya dan percepatan pada katrol tetap.

2.3 Bahan Ajar Fisika

Bahan ajar merupakan sumber materi yang digunakan guru dalam kegiatan pembelajaran sehingga guru dapat mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Bahan ajar secara umum dikemas dalam buku ajar atau buku teks yang hendaknya terpaut dengan kurikulum berdasarkan jenjang pendidikan tertentu yang terdiri dari pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang harus dipelajari guna mencapai stantar kompetensi yang telah ditetapkan (Aisyah et al., 2020). Menurut Nurhayati (2023), bahan ajar diartikan sebagai sumber belajar yang sangat diperlukan guru dalam memajukan efektifitas pembelajaran sehingga dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik karena dengan bahan ajar suatu pembelajaran akan berlangsung semakin menarik, seperti peserta didik dan guru berpartisipasi secara lebih aktif sehingga menjadikan pembelajaran lebih efektif. Menurut Papatangan et al. (2021) bahan ajar merupakan seperangkat sarana atau alat pembelajaran yang berisikan materi pembelajaran, metode, batasan, dan teknik evaluasi yang dirancang secara sistematis untuk mencapai tujuan yang ditetapkan sebelumnya.

Bahan ajar yang efektif harus mampu mendukung pembelajaran mandiri dan memungkinkan bagi peserta didik untuk mengeksplorasi materi secara aktif. Dalam menyusun bahan ajar terdapat hal-hal yang harus diperhatikan, yaitu harus menarik, sesuai dengan tujuan pembelajaran tertentu, memiliki urutan yang benar, terdapat arahan untuk penggunaan bahan ajar, soal-soal praktis, jawaban praktis, menunjukkan kemajuan peserta didik, dan memberikan arahan untuk kegiatan selanjutnya. Setiap bahan ajar memiliki jenis-jenis, dan karakteristik yang berbeda-beda sesuai fungsinya.

Bahan ajar dibagi menjadi beberapa jenis seperti panduan, buku, modul, LKS, brosur, pamflet, buletin dan lain-lain. bahan. -Bahan tertulis seperti video/film, VCD, radio, kaset, komputer dan CD interaktif berbasis web.4 (Hulopi, 2024). Menurut Prastowo (2012) terdapat format yang harus dipahami dalam pembuatan bahan ajar khususnya modul, yaitu:

a. Judul

Menggunakan judul yang mencerminkan isi modul yang meliputi *cover* depan modul, dan judul untuk masing-masing bab yang disesuaikan dengan isi materi.

b. Kata Pengantar

Bagian yang berisi ucapan terimakasih atas terseleainya modul, alasan penulisan dan manfaat yang bisa diperoleh.

c. Daftar Isi

Bagian yang berisi informasi kepada pembaca mengenai topik-topik yang ditampilkan dalam modul sesuai urutan tampilan dan nomor halaman.

d. Latar Belakang

Bagian yang berisi alasan dan dasar pertimbangan penyusunan modul.

e. Deskripsi Singkat

Berisi deskripsi singkat yang memuat penjelasan singkat tentang materi yang dibahas.

f. Kompetensi yang akan dicapai

Komponen yang berisi penjelasan standar kompetensi dan indikator untuk mengukur kemampuan yang harus dikuasai oleh peserta didik.

g. Peta Konsep

Memberikan informasi penting mengenai hubungan antartopik sehingga pembaca (peserta didik) lebih mudah untuk meninjau ruang lingkup materi yang dibahas secara komperhensif.

h. Manfaat

Brisikan penjelasan mengenai manfaat yang bisa diperoleh peserta didik jika membaca modul tersebut.

i. Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran dimaksudkan untuk mengetahui target yang ingin dicapai peserta didik sebagai pegangan pada saat mempelajari modul.

j. Isi materi pembelajaran

Isi materi pembelajaran yang dibahas dan bersumber dari sumber yang relevan.

k. Petunjuk Penggunaan Modul

Bagian yang berisi cara menggunakan modul, yaitu apa saja yang harus dilakukan oleh peserta didik ketika membaca modul.

l. Kompetensi Dasar

Perilaku akhir yang diharapkan dapat diperoleh oleh peserta didik dari hasil proses belajar.

m. Materi Pokok dan Uraian Materi

Bagian yang berisi sejumlah materi pokok yang akan dibahas agar peserta didik menguasai kompetensi dasar yang telah ditetapkan dan dilanjutkan dengan menjabarkan materi secara rinci dan mendetail.

n. *Heading*

Heading berfungsi untuk memberikan batasan awal dan akhir materi/bagian, memberikan posisi topik serta memperkirakan topik mana yang penting.

o. Ringkasan

Bagian yang memuat rangkuman materi dalam satu bab dan diletakkan di akhir materi bab.

p. Latihan Soal

Tugas yang diberikan kepada peserta didik untuk memperdalam pemahaman tentang materi yang telah dipelajari.

q. Tes Mandiri

Tes yang diberikan pada akhir setiap bab untuk mengukur tingkat penguasaan materi yang dicapai peserta didik pada setiap kegiatan pembelajaran.

r. Evaluasi

Memberikan evaluasi pemahaman dan pencapaian kompetensi peserta didik.

s. Tindak Lanjut

Bagian yang berisi *feedback* kepada pembaca.

t. Harapan

Bagian yang berisi harapan dan saran bagi pembaca (peserta didik) agar lebih meningkatkan kompetensinya, tidak hanya sekedar dari modul saja.

u. **Glosarium**

Berisikan definisi operasional yang digunakan dalam modul dan sering diperlukan oleh pembaca.

v. **Daftar Pustaka**

Menunjukkan sejumlah referensi yang digunakan sebagai bahan rujukan.

w. **Kunci Jawaban**

Memuat jawaban-jawaban dari pertanyaan atau soal-soal yang digunakan untuk menguji penguasaan materi pembaca.

Pada penelitian ini merancang bahan ajar dalam bentuk modul untuk penyelesaian soal katrol tetap dengan menerapkan metode eliminasi Gauss-Jordan. Rancangan modul ini dapat memberikan penjelasan yang jelas tentang metode Eliminasi Gauss-Jordan, contoh soal yang relevan dengan katrol tetap, dan latihan soal untuk membantu peserta didik menguasai konsep tersebut.

2.4 Penelitian Relevan

Kajian dalam penelitian yang telah diusulkan tidak terlepas dari adanya penelitian relevan yang digunakan sebagai bahan perbandingan dan masukan. Adapun penelitian yang relevan, antara lain:

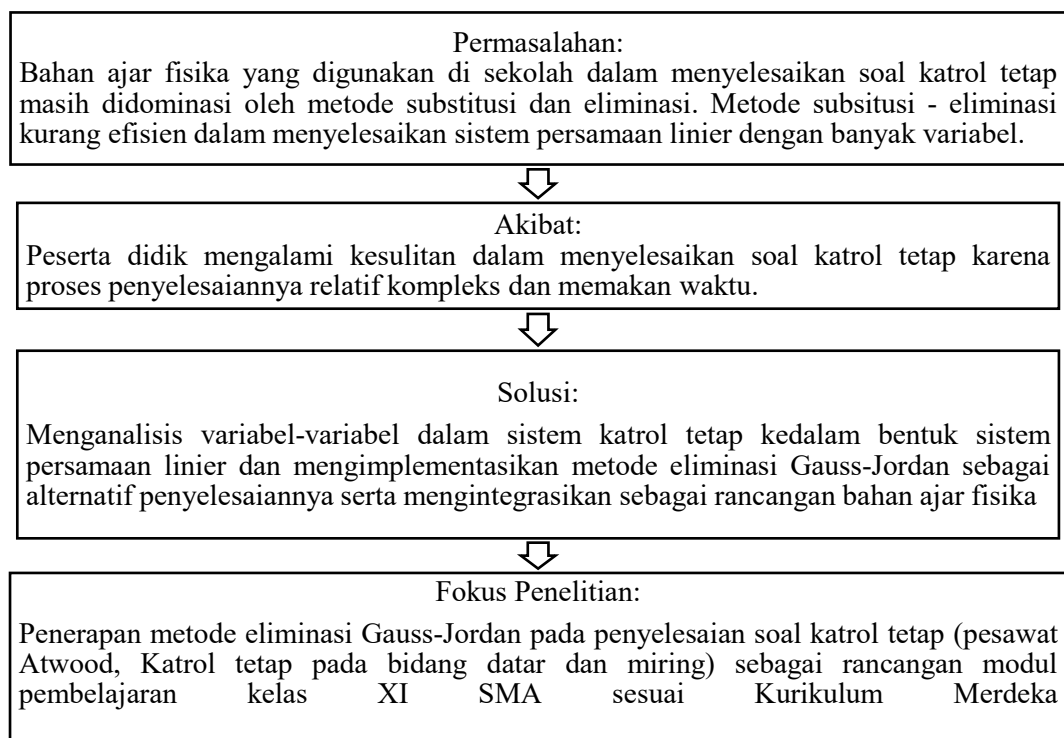
- a. Penelitian Nasmirayanti et al. (2022) menganalisis performa metode Gauss-Jordan dalam menyelesaikan sistem persamaan linear (SPL) pada struktur teknik sederhana. Melalui pendekatan numerik berbasis simulasi, diperoleh hasil bahwa metode ini mampu menghitung gaya dalam batang dan reaksi tumpuan dengan hasil efisien dan mendekati perhitungan eksak.
- b. Penelitian Magdalena et al. (2020) menegaskan pentingnya pengembangan bahan ajar yang disusun oleh guru secara sistematis dan sesuai kurikulum. Bahan ajar yang baik memungkinkan peserta didik belajar mandiri dan meningkatkan keberhasilan pembelajaran.
- c. Penelitian oleh Supriadi et al. (2025) mengkaji penggunaan aturan Cramer dalam menyelesaikan SPL tiga variabel pada materi rangkaian listrik dua loop.

Menggunakan desain pra-eksperimen, ditemukan bahwa metode ini meningkatkan kemampuan berpikir matematis dan hasil belajar siswa SMA.

- d. Ni'mah (2025), metode eliminasi Gauss – Jordan dapat diimplementasikan dalam menyelesaikan SPL materi rangkaian listrik sederhana 2 & 3 loop dalam bentuk bahan ajar. Validasi ahli dan pengguna menunjukkan bahwa bahan ajar ini dinyatakan sangat valid/ layak digunakan.

2.5 Kerangka Berpikir

Berdasarkan uraian mengenai bahan ajar, sistem katrol tetap, dan metode eliminasi Gauss-Jordan sebelumnya, maka kerangka berpikir dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2 Kerangka Berpikir

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat, Waktu, dan Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif non-eksperimental, yang bertujuan untuk mendeskripsikan langkah-langkah implementasi metode eliminasi Gauss – Jordan pada sistem katrol tetap dalam rancangan bahan ajar. Penelitian deskriptif digunakan untuk menjelaskan suatu fenomena secara sistematis tanpa memberikan perlakuan tertentu (Sugiyono, 2023). Lokasi penelitian yang digunakan yaitu di Laboratorium Fisika Lanjut, Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian pada semester genap tahun 2024/2025.

3.2 Definisi Operasional

Definisi operasional memuat penjelasan terkait variabel-variabel yang menjadi fokus penelitian. Penjelasan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya miskonsepsi dalam memahami istilah yang digunakan dalam penelitian.

a. Eliminasi Gauss-Jordan

Metode Eliminasi Gauss-Jordan salah satu metode aljabar matriks dalam menyelesaikan SPL melalui operasi baris elementer untuk merubah matrik perluasan menjadi matrik eselon baris tereduksi.

b. Katrol Tetap

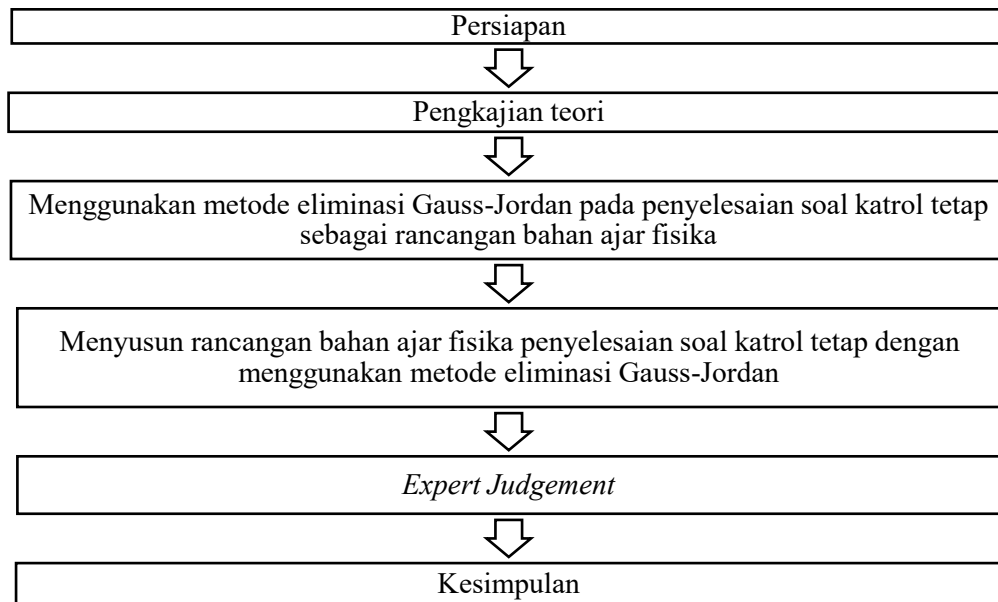
katrol tetap merupakan salah satu bentuk pesawat sederhana yang porosnya diam sehingga dalam katrol hanya terjadi gerak rotasi sempurna (tanpa selip). Dengan menerapkan hukum 2 Newton dalam diagram gaya bebas pada sistem katrol didapatkan SPL.

c. Rancangan Bahan Ajar

Rancangan bahan ajar ini adalah draft bahan ajar yang berisi materi sistem katrol tetap dan bagaimana penyelesaian katrol tetap menggunakan metode substitusi – eliminasi dan implementasi eliminasi Gauss – Jordan dalam menyelesaikan sistem katrol tetap.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan langkah-langkah sistematis yang dilakukan peneliti sehingga mampu menghasilkan temuan yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan. Prosedur dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

c. Persiapan

Tahapan ini merupakan langkah awal yang dilakukan untuk mempersiapkan segala kebutuhan penelitian. Kebutuhan tersebut mencakup pengumpulan literatur seperti buku, jurnal, dan artikel dari internet yang berkaitan dengan topik penelitian.

d. Pengkajian Teori

Pada tahap ini, peneliti melakukan kajian terhadap teori-teori yang telah ada mengenai sistem katrol tetap, kemudian mengaitkannya dengan penerapan metode eliminasi Gauss-Jordan.

e. Penerapan Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Sistem Katrol Tetap

Tahap ini merupakan inti dari penelitian, yaitu menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan untuk menyelesaikan sistem katrol tetap (Pesawat Atwood, katrol tetap pada bidang datar dan miring).

f. Menyusun Rancangan Bahan Ajar Fisika

Tahap ini merupakan penyusunan rancangan bahan ajar fisika dalam bentuk modul pembelajaran penyelesaian soal katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan.

g. *Expert Judgement*

Pada tahap ini, hasil rancangan bahan ajar yang telah disusun dinilai oleh ahli materi dan media untuk mengetahui kesesuaian dari isi dalam rancangan tersebut. Jika tidak sesuai, maka dilakukan revisi hingga isi dari bahan ajar sesuai dengan konsep yang ada secara keseluruhan. Jika sudah sesuai akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya dan rancangan bahan ajar dapat dijadikan produk final dalam penelitian ini.

h. Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan ini peneliti memperoleh hasil penelitian. Hasil tersebut kemudian akan dilakukan pembahasan, serta produk berupa rancangan bahan ajar.

3.4 Teknik Pengumpulan Data Penelitian

Teknik pengumpulan data merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh data dalam penelitian.

a. *Expert Judgement*

Expert Judgement merupakan proses penilaian oleh ahli terhadap kelayakan isi dan struktur rancangan bahan ajar yang telah dibuat yang melibatkan 2 responden, yaitu 1 ahli materi dan 1 ahli media pembelajaran oleh dosen Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember.

b. Studi Literatur

Menelaah berbagai sumber pustaka ilmiah, baik cetak maupun digital, yang berkaitan langsung dengan topik penelitian. Kegiatan ini bertujuan untuk menemukan landasan teori tentang bahan ajar, sistem katrol tetap, dan metode Gauss-Jordan, mengidentifikasi penelitian-penelitian relevan yang menjadi referensi penyusunan bahan ajar dan menyusun indikator kelayakan rancangan bahan ajar berdasarkan kriteria ilmiah dan praktik sebelumnya.

3.5 Metode Analisis

Metode analisis pada penelitian ini yaitu analisis empiris yang berarti mendeskripsikan hasil uji kelayakan rancangan bahan ajar penyelesaian soal katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan. Hasil kelayakan rancangan bahan ajar diperoleh dari hasil penilaian *expert judgement*. Analisis kelayakan rancangan bahan ajar dilakukan dengan skala *likert* 1-5 seperti Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Penilaian Skala *Likert*

Kategori	Skor
Sangat Baik	5
Baik	4
Cukup Baik	3
Kurang Baik	2
Sangat Tidak Baik	1

(Sugiyono, 2023)

Menghitung presentase untuk mengetahui tingkat kelayakan dari jawaban responden menggunakan rumus:

$$P = \left(\frac{k}{n}\right) \times 100\%$$

Dengan nilai P merupakan persentase hasil kelayakan rancangan bahan ajar, k merupakan skor jumlah yang didapat dari responden dan n merupakan skor maksimal yang diharapkan. Setelah mendapatkan nilai persentase hasil kelayakan rancangan bahan ajar, maka dapat menentukan kategori kelayakan sesuai Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Kategori Kelayakan Rancangan Bahan Ajar

Rentang Presentase	Kategori
$80\% < P \leq 100\%$	Sangat layak
$60\% < P \leq 80\%$	Layak
$40\% < P \leq 60\%$	Cukup Layak
$20\% < P \leq 40\%$	Kurang Layak
$0\% < P \leq 20\%$	Tidak Layak

(Arikunto, 2010)

Berdasarkan kategori kelayakan diatas, rancangan bahan ajar penyelesaian soal katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan dianggap layak apabila $P > 60\%$.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

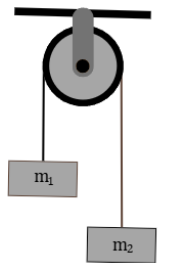
Dalam pembelajaran fisika SMA, penyelesaian sistem katrol tetap umumnya menggunakan metode substitusi dan eliminasi untuk menyelesaikan sistem persamaan linier (SPL) yang diturunkan dari hukum 2 Newton. Namun, metode tersebut menjadi kurang efisien ketika jumlah variabel meningkat atau ketika model sistem menjadi kompleks, seperti pada sistem dengan momen inersia katrol, bidang miring, dan permukaan kasar. Penelitian ini mengkaji implementasi metode eliminasi Gauss-Jordan pada sistem katrol tetap sebagai rancangan bahan ajar.

4.1.1 Langkah-langkah Penyelesaian Sistem Katrol Tetap dengan Metode Eliminasi Gauss-Jordan

Sistem katrol tetap dalam penelitian ini meliputi (1) pesawat atwood; (2) katrol tetap pada bidang datar; dan (3) katrol tetap pada bidang miring.

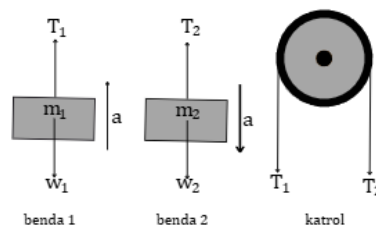
a. Pesawat Atwood

Berikut merupakan ilustrasi sistem katrol tetap pada pesawat Atwood



Gambar 4. 1 Ilustrasi Pesawat Atwood

1. Mengambarkan diagram gaya bebas dari sistem katrol tetap pesawat Atwood



Gambar 4. 2 Diagram gaya bebas pesawat atwood

2. Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut:

$$\text{Benda 1 : } T_1 - m_1 \cdot a = m_1 \cdot g \quad (4.1)$$

$$\text{Benda 2} : T_2 + m_2 a = m_2 \cdot g \quad (4.2)$$

$$\text{Katrol} : T_2 - T_1 = b M a \quad (4.3)$$

3. Menuliskan SPL di atas dalam persamaan matrik, $AX = B$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -m_1 \\ 0 & 1 & m_2 \\ -1 & 1 & -bM \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 g \\ m_2 g \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

4. Menyederhanakan persamaan matriks menjadi matriks teraugmentasi ($A|B$)

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -m_1 & m_1 g \\ 0 & 1 & m_2 & m_2 g \\ -1 & 1 & -bM & 0 \end{array} \right] \quad (4.4)$$

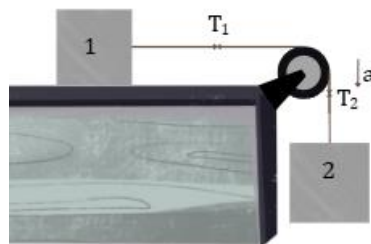
5. Melalui operasi baris elementer merubah matriks perluasan menjadi matriks eselon baris tereduksi/materiks identitas sesuai dengan algoritma Gauss - Jordan

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -m_1 & m_1 g \\ 0 & 1 & m_2 & m_2 g \\ -1 & 1 & -bM & 0 \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & x_1 \\ 0 & 1 & 0 & x_2 \\ 0 & 0 & 1 & x_3 \end{array} \right] \quad (4.5)$$

6. Nilai x_1 , x_2 , dan x_3 merupakan hasil dari masing-masing variable T_1 ; T_2 ; dan a

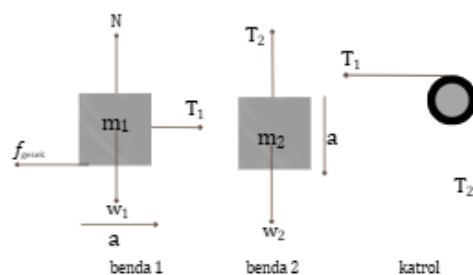
b. Katrol Tetap Pada Bidang Datar

Berikut merupakan ilustrasi sistem katrol tetap pada pesawat Atwood



Gambar 4. 3 Ilustrasi katrol tetap pada bidang datar

1. Mengambarkan diagram gaya bebas dari sistem katrol tetap pesawat Atwood



Gambar 4. 4 Diagram gaya bebas katrol tetap pada bidang datar

2. Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut :

$$\text{Benda 1} : T_1 - m_1 \cdot a = \mu m_1 \cdot g \quad (4.6)$$

$$\text{Benda 2} : T_2 + m_2 \cdot a = m_2 g \quad (4.7)$$

$$\text{Katrol} : T_2 - T_1 - bMa = 0 \quad (4.8)$$

3. Menuliskan SPL di atas dalam persamaan matriks $AX = B$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -m_1 \\ 0 & 1 & m_2 \\ -1 & 1 & -bM \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_k m_1 g \\ m_2 g \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

4. Menyederhanakan persamaan matriks menjadi matriks teraugmentasi $(A|B)$

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -m_1 & \mu_k m_1 g \\ 0 & 1 & m_2 & m_2 g \\ -1 & 1 & -bM & 0 \end{array} \right] \quad (4.10)$$

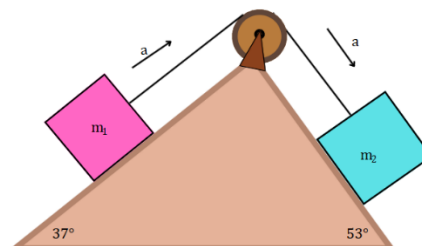
5. Melalui operasi baris elementer merubah matriks perluasan menjadi matriks eselon baris tereduksi/materiks identitas sesuai dengan algoritma Gauss - Jordan

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -m_1 & \mu_k m_1 g \\ 0 & 1 & m_2 & m_2 g \\ -1 & 1 & -bM & 0 \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & x_1 \\ 0 & 1 & 0 & x_2 \\ 0 & 0 & 1 & x_3 \end{array} \right] \quad (4.11)$$

6. Nilai x_1 , x_2 , dan x_3 merupakan hasil dari masing-masing variable T_1 ; T_2 ; dan a

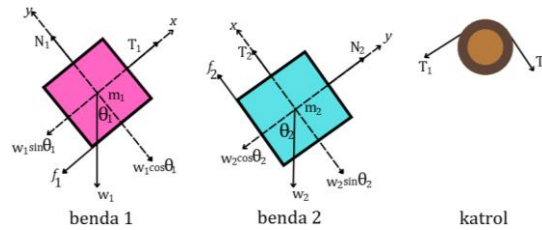
c. Katrol Tetap Pada Bidang Miring

Berikut merupakan ilustrasi sistem katrol tetap pada pesawat Atwood



Gambar 4. 5 Ilustrasi katrol tetap pada bidang miring

1. Menggambarkan diagram gaya bebas dari sistem katrol tetap pesawat Atwood



Gambar 4. 6 Diagram gaya bebas katrol tetap pada bidang miring

2. Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut :

$$\text{Benda 1: } T_1 - m_1 a = m_1 g \sin \theta_1 + \mu_k m_1 g \cos \theta_1 \quad (4.12)$$

$$\text{Benda 2: } T_2 + m_2 a = m_2 g \sin \theta_2 - \mu_k m_2 g \cos \theta_2 \quad (4.13)$$

$$\text{Katrol : } T_2 - T_1 - bMa = 0 \quad (4.14)$$

3. Menuliskan SPL di atas dalam persamaan matriks $AX = B$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -m_1 \\ 0 & 1 & m_2 \\ -1 & 1 & -bM \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 g \sin \theta_1 + \mu_k m_1 g \cos \theta_1 \\ m_2 g \sin \theta_2 - \mu_k m_2 g \cos \theta_2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

4. Menyederhanakan persamaan matriks menjadi matriks teraugmentasi $(A|B)$

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -m_1 & m_1 g \sin \theta_1 + \mu_k m_1 g \cos \theta_1 \\ 0 & 1 & m_2 & m_2 g \sin \theta_2 - \mu_k m_2 g \cos \theta_2 \\ -1 & 1 & -bM & 0 \end{array} \right] \quad (4.16)$$

5. Melalui operasi baris elementer merubah matriks perluasan menjadi matriks eselon baris tereduksi/materiks identitas sesuai dengan algoritma Gauss - Jordan

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -m_1 & m_1 g \sin \theta_1 + \mu_k m_1 g \cos \theta_1 \\ 0 & 1 & m_2 & m_2 g \sin \theta_2 - \mu_k m_2 g \cos \theta_2 \\ -1 & 1 & -bM & 0 \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & x_1 \\ 0 & 1 & 0 & x_2 \\ 0 & 0 & 1 & x_3 \end{array} \right] \quad (4.17)$$

6. Nilai x_1 , x_2 , dan x_3 merupakan hasil dari masing-masing variable T_1 ; T_2 ; dan a

Hasil perhitungan untuk masing-masing persoalan katrol tetap dari penyelesaian dirangkum pada Tabel 4. 1 berikut.

Tabel 4. 1 Hasil Penyelesaian Sistem Katrol Tetap dengan Eliminasi Gauss-Jordan

No	Jenis Katrol Tetap	Data Sistem	Percepatan Sistem (a)	Tegangan Tali 1 (T_1)	Tegangan Tali 2 (T_2)	Keterangan
1	Pesawat Atwood	$m_1 = 6 \text{ kg};$ $m_2 = 9 \text{ kg};$ $M = 10 \text{ kg};$ $g = 10 \text{ m/s}^2;$	$1,5 \text{ m/s}^2$	69 N	76,5N	Katrol berbentuk silinder pejal

		$r = 20 \text{ cm} = 0,2\text{m}$					
2	Katrol Tetap Pada Bidang Datar	$m_1 = 5 \text{ kg}$ $m_2 = 5 \text{ kg}$ $M = 5 \text{ kg}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $r = 10 \text{ cm} = 0,1\text{m}$ $\mu_k = 0,5$	$1,675\text{m/s}^2$	33,33N	41,66N	Permukaan bidang kasar, katrol berbentuk silinder berongga	
3	Katrol Tetap Pada Bidang Miring	$m_1 = 5 \text{ kg}$ $m_2 = 10 \text{ kg}$ $M = 4 \text{ kg}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $r = 10 \text{ cm} = 0,1\text{m}$ $\theta_1 = 37^\circ$ $\theta_2 = 53^\circ$	$2,945\text{m/s}^2$	44,71N	50,59N	Permukaan bidang licin, katrol berbentuk silinder pejal	

Penyelesaian SPL dengan metode eliminasi Gauss-Jordan menghasilkan nilai percepatan dan tegangan tali yang identik dengan metode substitusi-eliminasi. Namun, keunggulan metode ini terletak pada sistematika penyelesaian yang lebih terstruktur, terutama saat menangani tiga variabel atau lebih, tanpa memerlukan substitusi mundur. Prosedur lengkap setiap penyelesaian dilampirkan pada Lampiran 5.

4.1.2 Penyusunan dan Penilaian Kelayakan Rancangan Bahan Ajar Fisika

Hasil dari analisis studi literatur pada implementasi metode eliminasi Gauss-Jordan dalam penyelesaian soal katrol tetap digunakan untuk merancang bahan ajar fisika berupa modul pembelajaran pada pokok bahasan sistem katrol tetap. Bahan ajar ini dirancang agar peserta didik mampu memahami konsep percepatan dan tegangan tali dalam sistem katrol tetap menggunakan penyelesaian eliminasi Gauss-Jordan. Bahan ajar yang dirancang terdiri beberapa komponen yang merujuk pada format-format modul menurut Prastowo (2012), yaitu judul, kata pengantar, daftar isi, latar belakang, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, deskripsi singkat, peta konsep, manfaat, petunjuk penggunaan, materi pembelajaran, contoh soal, latihan soal, ringkasan, asesmen, refleksi, dan tindak lanjut. Selain itu rancangan bahan ajar ini juga dilengkapi dengan daftar pustaka, glosarium, indeks, kunci jawaban dan biografi penulis. Tampilan beberapa komponen bahan ajar dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



(i)

DAFTAR ISI

	Halaman
IDENTITAS RANCANGAN BAHAN AJAR	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Capaian Pembelajaran	2
Tujuan Pembelajaran	2
Deskripsi Singkat	3
Peta Konsep	3
Manfaat	4
Petunjuk Penggunaan Bahan Ajar	4
BAB 2. SISTEM KATROL TETAP	5
Tujuan Pembelajaran	5
Urutan Materi	5
Contoh Soal	12
Latihan Soal	18
Penyimpulan	20
Rangkuman	24
Asesmen	25
Refleksi	29
BAB 3. METODE ELIMINASI GAUSS-JORDAN	30

(ii)

BAB 4. IMPLEMENTASI METODE ELIMINASI GAUSS-JORDAN PADA PENYELESAIAN SOAL KATROL TETAP

Tujuan Pembelajaran

- Penerapan dan mampu menganalisis dan menyelesaikan soal katrol tetap yang melibatkan sistem pendulum dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan secara sistematis.

Uraian Materi

Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap

Metode Gauss-Jordan dapat dipelajari dalam menyelesaikan persoalan katrol tetap. Penyelesaian katrol tetap yang bisa digunakan ialah metode eliminasi-eliminasi. Penyelesaian menggunakan metode Gauss-Jordan dapat langsung menggunakan nilai Tegapan masing-masing tali dan persamaan pada setiap langkah. Berikut Langkah penyelesaiannya:

- Langkah awal yang harus dilakukan yaitu menggunakan gaya bebas benda menggunakan Hukum Newton 2 super, yang sudah dilakukan pada persamaan 2.2, 2.3, dan 2.4. Sehingga diperoleh persamaan linier sebagai berikut:

$$T_1 - m_1g - m_2a = 0$$

$$T_2 - m_2g + m_2a = 0$$
- Langkah berikutnya adalah persamaan linier yang didapat ke dalam bentuk matriks A pada hal (A204):

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & m_1 & 0 \\ 0 & 1 & m_2 & m_2g \\ -1 & 1 & -m_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1g \\ m_2g \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$
- Langkah ke-3 adalah perbaiki matriks yang sudah di dapatkan menjadi matriks teraugmentasi (A19):

(iii)

9) Ubah nilai basis ke-2 kolom ke-3 menjadi 0

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 13,07 \\ 13,06 \\ 3,07 \end{bmatrix}$$

4. Dari langkah tersebut di dapatkan solusi

$$T_1 = 13,07 \text{ N}; T_2 = 13,06 \text{ N}; a = 3,07 \text{ m/s}^2$$

2. Sebuah balok A bermassa 4kg meluncur dalam arah horizontal. Koefisien gesekan antara permukaan balok dan lantai adalah 0,25. Suatu tali dikaitkan pada balok dan dibentangkan dengan balok B yang tergantung bermassa 4,5kg dan melalui katrol silinder pejal bermassa 3kg. Tentukan percepatan gerak balok dan tegangan tali T_1 dan T_2 .

Diketahui: $m_A = 4 \text{ kg}$; $m_B = 4,5 \text{ kg}$; $M = 3 \text{ kg}$; $\mu = 0,25$
 Ditanya: $a = ?$; $T_1 = ?$; dan $T_2 = ?$
 Jawab: dengan gaya bebeyuan.

(iv)

Latihan Soal

- Pada katrol pegas berikut! Dik: massa benda $m_1 = 2 \text{ kg}$ dan $m_2 = 4 \text{ kg}$ yang dihubungkan dengan suatu tali yang mengantung dan tidak elastis melalui sebuah katrol tetap. Asumsikan percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$ dan katrol adalah silinder pejal dengan massa $M = 3 \text{ kg}$. Tentukan percepatan gerak benda, tegangan tali 1 dan 2!
- Pada katrol pegas berikut!
 - Dik: bobotnya sebuah balok kecil bermassa 3 kg berada di atas meja kasar dengan koefisien gesekan 0,2. Tali dihubungkan melalui tali dengan balok tergantung 2 kg menggunakan katrol sistem dan tegangan tali di kedua sisi!
- Pada katrol pegas berikut! Dua buah pete masing-masing bermassa 1kg dan 3kg dilekaskan di atas dan bidang miring yang dihubungkan oleh suatu tali melalui katrol tetap.

(v)

GLOSARIUM

Berat (w) : Gaya gravitasi yang bekerja pada suatu benda.

Sistem Percepatan Linier : Contohnya dua atau lebih percepatan linier yang memiliki variabel yang sama.

Substitusi : Teknik penyelesaian SPL dengan mengganti (substitusikan) nilai suatu variabel ke persamaan lain untuk menemukan nilai variabel lainnya.

Variabel : Simbol yang mewakili suatu nilai yang tidak diketahui dalam suatu persamaan.

Koefisien Gesek : Besaran yang menunjukkan lajunya permukaan bidang dan memengaruhi besarnya gaya gesek yang bekerja pada benda.

Matriks : Matriks yang diperoleh dengan menggunakan matriks koefisien dengan matriks konstanta dari suatu sistem persamaan linier.

Matriks Identitas : Matriks bujur sangkar (jumlah baris = jumlah kolom) yang memiliki elemen diagonal utama bernilai 1 dan elemen lainnya 0, yang menjadi katalis akhir metode Gauss-Jordan.

Tegapan Tali : Gaya yang bekerja pada tali akibat tarikan.

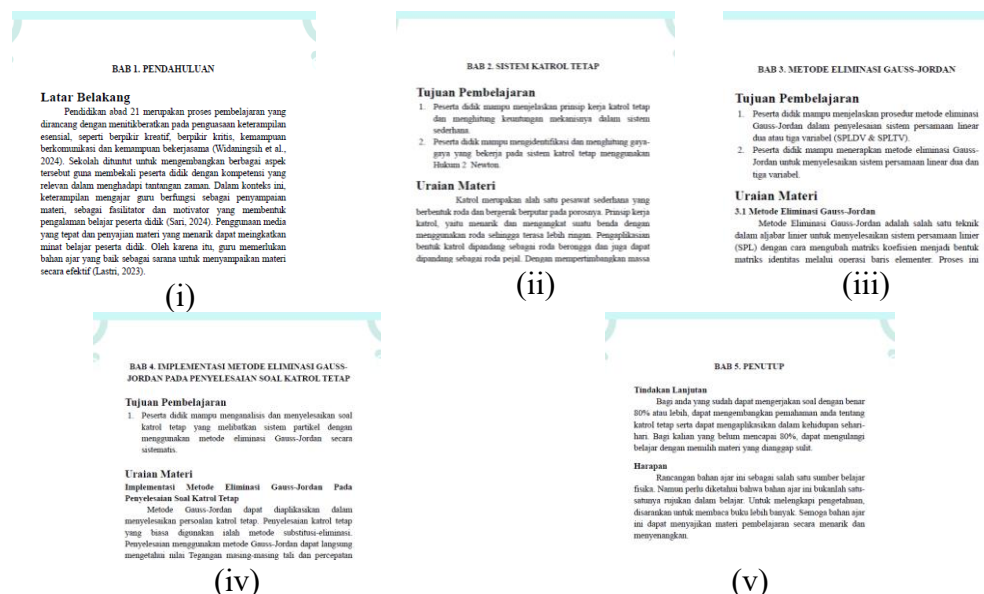
Hukum 2 Newton : Hukum yang menyatakan bahwa gaya total yang bekerja pada suatu benda sama dengan massa benda dikalikan dengan percepatannya ($F = m \cdot a$).

(vi)

Gambar 4. 7 Tampilan Rancangan Bahan Ajar: (i) Cover (ii) Daftar Isi (iii) Isi Materi (iv) Contoh Soal (v) Latihan Soal (vi) Glosarium

Rancangan bahan ajar fisika ini dirancang untuk jenjang sekolah menengah atas kelas XI pada materi dinamika rotasi khususnya pada sistem katrol tetap yang terdiri lima bab. Bab pertama berisi pendahuluan yang berisi latar belakang, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, deskripsi singkat, peta konsep, manfaat, petunjuk penggunaan. Pada bab kedua hingga ke empat membahas mengenai kegiatan belajar. Kegiatan belajar pada bab ke dua membahas materi sistem katrol tetap meliputi pesawat Atwood, katrol tetap pada bidang datar dan bidang miring. Kegiatan belajar pada bab ke tiga membahas metode eliminasi Gauss-Jordan meliputi penerapannya pada SPLDV dan SPLTV. Kegiatan belajar pada bab ke empat membahas pada implementasi metode eliminasi Gauss-Jordan dalam penyelesaian sistem katrol tetap. Setiap kegiatan belajar dilengkapi dengan contoh soal, rangkuman, latihan soal, asesmen. Pada bab ke lima berisikan tindakan

lanjutan dan harapan setelah penggunaan bahan ajar dalam pembelajaran. Tampilan untuk setiap bab pada rancangan bahan ajar dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4. 8 (i) Tampilan Bab 1 (ii) Tampilan Bab 2 (iii) Tampilan Bab 3 (iv) Tampilan Bab 4 (v) Tampilan Bab 5

Rancangan bahan ajar yang telah disusun selanjutnya dievaluasi oleh *expert judgement* untuk mengetahui kelayakan dari bahan ajar sebelum digunakan dalam pembelajaran. Proses uji kelayakan ini melibatkan dosen Pendidikan Fisika, Universitas Jember yaitu dosen ahli materi dan ahli media. Penilaian uji kelayakan mencakup empat aspek utama, yaitu kelayakan isi, penyajian, bahasa, dan kegrafikan. Instrumen uji kelayakan menggunakan skala *likert* dengan rentang nilai 1-5, yaitu (1) sangat tidak baik, (2) kurang baik, (3) cukup baik, (4) baik, dan (5) sangat baik. Apabila hasil menunjukkan bahwa rancangan bahan ajar tidak layak, maka perlu dilakukan revisi rancangan bahan ajar untuk memastikan kelayakannya. Proses ini akan dilakukan secara berulang hingga memperoleh hasil yang layak, yaitu sesuai kriteria persentase uji kelayakannya $>60\%$.

Proses uji kelayakan dilakukan melalui penilaian terhadap instrumen uji kelayakan yang telah disusun oleh peneliti. Nilai yang diberikan oleh *expert judgement* dihitung rata-ratanya dan dianalisis untuk memperoleh skor akhir kelayakan. Hasil lengkap uji kelayakan awal rancangan bahan ajar oleh *expert judgement* dapat ditemukan dalam lampiran 6. Berikut merupakan tabel ringkasan hasil yang diperoleh.

Tabel 4. 2 Hasil uji kelayakan awal rancangan bahan ajar oleh ahli materi dan ahli media

No	Aspek	Skor		Rata-rata	Presentase	Kategori
		E1	E2			
1.	Isi	3,44	4,11	3,78	75,6%	Layak
2.	Penyajian	3,89	3,67	3,78	75,6%	Layak
3.	Bahasa	3,78	4,44	4,11	82,2%	Sangat Layak
4.	Kegrafikan	4,27	4,09	4,18	83,6%	Sangat Layak
	Rata-rata	3,85	4,08	3,96	79,2%	Layak

Keterangan: E1 = Ahli Materi

E2 = Ahli Media

Data dalam tabel 4.2 menunjukkan bahwa hasil penilaian dari dua *expert judgement* menghasilkan rata-rata 3,96 dengan presentase 79,2%, yang mengidentifikasi bahwa rancangan bahan ajar yang telah disusun termasuk kedalam kategori “layak” dengan adanya revisi. Rancangan bahan ajar ini dapat digunakan dalam pembelajaran setelah dilakukan penyempurnaan berdasarkan saran yang diberikan oleh *expert judgement*. Beberapa saran perbaikan yang diberikan, yaitu cara penulisan rumus lebih dirapikan dan terstruktur, serta gambar diagram gaya bebas perlu diperbaiki. Saran yang diberikan oleh dosen ahli media, yaitu tujuan pembelajaran diharapkan mengacu pada capaian pembelajaran secara runtut sesuai dengan hirarkis taksonomi Bloom.

Setelah dilakukan revisi pada rancangan bahan ajar dilakukan uji kelayakan ulang dan diperoleh hasil seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 3 Hasil uji kelayakan setelah revisi rancangan bahan ajar oleh ahli materi dan ahli media

No	Aspek	Skor		Rata-rata	Presentase	Kategori
		E1	E2			
1.	Isi	4	4,44	4,22	84,4%	Sangat Layak
2.	Penyajian	4,00	4,33	4,17	83,3%	Sangat Layak
3.	Bahasa	4,22	4,56	4,39	87,8%	Sangat Layak
4.	Kegrafikan	4,64	4,64	4,64	92,7%	Sangat Layak
	Rata-rata	4,21	4,49	4,35	87,1%	Sangat Layak

Keterangan: E1 = Ahli Materi

E2 = Ahli Media

Data dalam tabel 4.3 menunjukkan bahwa hasil penilaian dari dua *expert judgement* menghasilkan rata-rata 4,35 dengan presentase 87,1%, yang mengidentifikasi bahwa rancangan bahan ajar yang telah disusun termasuk kedalam kategori “sangat layak” tanpa adanya revisi.

4.2 Pembahasan

Bagian pembahasan ini menguraikan hasil penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, yaitu mengenai langkah-langkah implementasi metode eliminasi Gauss–Jordan pada penyelesaian soal katrol tetap, serta penyusunan dan penilaian kelayakan rancangan bahan ajar fisika berbasis metode tersebut.

4.2.1 Langkah-langkah Penyelesaian Sistem Katrol Tetap dengan Metode Eliminasi Gauss-Jordan

Metode eliminasi Gauss-Jordan merupakan teknik penyelesaian sistem persamaan linier dengan mengubah matriks teraugmentasi menjadi matriks identitas. Proses ini memberikan solusi secara langsung tanpa memerlukan langkah substitusi balik, berbeda dengan metode eliminasi Gauss yang hanya menghasilkan matriks segitiga atas dan masih membutuhkan substitusi balik untuk menemukan solusinya (Sutanta, 2020). Metode ini dapat diterapkan pada SPL mulai dari dua variabel hingga n-variabel yang tak terbatas yang sesuai dalam penyelesaian sistem katrol tetap sering muncul dalam perhitungan gaya dan percepatan. Dalam penelitian ini, metode Gauss-Jordan berhasil menyelesaikan SPL pada tiga jenis sistem yang dikaji meliputi: (1) pesawat Atwood, (2) katrol tetap pada bidang datar, dan (3) katrol tetap pada bidang miring. Masing-masing sistem menghasilkan tiga persamaan linier dengan tiga variabel: gaya tegangan tali T_1 , T_2 , dan percepatan a . Perhitungan dilakukan dengan menyusun SPL ke dalam bentuk matriks teraugmentasi ($A \mid B$), kemudian diselesaikan dengan prosedur algoritmik eliminasi Gauss–Jordan hingga diperoleh bentuk matriks identitas.

Hasil perhitungan yang dirangkum dalam Tabel 4.1 menunjukkan bahwa solusi metode Gauss–Jordan identik dengan metode substitusi–eliminasi dalam hal nilai percepatan sistem dan tegangan tali, sehingga dapat disimpulkan bahwa

metode ini matematis valid dan konsisten. Misalnya, untuk pesawat Atwood dengan $m_1 = 6 \text{ kg}$ dan $m_2 = 9 \text{ kg}$ menghasilkan percepatan sistem $1,5 \text{ m/s}^2$, sementara tegangan tali masing-masing sebesar 69 N dan 76,5 N. Konsistensi hasil ini juga terlihat pada dua sistem lainnya, yaitu sistem bidang datar dan bidang miring. Pada dasarnya setiap metode yang digunakan dalam penyelesaian soal katrol tetap memiliki kekurangan dan kelebihan, yang menjadi terpenting yaitu tidak menghilangkan konsep fisika yang ada didalamnya.

Penelitian sebelumnya oleh Batarius & Samane (2021) menunjukkan bahwa metode eliminasi Gauss-Jordan dapat digunakan untuk menentukan arus listrik dalam lima persamaan dari sebuah rangkaian listrik. Hasil ini menunjukkan bahwa metode eliminasi Gauss-Jordan dapat menyelesaikan sistem persamaan yang memiliki 5 variabel. Penelitian ini memperluas penerapannya ke sistem mekanika, khususnya dinamika rotasi sistem katrol tetap, yang belum banyak dikaji dalam konteks pembelajaran fisika SMA. Dengan demikian, metode Gauss-Jordan bukan hanya memberikan alternatif penyelesaian matematis, tetapi juga menawarkan struktur pemecahan masalah yang lebih terarah, efisien, dan dapat diimplementasikan secara luas dalam berbagai konteks sistem fisika, baik dalam eksperimen laboratorium maupun dalam pembelajaran di kelas.

4.2.2 Penyusunan dan Penilaian Kelayakan Rancangan Bahan Ajar Fisika

Berdasarkan hasil implementasi metode eliminasi Gauss-Jordan pada penyelesaian soal katrol tetap diatas, peneliti menyusun rancangan bahan ajar dalam bentuk modul pembelajaran. Struktur modul disusun merujuk pada format Prastowo (2012), yang mencakup: judul, kata pengantar, latar belakang, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, deskripsi singkat, peta konsep, manfaat, petunjuk penggunaan, isi materi, contoh soal, latihan, ringkasan, asesmen, refleksi, dan tindak lanjut. Modul juga dilengkapi dengan daftar pustaka, glosarium, indeks, kunci jawaban, dan biografi penulis. Modul ini secara khusus difokuskan pada penyelesaian soal katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan, serta dirancang agar dapat mendorong kemampuan matematis dan berpikir sistematis peserta didik dalam memahami konsep fisika khususnya pada sistem katrol tetap.

Untuk memastikan bahwa rancangan bahan ajar yang disusun memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di sekolah, tahapan selanjutnya yaitu melakukan penilaian uji kelayakan terhadap rancangan bahan ajar oleh ahli materi katrol tetap dan metode eliminasi Gauss-Jordan dan ahli media bahan ajar, yaitu dua dosen Pendidikan Fisika Universitas Jember. Proses penilaian dilakukan secara kuantitatif menggunakan instrumen skala *Likert* dengan rentang nilai 1–5, mencakup empat aspek utama, yaitu kelayakan isi, penyajian, bahasa, dan kegrafikan. Jika hasil uji kelayakan rancangan bahan ajar belum memenuhi standar kelayakan, maka dilakukan revisi dan uji kelayakan ulang hingga rancangan bahan ajar dapat dinyatakan dapat digunakan dalam pembelajaran.

Berdasarkan analisis data dari ahli materi dan ahli media, rancangan bahan ajar yang diuji kelayakan melalui instrumen yang telah dibuat. Hasil uji kelayakan awal menunjukkan bahwa secara umum bahan ajar masuk dalam kategori “layak”, dengan rata-rata nilai keseluruhan sebesar 3,96 dan persentase 79,2%. Meskipun nilai ini menunjukkan bahwa bahan ajar sudah memenuhi standar minimal kelayakan, terdapat beberapa aspek yang memerlukan perbaikan agar kualitas kelayakan rancangan bahan ajar meningkat dan dapat mencapai kategori “sangat layak”.

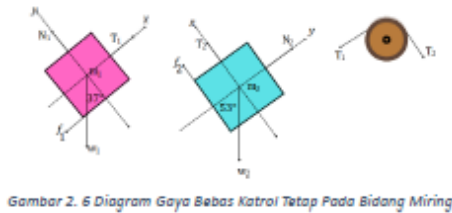
Pada aspek kelayakan isi yang mencakup sembilan pernyataan memperoleh rata-rata 3,78 dengan persentase 75,6% yang termasuk dalam kategori “layak”. Meskipun beberapa indikator seperti kesesuaian materi dengan Kurikulum Merdeka dan capaian pembelajaran, keakuratan gambar serta istilah fisika yang digunakan mendapat skor tinggi (80–90%), terdapat kelemahan pada beberapa poin seperti ketepatan simbol fisika dan penulisan persamaan fisika. Seperti indikator persamaan fisika yang digunakan hanya mendapatkan skor rata-rata 3,0 atau 60%, yang merupakan batas bawah dari kategori “layak”. Demikian juga, kesesuaian isi dan keakuratan konsep materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan, serta keakuratan penggunaan simbol fisika memperoleh skor 70%, menunjukkan menunjukkan bahwa pemahaman terhadap aspek simbol dan persamaan fisika dalam modul pembelajaran masih perlu ditingkatkan agar tidak menimbulkan kebingungan bagi peserta didik.

Pada aspek kelayakan penyajian yang terdiri dari sembilan pernyataan diperoleh nilai rata-rata sebesar 3,78 dengan persentase 75,6% yang termasuk kedalam kategori “layak”. Indikator yang memiliki tingkatan tertinggi yaitu keterkaitan antar kegiatan belajar yang mencapai persentase 90%, serta keruntunan konsep dan contoh soal setiap kegiatan yang membantu pemahaman peserta didik, dan kata pengantar menggambarkan petunjuk penggunaan bahan ajar masing-masing berada pada persentase 80%. Namun, pada glosarium hanya memperoleh persentase 60%, dan soal latihan serta daftar pustaka memperoleh skor 70%, menandakan bahwa konten pelengkap seperti glosarium kurang sesuai dan soal-soal latihan kurang bervariasi. Selain itu, penyusunan referensi belum optimal dalam menampilkan sumber yang relevan. Hal ini memperlihatkan bahwa meskipun secara umum penyajian sudah baik, namun masih perlu penguatan pada bagian-bagian pendukung modul agar berfungsi dengan maksimal.

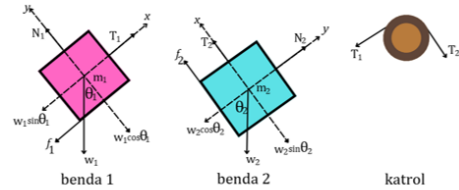
Aspek kelayakan bahasa dengan memberikan sembilan pernyataan memperoleh skor rata-rata 4,11 dengan persentase 82,2% yang termasuk kategori “sangat layak”. Hampir semua indikator seperti struktur kalimat, keefektifan, kebakuan, dan tata bahasa memperoleh skor 90%. Namun, dua indikator yaitu ketepatan ejaan serta kesesuaian dengan perkembangan intelektual peserta didik hanya memperoleh persentase 70%, sehingga masih perlu perbaikan untuk menyempurnakan struktur bahasa dan penggunaan istilah yang sesuai dengan tingkat berpikir peserta didik SMA. Secara keseluruhan, bahasa yang digunakan sudah komunikatif, tetapi tetap memerlukan sedikit penyesuaian.

Aspek kelayakan kegrafikan dari sebelas pernyataan memperoleh nilai rata-rata tertinggi dibanding aspek lainnya, yaitu 4,18 dengan persentase 83,6%, tergolong “sangat layak”. Indikator seperti konsistensi desain cover, ukuran modul yang digunakan A5, ilustrasi pendukung materi, dan tata letak halaman memperoleh nilai tinggi yaitu 4,5 (90%). Namun, konsistensi penggunaan simbol dan icon serta keterpaduan capaian pembelajaran dengan latihan soal masih berada pada skor 3,5 (70%), mengindikasikan bahwa ada bagian visual yang belum seragam dari awal hingga akhir modul.

Berdasarkan hasil penilaian awal, beberapa saran perbaikan juga diberikan oleh dosen ahli materi dan ahli media. Dosen ahli materi menyarankan agar penulisan rumus disusun secara lebih rapi dan terstruktur. Selain itu, ilustrasi seperti diagram gaya bebas juga direvisi agar lebih akurat dan tidak membingungkan peserta didik. Sementara itu, dosen ahli media merekomendasikan agar tujuan pembelajaran ditulis lebih sistematis dengan mengacu pada capaian pembelajaran dan mengikuti hierarki taksonomi Bloom. Seluruh saran tersebut ditindak lanjuti dengan perbaikan menyeluruh pada sesuai dengan hasil dari penilaian awal pada masing-masing aspek kelayakan isi, penyajian, bahasa dan kegrafikan. Setelah perbaikan dilakukan, rancangan bahan ajar kembali diuji kelayakannya untuk memastikan peningkatan kualitas dari modul pembelajaran yang telah dirancang. Terdapat beberapa perbaikan bagian bahan ajar berdasarkan saran dari *expert judgement* yang ditunjukkan pada gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 2. 5 Diagram Gaya Bebas Katrol Tetap Pada Bidang Miring



Gambar 2. 6 Diagram gaya bebas katrol tetap pada bidang miring

(i)

ϕ Jika katrol tidak ideal (memiliki massa) dan bergerak pada bidang miring kasar, maka:

Benda 1: $\sum F_y = 0$ atau $N_1 = W_1 \cos \theta_1 = m_1 g \cos \theta_1$
 $\sum F_x = m_1 a$ atau $T_1 - m_1 g \sin \theta_1 - f_1 = m_1 a$
 $T_1 = m_1 g \sin \theta_1 + \mu m_1 g \cos \theta_1 + m_1 a$ 2.16

Benda 2: $\sum F_y = 0$ atau $N_2 = W_2 \cos \theta_2 = m_2 g \cos \theta_2$
 $\sum F_x = m_2 a$ atau $m_2 g \sin \theta_2 - T_2 - f_2 = m_2 a$
 $T_2 = m_2 g \sin \theta_2 - \mu m_2 g \cos \theta_2 - m_2 a$ 2.17

Pada Katrol: $\sum \tau = I \alpha$ atau
 $Fr = bMr^2 \left(\frac{a}{r}\right)$
 $(T_2 - T_1)r = bMr^2 \left(\frac{a}{r}\right)$ atau $T_2 - T_1 - bMa = 0$ 2.18

Untuk mendapatkan percepatan maka substitusikan persamaan 2.16 dan 2.17 kedalam persamaan 2.18

$$T_2 - T_1 = bMa$$

$$(m_2 g \sin \theta_2 - \mu m_2 g \cos \theta_2 - m_2 a) - (m_1 g \sin \theta_1 + \mu m_1 g \cos \theta_1 + m_1 a) = bMa$$

$$(m_2 \sin \theta_2 - \mu m_2 \cos \theta_2 - m_1 \sin \theta_1 - \mu m_1 \cos \theta_1)g - (m_1 + m_2)a = bMa$$

$$(m_2 \sin \theta_2 - \mu m_2 \cos \theta_2 - m_1 \sin \theta_1 - \mu m_1 \cos \theta_1)g = (m_1 + m_2 + bM)a$$

$$a = \frac{(m_2 \sin \theta_2 - \mu m_2 \cos \theta_2 - m_1 \sin \theta_1 - \mu m_1 \cos \theta_1)g}{(m_1 + m_2 + bM)}$$

$$a = \frac{(m_2 \sin \theta_2 - \mu m_2 \cos \theta_2) - m_1 (\sin \theta_1 + \mu \cos \theta_1)g}{(m_1 + m_2 + bM)}$$
 2.19

Untuk tegangan tali masing-masing benda perlu substitusi dari persamaan 2.19 kedalam persamaan 2.16 dan 2.17.

ϕ Jika benda bergerak pada katrol tidak ideal dan permukaan bidang licin ($f_1 = 0$), maka persamaan lebih sederhana, yaitu:

Pada benda 1: $T_1 = m_1 g \sin \theta_1 + m_1 a$ 2.20

Pada benda 2: $T_2 = m_2 g \sin \theta_2 - m_2 a$ 2.21

Pada katrol: $T_2 - T_1 - bMa = 0$ 2.22

Percepatan dengan mensubstitusikan persamaan 2.20 dan 2.21 kedalam persamaan 2.22, yaitu:

$$a = \frac{(m_2 \sin \theta_2 - m_1 \sin \theta_1)g}{(m_1 + m_2 + bM)}$$
 2.23

(iii)

(ii)

ϕ Jika katrol tidak ideal (memiliki massa) dan bergerak pada bidang miring kasar, maka:

Benda 1: $\sum F_y = 0$ atau $N_1 = W_1 \cos \theta_1 = m_1 g \cos \theta_1$
 $\sum F_x = m_1 a$ atau $T_1 - m_1 g \sin \theta_1 - f_1 = m_1 a$
 $T_1 = m_1 g \sin \theta_1 + \mu m_1 g \cos \theta_1 + m_1 a$ 2.16

Benda 2: $\sum F_y = 0$ atau $N_2 = W_2 \cos \theta_2 = m_2 g \cos \theta_2$
 $\sum F_x = m_2 a$ atau $m_2 g \sin \theta_2 - T_2 - f_2 = m_2 a$
 $T_2 = m_2 g \sin \theta_2 - \mu m_2 g \cos \theta_2 - m_2 a$ 2.17

Pada Katrol: $\sum \tau = I \alpha$ atau $Fr = bMr^2 \left(\frac{a}{r}\right)$
 $(T_2 - T_1)r = bMr^2 \left(\frac{a}{r}\right)$ atau $T_2 - T_1 - bMa = 0$ 2.18

Untuk mendapatkan percepatan maka substitusikan persamaan 2.16 dan 2.17 kedalam persamaan 2.18

$$(m_2 g \sin \theta_2 - \mu m_2 g \cos \theta_2 - m_2 a) - (m_1 g \sin \theta_1 + \mu m_1 g \cos \theta_1 + m_1 a) = bMa$$

$$(m_2 \sin \theta_2 - \mu m_2 \cos \theta_2 - m_1 \sin \theta_1 - \mu m_1 \cos \theta_1)g - (m_1 + m_2)a = bMa$$

$$(m_2 \sin \theta_2 - \mu m_2 \cos \theta_2 - m_1 \sin \theta_1 - \mu m_1 \cos \theta_1)g = (m_1 + m_2 + bM)a$$

$$a = \frac{(m_2 \sin \theta_2 - \mu m_2 \cos \theta_2 - m_1 \sin \theta_1 - \mu m_1 \cos \theta_1)g}{(m_1 + m_2 + bM)}$$

$$a = \frac{(m_2 \sin \theta_2 - \mu m_2 \cos \theta_2) - m_1 (\sin \theta_1 + \mu \cos \theta_1)g}{(m_1 + m_2 + bM)}$$
 2.19

Untuk tegangan tali masing-masing benda perlu substitusi dari persamaan 2.19 kedalam persamaan 2.16 dan 2.17.

ϕ Jika benda bergerak pada katrol tidak ideal dan permukaan bidang licin ($f_1 = 0$), maka persamaan lebih sederhana, yaitu:

Benda 1: $T_1 = m_1 g \sin \theta_1 + m_1 a$ 2.20

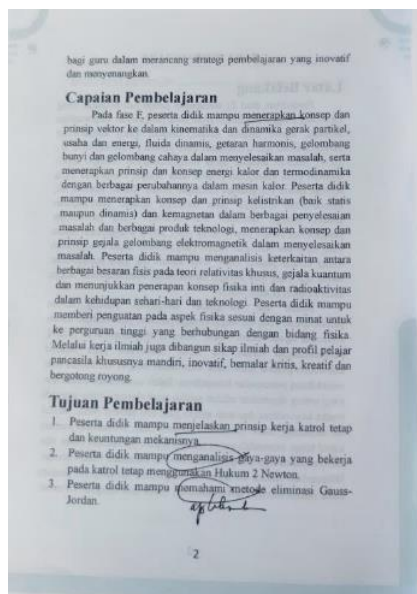
Benda 2: $T_2 = m_2 g \sin \theta_2 - m_2 a$ 2.21

Pada katrol: $T_2 - T_1 - bMa = 0$ 2.22

Percepatan dengan mensubstitusikan persamaan 2.20 dan 2.21 kedalam persamaan 2.22, yaitu:

$$a = \frac{(m_2 \sin \theta_2 - m_1 \sin \theta_1)g}{(m_1 + m_2 + bM)}$$
 2.23

(iv)



(iii)

Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik mampu menyebutkan jenis gaya dan besaran fisika dalam sistem katrol tetap.
2. Peserta didik mampu menjelaskan prinsip kerja katrol tetap dalam sistem dinamika rotasi berdasarkan Hukum Newton.
3. Peserta didik mampu mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada sistem katrol tetap dan arah gayanya.
4. Peserta didik mampu menyusun sistem persamaan berdasarkan gaya-gaya tersebut menggunakan Hukum 2 Newton.
5. Peserta didik mampu menjelaskan prosedur penyelesaian SPLDV dan SPLTV menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan.
6. Peserta didik mampu menerapkan metode eliminasi Gauss-Jordan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear.
7. Peserta didik mampu menyelesaikan soal katrol tetap secara sistematis dan tepat, dengan mengintegrasikan konsep fisika dan metode eliminasi Gauss-Jordan dalam penyelesaian sistem persamaan.

Deskripsi Singkat

Bahan ajar ini membahas dan memberikan pengetahuan tentang konsep fisika, sebagai berikut:

1. Penjelasan konsep fisika pada materi sistem katrol tetap.
2. Penjelasan penggunaan metode eliminasi Gauss-Jordan pada persamaan linier.

(iv)

Gambar 4. 9 (i) Diagram gaya bebas sebelum perbaikan (ii) Diagram gaya bebas sesudah perbaikan (iii) Perumusan sebelum perbaikan (iv) Perumusan sesudah dirapikan (v) Tujuan pembelajaran sebelum perbaikan (vi) Tujuan pembelajaran setelah perbaikan

Setelah proses revisi, bahan ajar kembali dievaluasi oleh *expert judgement* yang sama. Hasil uji kelayakan setelah revisi menunjukkan peningkatan yang signifikan. Nilai rata-rata meningkat menjadi 4,35 dengan persentase kelayakan mencapai 87,1% yang mengkategorikan rancangan bahan ajar ini ke dalam kategori “sangat layak”.

Pada aspek kelayakan isi, nilai rata-rata meningkat dari 3,78 (75,6%) menjadi 4,22 (84,4%). Hampir seluruh indikator dalam aspek isi mengalami peningkatan, pada indikator materi yang disajikan sesuai dengan Kurikulum Merdeka dan kelengkapan isi terhadap capaian pembelajaran yang sebelumnya berada pada skor 4,0 (80%) kini mencapai skor sempurna 5,0 (100%). Selain itu, indikator kesesuaian isi materi katrol tetap dengan metode eliminasi Gauss-Jordan juga meningkat dari 3,5 (70%) menjadi 4,5 (90%), dan keakuratan konsep meningkat dari 3,5 menjadi 4,0 (80%). Pada indikator simbol fisika dan persamaan fisika hanya meningkat dari 3,0 (60%) dan 3,5 menjadi 3,5 (70%).

Pada aspek penyajian, juga terlihat peningkatannya yaitu terjadi peningkatan dari skor rata-rata 3,78 (75,6%) menjadi 4,17 (83,3%). Pada indikator glosarium yang sebelumnya hanya memperoleh skor 3,0 (60%) kini meningkat menjadi 4,0

(80%), dengan adanya penambahan istilah ilmiah yang lebih lengkap dan relevan pada rancangan bahan ajar. Daftar pustaka yang sebelumnya juga bernilai 3,5 (70%) meningkat menjadi 4,5 (90%) setelah diperbaiki dan diperbarui. Indikator keterkaitan antar kegiatan belajar tetap pada skor tinggi sebesar 4,5 (90%), dan indikator lain seperti keruntunan konsep dan partisipasi aktif siswa juga mengalami peningkatan dari skor 4,0 (80%) menjadi 4,5 (90%). Dan terdapat beberapa indikator yang memperoleh skor tetap, seperti contoh soal dan soal latihan yang mendukung pemahaman peserta didik dan kata pengantar. Hal ini menunjukkan bahwa setelah adanya perbaikan menunjukkan bahwa aspek penyajian rancangan bahan ajar menjadi lebih sistematis.

Pada aspek kelayakan bahasa, rata-rata skor meningkat menjadi 4,39 (87,8%) dengan kategori “sangat layak”. Beberapa indikator seperti struktur kalimat, efektivitas kalimat, kebakuan, dan tata bahasa semuanya memperoleh nilai 4,5 hingga 5,0. Temuan ini memperkuat pendapat Prastowo (2012) yang menegaskan bahwa kelayakan bahasa merupakan aspek penting dalam pengembangan bahan ajar karena berkaitan langsung dengan kemampuan peserta didik memahami isi materi.

Peningkatan hasil yang signifikan juga terjadi pada aspek kelayakan kegrafikan, yang sebelumnya sudah tinggi dari skor rata-rata 4,18 (83,6%) meningkat menjadi 4,64 (92,7%), menjadikan aspek ini memiliki skor tertinggi dari seluruh kategori aspek rancangan bahan ajar. Hampir semua indikator dalam aspek ini memperoleh nilai tinggi, terutama pada konsistensi desain, penggunaan ilustrasi, dan penempatan tata letak yang kini bernilai sempurna 5,0 (100%). Sebelumnya, indikator seperti konsistensi simbol dan keterpaduan antara capaian pembelajaran dengan tes formatif masih bernilai 3,5 (70%), namun setelah revisi meningkat menjadi 4,0 (80%) dan 4,5 (90%). Hal ini menunjukkan bahwa penyempurnaan dalam konsistensi desain, pemanfaatan ilustrasi, dan penggunaan simbol visual berhasil meningkatkan kualitas persentase bahan ajar secara signifikan.

Secara keseluruhan, perbandingan antara hasil uji kelayakan awal dan setelah revisi menunjukkan bahwa proses evaluasi dan perbaikan telah berhasil meningkatkan kualitas kelayakan rancangan bahan ajar secara signifikan. Kategori

“sangat layak” yang dicapai setelah perbaikan menandakan bahwa modul pembelajaran ini sudah memenuhi semua aspek penting dari bahan ajar yang baik, baik dari isi, penyajian, kebahasaan, maupun kegrafikan dan siap digunakan sebagai alternatif bahan ajar pada materi sistem katrol tetap berbasis metode eliminasi Gauss-Jordan.

Rancangan bahan ajar yang dikembangkan dalam penelitian ini selaras dengan prinsip dasar Kurikulum Merdeka, yaitu pembelajaran yang berpihak pada peserta didik melalui diferensiasi, penguatan kompetensi numerasi, serta pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*). Kurikulum Merdeka menekankan pentingnya integrasi antarmateri dan keterampilan lintas disiplin sebagai bagian dari pembelajaran berbasis kompetensi (Kemendikbud, 2021). Penerapan metode eliminasi Gauss-Jordan dalam konteks sistem katrol tetap memberikan contoh konkret integrasi antara fisika dan matematika, yang merupakan dua elemen penting dalam pembelajaran *STEM* (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Zohri et. al. (2022) yang menyatakan bahwa bahan ajar berbasis *Next Generation Science Standard (NGSS)* yang terintegrasi dengan model matematis dan teknologi mampu meningkatkan literasi sains dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Oleh karena itu, pendekatan eliminasi Gauss-Jordan menjadi sangat relevan karena memberikan struktur penyelesaian yang sistematis dan dapat diterapkan pada kasus dengan lebih dari dua variabel, seperti yang sering muncul dalam sistem katrol tetap.

Bahan ajar yang dirancang juga memungkinkan pembelajaran mandiri, baik melalui penggunaan modul cetak maupun digital. Hal ini sejalan dengan tujuan Merdeka Belajar, yang mendorong kemandirian dan fleksibilitas dalam proses belajar. Peserta didik dapat memilih strategi penyelesaian yang sesuai dengan gaya belajar masing-masing, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan kontekstual. Dengan demikian, integrasi metode eliminasi Gauss-Jordan ke dalam pembelajaran sistem katrol tetap tidak hanya memberikan alternatif penyelesaian soal, tetapi juga memperkuat penguasaan kompetensi numerik dan analitis peserta didik dalam kerangka Kurikulum Merdeka. Pendekatan ini layak dikembangkan

lebih lanjut untuk mendukung keterpaduan sains dan matematika dalam pembelajaran fisika.

Pada proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini, terdapat kendala yang dihadapi. Salah satu kendala utama adalah kompleksitas dalam mengadaptasi metode eliminasi Gauss-Jordan ke dalam konteks materi fisika di jenjang Sekolah Menengah Atas. Metode ini secara matematis cukup menuntut, sehingga diperlukan strategi khusus agar materi dapat disederhanakan tanpa mengurangi keakuratan konsep. Selain itu, penilaian rancangan bahan ajar dalam penelitian ini hanya dilakukan oleh dua ahli, yaitu ahli materi dan ahli media. Peneliti belum melakukan validasi lapangan langsung kepada peserta didik atau guru fisika di sekolah, karena keterbatasan waktu dan akses. Hal ini menjadi kendala tersendiri karena efektivitas bahan ajar dari sudut pandang peserta didik belum teruji secara langsung. Validasi lanjutan melalui uji coba terbatas akan sangat bermanfaat untuk mengetahui seberapa besar pengaruh bahan ajar ini dalam praktik pembelajaran di sekolah.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa

1. Metode eliminasi Gauss–Jordan dapat diterapkan sebagai alternatif baru dalam menyelesaikan permasalahan fisika, khususnya dalam menentukan percepatan sistem dan tegangan tali pada sistem katrol tetap. Adapun langkah-langkah implementasi metode eliminasi Gauss–Jordan dalam menyelesaikan soal katrol tetap adalah sebagai berikut: (1) Menggambarkan diagram gaya bebas pada sistem katrol dan menerapkan hukum 2 Newton dalam diagram gaya bebas; (2) Menuliskan Sistem Persamaan Linier (SPL) dalam bentuk persamaan matriks; (3) Merubah persamaan matrik dalam bentuk matriks perluasan; (4) melalui Operasi Baris Elementer (OBE) merubah matriks perluasan menjadi matriks eselon baris tereduksi; (5) Menuliskan nilai tegangan tali dan percepatan sistem berdasarkan matriks eselon baris elementer.
2. Rancangan bahan ajar fisika mengenai penyelesaian soal katrol tetap dengan pendekatan eliminasi Gauss–Jordan dinyatakan sangat layak berdasarkan hasil uji kelayakan oleh *expert judgement*, dengan nilai rata-rata 4,35 dan persentase kelayakan sebesar 87,1% kategori “sangat layak”. Aspek yang dinilai meliputi isi, penyajian, bahasa, dan kegrafikan. Dengan demikian, rancangan bahan ajar ini dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai modul pembelajaran dan diujicobakan pada proses pembelajaran fisika kelas XI sesuai dengan prinsip Kurikulum Merdeka.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran, yaitu pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menerapkan metode eliminasi Gauss-Jordan pada materi fisika lainnya, seperti materi katrol majemuk, impuls dan momentum, serta topik-topik lainnya. Selain itu juga perlu adanya uji coba terbatas terhadap rancangan bahan ajar yang sudah dibuat pada tahap penerapan dalam kegiatan belajar mengajar, untuk mengetahui seberapa valid dan efektif bahan ajar tersebut digunakan di kelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S., Noviyanti, E., & Triyanto, T. (2020). Bahan Ajar Sebagai Bagian Dalam Kajian Problematika Pembelajaran Bahasa Indonesia. *Jurnal Salaka : Jurnal Bahasa, Sastra, Dan Budaya Indonesia*, 2(1), 62–65. <https://doi.org/10.33751/jsalaka.v2i1.1838>
- Anita, G., & Ariani, T. (2024). Pengaruh Game Based Learning terhadap Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Siswa. *ANTHOR: Education and Learning Journal*, 3(5), 21–26.
- Arikunto, S. (2021). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Batarius, P., & Samane, I. P. A. N. (2021). Analisis Metode Gauss-Jordan Dalam Penentuan Arus Pada Rangkaian Listrik. *Jurnal Ilmiah Matrik*, 23(3), 279–290. <https://doi.org/10.33557/jurnalatrik.v23i3.1508>
- Fadli, M., Insani, A. K., Delima, K., & Mahfud, T. A. R. (2022). Kajian Mekanika pada Materi Pesawat Sederhana: Review Publikasi Ilmiah. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, Dan Terapan Teknologi*, 1(2), 171–190. <https://doi.org/10.58797/pilar.0102.09>
- Haryadi, R., & Nurmala, R. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Fisika Kontekstual Dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. In *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains* (Vol. 7, Issue 1, pp. 32–39). <https://doi.org/10.32699/spektra.v7i1.168>
- Hulopi, M. S. (2024). Teknik dan Langkah-Langkah Pengembangan Bahan Ajar PAI. *Journal of Islamic Education Manajemet Research*, 3(1), 45–55.
- Istiqomah, H. F. N., & Wijaya, S. H. (2022). Stimulasi Kemampuan Berpikir Matematis Dalam Fisika Melalui Media Sosial. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 8(2), 390–397. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i2.11669>
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2021). *Profil Pelajar Pancasila dalam Kurikulum Merdeka*. Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Diakses dari <https://guru.kemdikbud.go.id>
- Lastri, Y. (2023). Pengembangan Dan Pemanfaatan Bahan Ajar E-Modul Dalam Proses Pembelajaran. *JCP (Jurnal Citra Pendidikan)*, 3(3), 1139–1146.
- Lestari, N. (2021). Analisis Kesalahan Peserta Didik dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Sistem Persamaan Linear dengan Metode Eliminasi Gauss-Jordan pada Siswa MAN Batu Bara. *Pharmacognosy Magazine*, 75(17), 399–405.

- Maarif, S., Setiarini, R. N., & Nurafni, N. (2020). Hambatan Epistemologis Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Sistem Persamaan Linear Dua Variabel. *Jurnal Didaktik Matematika*, 7(1), 72–89. <https://doi.org/10.24815/jdm.v7i1.15234>
- Magdalena, I., Prabandani, R. O., Rini, E. S., Fitriani, M. A., & Putri, A. A. (2020). Analisis Pengembangan Bahan Ajar. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 2(2), 170–187. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/nusantara>
- Magfirah, L. (2024). Kesulitan Umum dan Strategi Pembelajaran Fisika Pada Siswa Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Ilmiah IPA Dan Matematika*, 2(4), 95–100. <https://jurnalcendekia.id/index.php/jiim/>
- Maharani, N. (2020). Perbandingan Tingkat Pemahaman Mahasiswa STMIK STIKOM Indonesia Pada Metoda Sarrus dan Metoda Cramer pada Penyelesaian Sistem Persamaan Linier. *PENDIPA:Journal of Science Education*, 4(2), 66–73. <https://doi.org/10.33369/pendipa.4.2.66-73>
- Mapilindo, Rahmawati, S., & Gulyanto, B. (2021). Efektivitas Penggunaan Modul Terhadap Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Matematika Kelas X Program IPS SMA Negeri 1 Kisaran. *JEMS (Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains)*, 9(2), 350–356.
- Maydawati, L. (2024). Sistem Persamaan Linear Dua Variabel dengan Metode Substitusi dan Eliminasi. *Jurnal Pustaka Cendekia Pendidikan*, 02(01), 46–50. <https://pcpendidikan.org/index.php/jpcp>
- Mufid, N. A. (2023). Implementasi Matriks Augmented dan Metode Eliminasi Gauss-Jordan untuk Menyelesaikan Masalah GPS (Studi Kasus: Menentukan Posisi Pejalan Kaki yang Tersesat). *Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(1), 13. <https://doi.org/10.47134/ppm.v1i1.111>
- Mulyana, V., Asrizal, & Festiyed. (2021). Studi Deskriptif Meta Analisis Pengaruh Bahan Ajar Fisika dan IPA Terhadap Pemahaman Konsep Siswa. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro*, 9(1), 31–41. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/jpf.v9i1.3496>
- Musa, O., Ali, S. D., & Badaruddin, M. (2024). Smart Application Of Class XI Mathematics Formulas Based On Android. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 7(1), 55–62.
- Nasmirayanti, R., Imani, R., Arman, U. D., & Sari, A. (2022). Analisa Linier Eliminasi Gauss-Jordan Untuk Analisis Struktur Rangka Batang Segitiga Sederhana. *Rang Teknik Journal*, 5(1), 156–159.
- Nurhayati, N. (2023). PENGEMBANGAN BAHAN AJAR BERDEFERENSIASI (Literature Review). *Jurnal Normalita*, 11(3), 531–538.

- Nuryasana, E., & Desiningrum, N. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Strategi Belajar Mengajar Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(5), 967–974.
- Padian, B. H. L., Subarinah, S., Tyaningsih, R. Y., & Soeprianto, H. (2023). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Materi Sistem Persamaan Linier Tiga Variabel Ditinjau Dari Gaya Kognitif Siswa. *Journal of Classroom Action Research*, 5(2), 73–80.
- Paputangan, D., Ondeng, S., & Afif, M. (2021). Konsep, Prinsip, Tujuan, dan Manfaat Pengembangan Bahan Ajar PAI. *Journal of Islamic Education Manajemet Research*, XIV(1), 17–29.
- Purwasih, S. M., & Astutik, E. P. (2022). Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa Dalam Menyelesaikan SPL Dengan Eleminasi Gauss Jordan Ditinjau Dari Gaya Kognitif. *Seminar Nasional Hasil Riset Dan Pengabdian*, 4, 623–631.
- Sari, D. P. (2024). Keterampilan Mengajar Guru Abad 21. *ANALYSIS Journal of Education*, 2(2), 231–240.
- Siahaan, M. M. L., Fitriani, & Leli, A. R. D. L. (2023). A Study of Learning Obstacles: Determining Solutions of a System of Linear Equation Using Gauss-Jordan Method. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 25–34. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v12i1.748>
- Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Supriadi, B., Anggraeni, S. N. H., Purwanti, N. Y. N., Pujiningtyas, E. B., Mahartika, D., & Wardhany, M. K. K. (2025). *DINAMIKA SISTEM KATROL: Teori dan Aplikasi Matriks dalam Gerak Sistem Katrol*. UPA Penerbitan Universitas Jember.
- Supriadi, B., Arsita, M., Ni'mah, S., Wardhany, M. K. K., Afidah, Z. dan Kinanti, A.A.L. (2025). The Effectiveness of Cramer's Rule on the System of Linear Equations (LES) of 2-Lopp Electrical Circuits in Improving Mathematical Thinking Ability an Learning Outcomes. *Unnes Science Educational Journal*, 14(1):153-163.
- Sutanta, E. (2020). *ALGORITMA: Penyelesaian Permasalahan untuk Komputasi Edisi 2*. TEKNOSAINS.
- Utomo, B. (2023). Karakteristik Katrol Tetap Terdiri Atas Dua Piringan yang Direkatkan Bersama. *Transmisi*, IX(2), 947–952.

- Widaningsih, E. W., Jamilah, W. S. N., & Pujilestari, W. (2024). Peran Filsafat Ilmu Dalam Pembelajaran Abad 21. *Khatulistiwa: Jurnal Pendidikan Dan Sosial Humaniora*, 4(1), 149–157. <https://doi.org/10.55606/khatulistiwa.v4i1.2741>
- Zohri, L. H. N., Abdul W. J., Prapti S., I Putu A., dan Abdul S. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis *Next Generation Science Standard (NGSS)* Terintegrasi Game *Discovery* untuk Melatih Literasi Sains dan Keterampilan Berargumentasi Ilmiah. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(3b), 1496-1511.

Lampiran Lampiran 1 Matriks Penelitian

MATRIKS PENELITIAN

Nama : Nana Dwi Dharma

NIM : 180210102091

JUDUL	RUMUSAN MASALAH	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA PENELITIAN	METODE PENELITIAN
Implementasi Eliminasi Gauss Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika	Bagaimana kelayakan rancangan bahan ajar fisika penyelesaian soal katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan?	1. Variabel Bebas: Metode Eliminasi Gauss-Jordan 2. Variabel Terikat: Rancangan Bahan Ajar Fisika	1. Penyelesaian soal katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan. 2. Rancangan bahan ajar fisika penyelesaian soal katrol tetap menggunakan	a. Sumber data yang digunakan adalah buku, jurnal penelitian yang relevan b. Teknik pengambilan data dilakukan dengan cara menggunakan perhitungan matematis manual.	Jenis Penelitian: Penelitian deskriptif kuantitatif Metode Penelitian: Non-eksperimen Langkah-Langkah: 1. Pengumpulan data dan membaca literatur yang berkaitan dengan sistem katrol tetap. 2. Mengkaji teori yang berlaku dalam sistem katrol tetap.

		3. Variabel Kontrol: Materi Sistem Katrol Tetap	metode eliminasi Gauss-Jordan.		<p>3. Mengembangkan metode eliminasi Gauss-Jordan dalam sistem katrol tetap.</p> <p>4. Membuat rancangan bahan ajar penyelesaian sistem katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan.</p> <p>5. Uji kelayakan bahan ajar oleh Expert Judgement .</p> <p>6. Menarik Kesimpulan</p>
--	--	---	--------------------------------	--	---

Menyetujui,

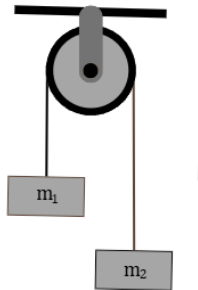
Dosen Pembimbing Utama

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E.

NIP. 196807101993021001

Lampiran 2 Langkah-langkah Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Sistem Katrol Tetap

➤ Pesawat Atwood



Diketahui: $m_1 = 6 \text{ kg}$

$m_2 = 9 \text{ kg}$

$M = 10 \text{ kg}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

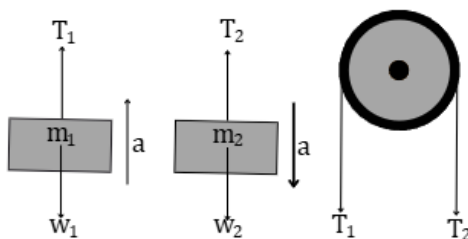
$r = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$

Katrol berbentuk silinder pejal

Diitanya: $a = ?$; $T_1 = ?$; dan $T_2 = ?$

Jawab:

➤ Menggambar diagram gaya bebasnya:



➤ Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut :

Benda 1 : $\sum F_1 = m_1 a$

$$T_1 - W_1 = m_1 a$$

$$T_1 - m_1 \cdot g = m_1 \cdot a$$

$$T_1 - 6 \cdot 10 = 6 \cdot a$$

$$T_1 - 6a = 60$$

(1)

Benda 2 : $\sum F_2 = m_2 a$

$$W_2 - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$m_2 \cdot g - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$9 \cdot 10 - T_2 = 9 \cdot a$$

$$90 - T_2 = 9 \cdot a$$

$$T_2 + 9a = 90$$

(2)

$$\text{Katrol} \quad : \sum \tau = I \cdot \alpha$$

$$(T_2 - T_1)r = \left(\frac{1}{2}m_k r^2\right)\left(\frac{a}{r}\right)$$

$$(T_2 - T_1) = \left(\frac{1}{2}M\right)(a)$$

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot a$$

$$T_2 - T_1 = 5a$$

$$T_2 - T_1 - 5a = 0. \quad (3)$$

2. Mengubah persamaan (1), (2), dan (3) kedalam bentuk matriks ber ordo 3

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -6 \\ 0 & 1 & 9 \\ -1 & 1 & -5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 60 \\ 90 \\ 0 \end{bmatrix}$$

3. Menyederhanakan persamaan matriks menjadi matriks teraugmentasi

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -6 & 60 \\ 0 & 1 & 9 & 90 \\ -1 & 1 & -5 & 0 \end{array} \right]$$

4. Melalui operasi baris elementer merubah matriks perluasan menjadi matriks eselon baris tereduksi/materiks identitas sesuai dengan algoritma Gauss - Jordan

- 1) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-1 menjadi 1

Karena baris ke-1 kolom ke-1 sudah bernilai 1 jadi tidak perlu dirubah

- 2) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-1 menjadi 0

Karena baris ke-2 kolom ke-1 sudah bernilai 0 jadi tidak perlu dirubah

- 3) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-1 menjadi 0

$$b_3 + b_1 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -6 & 60 \\ 0 & 1 & 9 & 90 \\ 0 & 1 & -11 & 60 \end{array} \right]$$

- 4) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-2 menjadi 1

Karena baris ke-2 kolom ke-2 sudah bernilai 1 jadi tidak perlu dirubah

- 5) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-2 menjadi 0

$$b_3 - b_2 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -6 & 60 \\ 0 & 1 & 9 & 90 \\ 0 & 0 & -20 & -30 \end{array} \right]$$

- 6) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-3 menjadi 1

$$-\frac{1}{20}b_3 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -6 & 60 \\ 0 & 1 & 9 & 90 \\ 0 & 0 & 1 & 1,5 \end{array} \right]$$

- 7) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-2 menjadi 0

Karena baris ke-1 kolom ke-2 sudah bernilai 0 jadi tidak perlu dirubah

- 8) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-3 menjadi 0

$$b_1 + 6b_3 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 69 \\ 0 & 1 & 9 & 90 \\ 0 & 0 & 1 & 1,5 \end{array} \right]$$

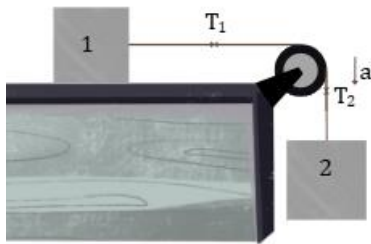
9) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-3 menjadi 0

$$b_2 - 9b_3 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 69 \\ 0 & 1 & 0 & 76,5 \\ 0 & 0 & 1 & 1,5 \end{array} \right]$$

5. Dari langkah tersebut di dapatkan Solusi

$$T_1 = 69 \text{ N}; T_2 = 76,5 \text{ N}; a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

➤ Katrol Pada Bidang Datar



Diketahui: $m_1 = 5 \text{ kg}$

$$m_2 = 5 \text{ kg}$$

$$M = 5 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

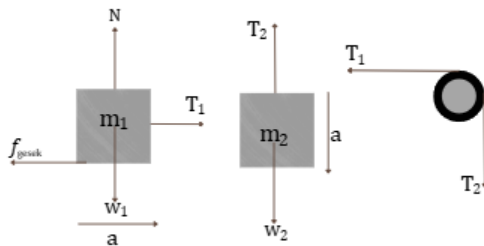
$$\mu_k = 0,5$$

Katrol berbentuk silinder berongga

Diitanya: $a = ?$; $T_1 = ?$; dan $T_2 = ?$

Jawab:

➤ Menggambar diagram gaya bebasnya:



➤ Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut :

$$\text{Benda 1} : \sum F_y = 0 \text{ atau } N = W = m_A g$$

$$\sum F_x = m_1 a$$

$$\sum F_1 = m_1 a$$

$$T_1 - f = m_1 a$$

$$T_1 - \mu_k m_1 \cdot g = m_1 \cdot a$$

$$T_1 - (0,5 \cdot 5 \cdot 10) = 5 \cdot a$$

$$T_1 - 5a = 25 \quad (1)$$

Benda 2 : $\sum F_2 = m_2 a$

$$W_2 - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$m_2 \cdot g - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$5 \cdot 10 - T_2 = 5 \cdot a$$

$$50 - T_2 = 5 \cdot a$$

$$T_2 + 5a = 50 \quad (2)$$

Katrol : $\sum \tau = I \cdot \alpha$

$$(T_2 - T_1)r = (1 \cdot m_k r^2) \left(\frac{a}{r}\right)$$

$$(T_2 - T_1) = (M)(a)$$

$$T_2 - T_1 = 5 \cdot a$$

$$T_2 - T_1 = 5a$$

$$T_2 - T_1 - 5a = 0. \quad (3)$$

1. Mengubah persamaan (1), (2), dan (3) kedalam bentuk matriks ber ordo 3

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -5 \\ 0 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & -5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 25 \\ 50 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2. Menyederhanakan persamaan matriks menjadi matriks teraugmentasi

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & 25 \\ 0 & 1 & 5 & 50 \\ -1 & 1 & -5 & 0 \end{array} \right]$$

3. Melalui operasi baris elementer merubah matriks perluasan menjadi matriks eselon baris tereduksi/materiks identitas sesuai dengan algoritma Gauss - Jordan

- 1) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-1 menjadi 1

Karena baris ke-1 kolom ke-1 sudah bernilai 1 jadi tidak perlu dirubah

- 2) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-1 menjadi 0

Karena baris ke-2 kolom ke-1 sudah bernilai 0 jadi tidak perlu dirubah

- 3) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-1 menjadi 0

$$b_3 + b_1 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & 25 \\ 0 & 1 & 5 & 50 \\ 0 & 1 & -10 & 25 \end{array} \right]$$

- 4) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-2 menjadi 1

Karena baris ke-2 kolom ke-2 sudah bernilai 1 jadi tidak perlu dirubah

- 5) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-2 menjadi 0

$$b_3 - b_2 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & 25 \\ 0 & 1 & 5 & 50 \\ 0 & 0 & -15 & -25 \end{array} \right]$$

- 6) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-3 menjadi 1

$$-\frac{1}{15} b_3 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & 25 \\ 0 & 1 & 5 & 50 \\ 0 & 0 & 1 & 1,67 \end{array} \right]$$

- 7) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-2 menjadi 0
 Karena baris ke-1 kolom ke-2 sudah bernilai 0 jadi tidak perlu dirubah
- 8) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-3 menjadi 0

$$b_1 + 5b_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & | & 33,35 \\ 0 & 1 & 5 & | & 50 \\ 0 & 0 & 1 & | & 1,67 \end{bmatrix}$$

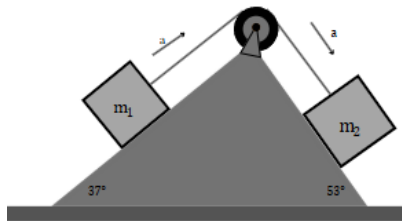
- 9) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-3 menjadi 0

$$b_2 - 5b_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & | & 33,35 \\ 0 & 1 & 5 & | & 41,65 \\ 0 & 0 & 1 & | & 1,67 \end{bmatrix}$$

4. Dari langkah tersebut di dapatkan Solusi

$$T_1 = 33,35 \text{ N}; T_2 = 41,65 \text{ N}; a = 1,67 \text{ m/s}^2$$

➤ Katrol Pada Bidang Miring

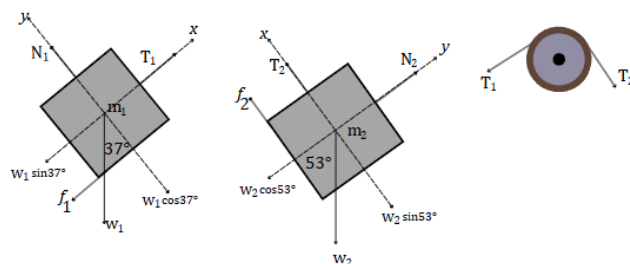


- Diketahui: $m_1 = 5 \text{ kg}$
 $m_2 = 10 \text{ kg}$
 $M = 4 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$
 $\theta_1 = 37^\circ$
 $\theta_2 = 53^\circ$
 Permukaan bidang licin ($\mu = 0$)
 Katrol berbentuk silinder pejal

Diitanya: $a = ?$; $T_1 = ?$; dan $T_2 = ?$

Jawab:

- Menggambar diagram gaya bebasnya:



- Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut :

$$\text{Benda 1: } \sum F_y = 0 \text{ atau } N_1 = W_1 \cos \theta_1 = m_1 g \cos \theta_1$$

$$\sum F_x = m_1 a \text{ atau } T_1 - m_1 g \sin \theta_1 - f_1 = m_1 a$$

$$T_1 = m_1 g \sin \theta_1 + m_1 a$$

$$T_1 = m_1 g \sin 37 + m_1 a \text{ atau}$$

$$T_1 = (5 \cdot 10 \cdot 0,6) + 5a$$

$$T_1 = 5a + 30 \quad (1)$$

$$\text{Benda 2: } \sum F_y = 0 \text{ atau } N_2 = W_2 \cos \theta_2 = m_2 g \cos \theta_2$$

$$\sum F_x = m_2 a \text{ atau } m_2 g \sin \theta_2 - T_2 - f_2 = m_2 a$$

$$T_2 = m_2 g \sin 53 + 0 - m_2 a$$

$$T_2 = (5 \cdot 10 \cdot 0,8) - 5a$$

$$T_2 = 80 - 10a \quad (2)$$

$$\text{Katrol: } \sum \tau = I \cdot \alpha \text{ atau } (T_2 - T_1)r = \left(\frac{1}{2}Mr^2\right)\left(\frac{a}{r}\right)$$

$$(T_2 - T_1) = \left(\frac{1}{2}M\right)(a)$$

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot a$$

$$T_2 - T_1 = 2a \quad (3)$$

1. Mengubah persamaan (1), (2), dan (3) kedalam bentuk matriks ber ordo 3

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -5 \\ 0 & 1 & 10 \\ -1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 30 \\ 80 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2. Menyederhanakan persamaan matriks menjadi matriks teraugmentasi

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & 30 \\ 0 & 1 & 10 & 80 \\ -1 & 1 & -2 & 0 \end{array} \right]$$

3. Melalui operasi baris elementer merubah matriks perluasan menjadi matriks eselon baris tereduksi/materiks identitas sesuai dengan algoritma Gauss - Jordan

- 1) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-1 menjadi 1

Karena baris ke-1 kolom ke-1 sudah bernilai 1 jadi tidak perlu dirubah

- 2) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-1 menjadi 0

Karena baris ke-2 kolom ke-1 sudah bernilai 0 jadi tidak perlu dirubah

- 3) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-1 menjadi 0

$$b_3 + b_1 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & 30 \\ 0 & 1 & 10 & 80 \\ 0 & 1 & -7 & 30 \end{array} \right]$$

- 4) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-2 menjadi 1

Karena baris ke-2 kolom ke-2 sudah bernilai 1 jadi tidak perlu dirubah

- 5) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-2 menjadi 0

$$b_3 - b_2 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & 30 \\ 0 & 1 & 10 & 80 \\ 0 & 0 & -17 & -50 \end{array} \right]$$

- 6) Ubah nilai baris ke-3 kolom ke-3 menjadi 1

$$-\frac{1}{17}b_3 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & 30 \\ 0 & 1 & 10 & 80 \\ 0 & 0 & 1 & 2,94 \end{array} \right]$$

7) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-2 menjadi 0

Karena baris ke-1 kolom ke-2 sudah bernilai 0 jadi tidak perlu dirubah

8) Ubah nilai baris ke-1 kolom ke-3 menjadi 0

$$b_1 + 5b_3 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 44,7 \\ 0 & 1 & 10 & 80 \\ 0 & 0 & 1 & 2,94 \end{array} \right]$$

9) Ubah nilai baris ke-2 kolom ke-3 menjadi 0

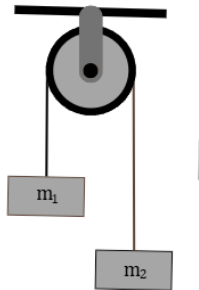
$$b_2 - 5b_3 = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 44,7 \\ 0 & 1 & 10 & 50,8 \\ 0 & 0 & 1 & 2,94 \end{array} \right]$$

4. Dari langkah tersebut di dapatkan Solusi

$$T_1 = 44,7 \text{ N}; T_2 = 50,8 \text{ N}; a = 2,94 \text{ m/s}^2$$

Lampiran 3 Langkah-langkah Metode Eliminasi -Substitusi Pada Penyelesaian Sistem Katrol Tetap

➤ Pesawat Atwood



Diketahui: $m_1 = 6 \text{ kg}$

$m_2 = 9 \text{ kg}$

$M = 10 \text{ kg}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

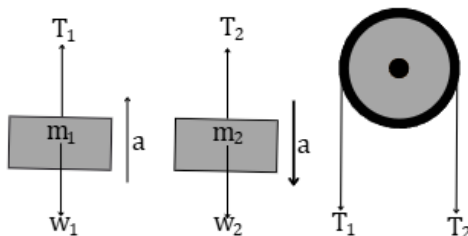
$r = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$

Katrol berbentuk silinder pejal

Diitanya: $a = ?$; $T_1 = ?$; dan $T_2 = ?$

Jawab:

➤ Menggambar diagram gaya bebasnya:



➤ Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut :

Benda 1 : $\sum F_1 = m_1 a$

$$T_1 - W_1 = m_1 a$$

$$T_1 - m_1 \cdot g = m_1 \cdot a$$

$$T_1 - 6 \cdot 10 = 6 \cdot a$$

$$T_1 = 6a + 60$$

(1)

Benda 2 : $\sum F_2 = m_2 a$

$$W_2 - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$m_2 \cdot g - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$9 \cdot 10 - T_2 = 9 \cdot a$$

$$90 - T_2 = 9 \cdot a$$

$$T_2 = 90 - 9a \quad (2)$$

Katrol : $\sum \tau = I \cdot \alpha$

$$(T_2 - T_1)r = \left(\frac{1}{2}Mr^2\right)\left(\frac{a}{r}\right)$$

$$(T_2 - T_1) = \left(\frac{1}{2}M\right)(a)$$

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot a$$

$$T_2 - T_1 = 5a$$

$$T_2 - T_1 - 5a = 0. \quad (3)$$

- Substitusi persamaan 1 dan 2 ke persamaan 3

$$T_2 - T_1 - 5a = 0$$

$$(90 - 9a) - (6a + 60) = 0$$

$$30 - 15a = 5a$$

$$a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

- Substitusi nilai a untuk mencari T_1 dan T_2

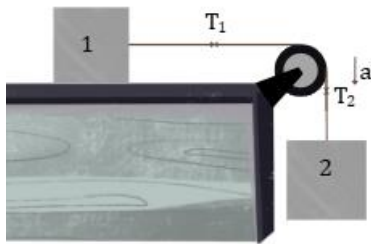
$$T_1 = 6a + 60 = 6(1,5) + 60 = 69 \text{ N}$$

$$T_2 = 90 - 9a = 90 - 9(1,5) = 76,5 \text{ N}$$

- Dari langkah tersebut di dapatkan Solusi

$$T_1 = 69 \text{ N}; T_2 = 76,5 \text{ N}; a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

- Katrol Pada Bidang Datar



Diketahui: $m_1 = 5 \text{ kg}$

$$m_2 = 5 \text{ kg}$$

$$M = 5 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

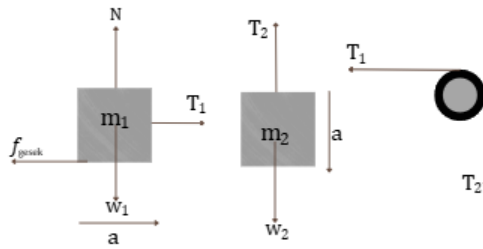
$$\mu_k = 0,5$$

Katrol berbentuk silinder berongga

Diitanya: $a = ?$; $T_1 = ?$; dan $T_2 = ?$

Jawab:

- Menggambarkan diagram gaya bebasnya:



- Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut :

Benda 1 : $\sum F_y = 0$ atau $N = W = m_A g$

$$\sum F_x = m_1 a$$

$$\sum F_1 = m_1 a$$

$$T_1 - f = m_1 a$$

$$T_1 - \mu_k m_1 \cdot g = m_1 \cdot a$$

$$T_1 - (0,5 \cdot 5 \cdot 10) = 5 \cdot a$$

$$T_1 = 25 + 5a$$

(1)

Benda 2 : $\sum F_2 = m_2 a$

$$W_2 - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$m_2 \cdot g - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$5 \cdot 10 - T_2 = 5 \cdot a$$

$$50 - T_2 = 5 \cdot a$$

$$T_2 = 50 - 5a$$

(2)

Katrol : $\sum \tau = I \cdot \alpha$

$$(T_2 - T_1)r = (1 \cdot M r^2) \left(\frac{a}{r}\right)$$

$$(T_2 - T_1) = (M)(a)$$

$$T_2 - T_1 = 5 \cdot a$$

$$T_2 - T_1 = 5a$$

(3)

- Substitusi persamaan 1 dan 2 ke persamaan 3

$$T_2 - T_1 = 5a$$

$$(50 + 5a) - (25 - 5a) = 5a$$

$$25 - 10a = 5a$$

$$a = 1,67 \text{ m/s}^2$$

- Substitusi nilai a untuk mencari T_1 dan T_2

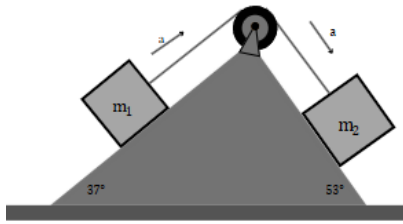
$$T_1 = 25 - 5a = 25 - 5(1,67) = 33,35 \text{ N}$$

$$T_2 = 50 + 5a = 50 + 5(1,67) = 41,65 \text{ N}$$

- Dari langkah tersebut di dapatkan Solusi

$$T_1 = 33,35 \text{ N}; T_2 = 41,65 \text{ N}; a = 1,67 \text{ m/s}^2$$

- Katrol Pada Bidang Miring



Diketahui: $m_1 = 5 \text{ kg}$

$$m_2 = 10 \text{ kg}$$

$$M = 4 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\theta_1 = 37^\circ$$

$$\theta_2 = 53^\circ$$

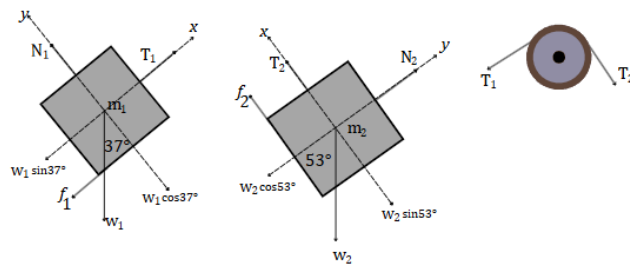
Permukaan bidang licin ($\mu = 0$)

Katrol berbentuk silinder pejal

Diitanya: $a = ?$; $T_1 = ?$; dan $T_2 = ?$

Jawab:

➤ Menggambar diagram gaya bebasnya:



➤ Menerapkan hukum 2 Newton pada masing-masing diagram bebas sehingga didapatkan SPL sebagai berikut :

$$\text{Benda 1: } \sum F_y = 0 \text{ atau } N_1 = W_1 \cos \theta_1 = m_1 g \cos \theta_1$$

$$\sum F_x = m_1 a \text{ atau } T_1 - m_1 g \sin \theta_1 - f_1 = m_1 a$$

$$T_1 = m_1 g \sin \theta_1 + m_1 a$$

$$T_1 = m_1 g \sin 37 + m_1 a \text{ atau}$$

$$T_1 = (5 \cdot 10 \cdot 0,6) + 5a$$

$$T_1 = 5a + 30$$

(1)

$$\text{Benda 2: } \sum F_y = 0 \text{ atau } N_2 = W_2 \cos \theta_2 = m_2 g \cos \theta_2$$

$$\sum F_x = m_2 a \text{ atau } m_2 g \sin \theta_2 - T_2 - f_2 = m_2 a$$

$$T_2 = m_2 g \sin 53 + 0 - m_2 a$$

$$T_2 = (5 \cdot 10 \cdot 0,8) - 5a$$

$$T_2 = 80 - 10a$$

(2)

$$\text{Katrol: } \sum \tau = I \cdot \alpha \text{ atau } (T_2 - T_1)r = \left(\frac{1}{2}Mr^2\right)\left(\frac{a}{r}\right)$$

$$(T_2 - T_1) = \left(\frac{1}{2}M\right)(a)$$

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot a$$

$$T_2 - T_1 = 2a \quad (3)$$

➤ Substitusi persamaan 1 dan 2 ke persamaan 3

$$T_2 - T_1 = 2a$$

$$(80 - 10a) - (5a + 30) = 2a$$

$$50 - 15a = 2a$$

$$a = 2,94 \text{ m/s}^2$$

➤ Substitusi nilai a untuk mencari T_1 dan T_2

$$T_1 = 5a + 30 = 5(2,94) + 30 = 44,7 \text{ N}$$

$$T_2 = 80 - 10a = 80 - 10(2,94) = 50,8 \text{ N}$$

➤ Dari langkah tersebut di dapatkan Solusi

$$T_1 = 44,7 \text{ N}; T_2 = 50,8 \text{ N}; a = 2,94 \text{ m/s}^2$$

Lampiran 4 Lembar Uji Kelayakan oleh *Expert Judgement*

INSTRUMEN LEMBAR *EXPERT JUDGEMENT*

Rancangan Bahan Ajar Fisika Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan penelitian “Implementasi Metode Eliminasi Gaus-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika”, maka peneliti bermaksud untuk menguji rancangan bahan ajar yang telah dibuat sehingga layak digunakan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi katrol tetap. Aspek penilaian bahan ajar ini diadaptasi dari komponen penilaian kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kebahasaan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP), dan aspek kegrafikan.

B. Identitas Ahli

Nama :
NIP :
Instansi :

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini, Bapak/ Ibu dimohon terlebih dahulu membaca atau mempelajari rancangan bahan ajar yang telah dibuat peneliti.
2. Mohon Bapak/ Ibu menjawab pernyataan dalam instrumen ini dengan memberikan centang (√) pada kolom untuk menilai kelayakan rancangan bahan ajar tersebut.
Skor 5 : Sangat Baik
Skor 4 : Baik
Skor 3 : Cukup Baik
Skor 4 : Kurang Baik
Skor 1 : Tidak Baik
3. Mohon Bapak/ Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.

D. Indikator Instrumen Kelayakan Rancangan Bahan Ajar

Aspek Kelayakan isi Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
No	Komponen	Deskripsi	Skor				
			1	2	3	4	5
1	Kesesuaian	Materi yang disajikan sesuai dengan Kurikulum Merdeka					
		Kelengkapan isi terhadap materi katrol tetap sesuai dengan capaian pembelajaran					
		Kesesuaian isi materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan					
2	Keakuratan Materi	Keakuratan konsep materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan					
		Keakuratan gambar yang disajikan sesuai dengan materi					
		Keakuratan contoh soal yang disajikan sesuai dengan materi					
		Simbol fisika yang digunakan sudah tepat					
		Persamaan fisika yang digunakan sudah tepat					
		Istilah fisika yang digunakan sudah tepat					
Jumlah skor							
Aspek Kelayakan Penyajian Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
1	Teknik Penyajian	Keruntunan konsep					
2	Pendukung penyajian	Contoh-contoh soal dalam setiap kegiatan dapat membantu peserta didik dalam memahami materi katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan					
		Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar dapat melatih pemahaman peserta didik					
		Kata pengantar menggambarkan petunjuk penggunaan bahan ajar dengan jelas					
		Glosarium memuat istilah ilmiah pada rancangan bahan ajar					
		Daftar pustaka berisi referensi yang mutakhir dan relevan dengan penelitian					
3	Penyajian Pembelajaran	Materi yang disajikan mudah dipahami					
		Rancangan bahan ajar dapat memfasilitasi peserta didik terlibat aktif secara langsung dalam pembelajaran					
4	Koherensi dan keruntutan alur pikir	Keterkaitan antar kegiatan belajar					
Jumlah skor							

Aspek kelayakan Bahasa Menurut BNSP Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan					
1	Lugas	Ketepatan struktur kalimat			
		Keefektifan kalimat			
		Kebakuan kalimat			
2	Komunikatif	Tata bahasa yang disajikan mudah dipahami			
3	Kesesuaian dengan perkembangan peserta didik	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik			
		Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik			
4	Kesesuaian dengan kaidah bahasa	Ketepatan tata bahasa			
		Ketepatan ejaan			
		Keefektifan kalimat			
Jumlah skor					
Aspek Kelayakan Kefrafikan Rancangan Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan					
1	Konsistensi	Konsistensi desain <i>cover</i> , isi, dan penutup			
		Konsistensi penggunaan simbol dan icon dari awal hingga akhir			
		Konsistensi CPL terhadap uraian materi, latihan, rangkuman, dan tes formatif			
2	Format	Mengikuti standar ISO (A4/B5/A5)			
		Menggunakan variasi huruf (<i>bold</i> , <i>italic</i> , <i>capital</i> , <i>small capital</i>) guna mempertegas tulisan			
		Setiap paragraf diawali dengan tulisan menjorok kedalam			
		Angka halaman urut dan pemanfaatannya sesuai dengan pola tata letak (kanan/kiri/bawah)			
3	Keorganisasian	Keseimbangan penempatan dan ukuran judul, sub judul, dan keterangan			
		Penempatan ilustrasi dan gambar tidak mengganggu teks di bagian isi			
		Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan			
4	Daya Tarik	Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan			
Jumlah skor					

E. Kritik dan Saran

.....
.....
.....
.....

F. Kesimpulan

Berdasarkan penilaian yang telah dilakukan, produk rancangan bahan ajar ini dinyatakan *):

- 1. Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
- 2. Layak digunakan di lapangan dengan revisi
- 3. Tidak layak digunakan di lapangan

*) Mohon di lingkari salah satu

Jember,2025

Penilai Ahli

.....
NIP.

Lampiran 5 Lembar Uji Kelayakan Oleh *Expert Judgement*

Oleh Ahli Materi (awal sebelum revisi)

LEMBAR INSTRUMEN *EXPERT JUDGEMENT*

Rancangan Bahan Ajar Fisika Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan penelitian "Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika", maka peneliti bermaksud untuk menguji rancangan bahan ajar yang telah dibuat sehingga layak digunakan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi katrol tetap. Aspek penilaian bahan ajar ini diadaptasi dari komponen penilaian kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kebahasaan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP), dan aspek kegrafikan.

B. Identitas Penilai Ahli

Nama : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E.
NIP : 196807101993021001
Instansi : Universitas Jember

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini, Bapak/ Ibu dimohon terlebih dahulu membaca atau mempelajari rancangan bahan ajar yang telah dibuat peneliti.
2. Mohon Bapak/ Ibu menjawab pernyataan dalam instrumen ini dengan memberikan centang (v) pada kolom untuk menilai kelayakan rancangan bahan ajar tersebut sesuai pada setiap butir penilaian keterangan sebagai berikut:
Skor 5 : Sangat Baik
Skor 4 : Baik
Skor 3 : Cukup Baik
Skor 2 : Kurang Baik
Skor 1 : Tidak Baik
3. Mohon Bapak/ Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.

D. Indikator Instrumen Kelayakan Rancangan Bahan Ajar

Aspek Kelayakan isi Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
No	Komponen	Deskripsi	Skor				
			1	2	3	4	5
1	Kesesuaian	Materi yang disajikan sesuai dengan Kurikulum Merdeka				✓	
		Kelengkapan isi terhadap materi katrol tetap sesuai dengan capaian pembelajaran				✓	
		Kesesuaian isi materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan		✓	✓		
2	Keakuratan Materi	Keakuratan konsep materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan			✓		
		Keakuratan gambar yang disajikan sesuai dengan materi				✓	
		Keakuratan contoh soal yang disajikan sesuai dengan materi				✓	
		Simbol fisika yang digunakan sudah tepat			✓		
		Persamaan fisika yang digunakan sudah tepat		✓			
		Istilah fisika yang digunakan sudah tepat				✓	
Jumlah skor						31	
Aspek Kelayakan Penyajian Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
1	Teknik Penyajian	Keruntunan konsep				✓	
2	Pendukung penyajian	Contoh-contoh soal dalam setiap kegiatan dapat membantu peserta didik dalam memahami materi katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan				✓	
		Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar dapat melatih pemahaman peserta didik			✓		
		Kata pengantar menggambarkan petunjuk penggunaan bahan ajar dengan jelas				✓	
		Glosarium memuat istilah ilmiah pada rancangan bahan ajar		✓	✓		
		Daftar pustaka berisi referensi yang mutakhir dan relevan dengan penelitian					✓
3		Materi yang disajikan mudah dipahami				✓	

	Penyajian Pembelajaran	Rancangan bahan ajar dapat memfasilitasi peserta didik terlibat aktif secara langsung dalam pembelajaran					✓	
4	Koherensi dan keruntutan alur pikir	Keterkaitan antar kegiatan belajar						✓
Jumlah skor								33
Aspek kelayakan Bahasa Menurut BNSP Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan								
1	Lugas	Ketepatan struktur kalimat					✓	
		Keefektifan kalimat					✓	
		Kebakuan kalimat					✓	
2	Komunikatif	Tata bahasa yang disajikan mudah dipahami					✓	
3	Kesesuaian dengan perkembangan peserta didik	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik				✓		
		Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik					✓	
4	Kesesuaian dengan kaidah bahasa	Ketepatan tata bahasa					✓	
		Ketepatan ejaan					✓	
		Keefektifan kalimat					✓	
Jumlah skor								34
Aspek Kelayakan Kegrafikan Rancangan Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan								
1	Konsistensi	Konsistensi desain cover, isi, dan penutup						✓
		Konsistensi penggunaan simbol dan icon dari awal hingga akhir				✓		
		Konsistensi capaian pembelajaran terhadap uraian materi, latihan, rangkuman, dan tes formatif						✓
2	Format	Mengikuti standar ISO (A4)						✓
		Menggunakan variasi huruf (<i>bold, italic, capital, small capital</i>) guna mempertegas tulisan					✓	
		Setiap paragraf diawali dengan tulisan menjorok kedalam					✓	
		Angka halaman urut dan pemanfaatannya sesuai dengan pola tata letak (kanan/kiri/bawah)						✓
3	Keorganisasian	Keseimbangan penempatan dan ukuran judul, sub judul, dan keterangan					✓	
		Penempatan ilustrasi dan gambar tidak mengganggu teks di bagian isi						✓
		Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan						✓

4	Daya Tarik	Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan				✓
Jumlah skor			47			

E. Masukan/Saran

- Cara penulisan rumus lebih dirapikan dan terstruktur
 - * Gambar diagram betong-paku dicetak lagi.
-
-
-
-

F. Kesimpulan

Berdasarkan penilaian yang telah dilakukan, produk rancangan bahan ajar ini dinyatakan *):

1. Layak digunakan dalam pembelajaran tanpa revisi
- ②) Layak digunakan dalam pembelajaran sesuai revisi
3. Tidak layak digunakan dalam pembelajaran

*) Mohon di lingkari salah satu

Jember, 1 Juni2025

Penilai Ahli



Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E.

NIP. 196807101993021001

Oleh Ahli Media (awal sebelum revisi)

LEMBAR INSTRUMEN *EXPERT JUDGEMENT*

Rancangan Bahan Ajar Fisika Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan penelitian "Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika", maka peneliti bermaksud untuk menguji rancangan bahan ajar yang telah dibuat sehingga layak digunakan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi katrol tetap. Aspek penilaian bahan ajar ini diadaptasi dari komponen penilaian kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kebahasaan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP), dan aspek kegrafikan.

B. Identitas Penilai Ahli

Nama : Drs. Maryani, M.Pd., M.C.E.
NIP : 196407071989021002
Instansi : Universitas Jember

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini, Bapak/ Ibu dimohon terlebih dahulu membaca atau mempelajari rancangan bahan ajar yang telah dibuat peneliti.
2. Mohon Bapak/ Ibu menjawab pernyataan dalam instrumen ini dengan memberikan centang (✓) pada kolom untuk menilai kelayakan rancangan bahan ajar tersebut sesuai pada setiap butir penilaian keterangan sebagai berikut:
Skor 5 : Sangat Baik
Skor 4 : Baik
Skor 3 : Cukup Baik
Skor 2 : Kurang Baik
Skor 1 : Tidak Baik
3. Mohon Bapak/ Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.

D. Indikator Instrumen Kelayakan Rancangan Bahan Ajar

Aspek Kelayakan isi Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
No	Komponen	Deskripsi	Skor				
			1	2	3	4	5
1	Kesesuaian	Materi yang disajikan sesuai dengan Kurikulum Merdeka				✓	
		Kelengkapan isi terhadap materi katrol tetap sesuai dengan capaian pembelajaran				✓	
		Kesesuaian isi materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan				✓	
2	Keakuratan Materi	Keakuratan konsep materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan				✓	
		Keakuratan gambar yang disajikan sesuai dengan materi					✓
		Keakuratan contoh soal yang disajikan sesuai dengan materi				✓	
		Simbol fisika yang digunakan sudah tepat				✓	
		Persamaan fisika yang digunakan sudah tepat				✓	
		Istilah fisika yang digunakan sudah tepat				✓	
Jumlah skor						37	
Aspek Kelayakan Penyajian Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
1	Teknik Penyajian	Keruntunan konsep					
2	Pendukung penyajian	Contoh-contoh soal dalam setiap kegiatan dapat membantu peserta didik dalam memahami materi katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan				✓	
		Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar dapat melatih pemahaman peserta didik				✓	
		Kata pengantar menggambarkan petunjuk penggunaan bahan ajar dengan jelas				✓	
		Glosarium memuat istilah ilmiah pada rancangan bahan ajar			✓		
		Daftar pustaka berisi referensi yang mutakhir dan relevan dengan penelitian			✓		
3		Materi yang disajikan mudah dipahami			✓		

	Penyajian Pembelajaran	Rancangan bahan ajar dapat memfasilitasi peserta didik terlibat aktif secara langsung dalam pembelajaran						✓
4	Koherensi dan keuntutan alur pikir	Keterkaitan antar kegiatan belajar						✓
Jumlah skor								33
Aspek kelayakan Bahasa Menurut BNSP Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan								
1	Lugas	Ketepatan struktur kalimat						✓
		Keefektifan kalimat						✓
		Kebakuan kalimat						✓
2	Komunikatif	Tata bahasa yang disajikan mudah dipahami					✓	
3	Kesesuaian dengan perkembangan peserta didik	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik						✓
		Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik						✓
4	Kesesuaian dengan kaidah bahasa	Ketepatan tata bahasa						✓
		Ketepatan ejaan						✓
		Keefektifan kalimat						✓
Jumlah skor								
Aspek Kelayakan Kegrafikan Rancangan Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan								
1	Konsistensi	Konsistensi desain cover, isi, dan penutup						✓
		Konsistensi penggunaan simbol dan icon dari awal hingga akhir						✓
		Konsistensi capaian pembelajaran terhadap uraian materi, latihan, rangkuman, dan tes formatif						✓
2	Format	Mengikuti standar ISO (A4/A5/B5)						✓
		Menggunakan variasi huruf (<i>bold, italic, capital, small capital</i>) guna mempertegas tulisan						✓
		Setiap paragraf diawali dengan tulisan menjorok kedalam						✓
		Angka halaman urut dan pemanfaatannya sesuai dengan pola tata letak (kanan/kiri/bawah)						✓
3	Keorganisasian	Keseimbangan penempatan dan ukuran judul, sub judul, dan keterangan						✓
		Penempatan ilustrasi dan gambar tidak mengganggu teks di bagian isi						✓
		Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan						✓

4	Daya Tarik	Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan				✓
Jumlah skor						15

E. Masukan/Saran

1. Mohon perbaikan harus sesuai font & P. karena sudah sesuai dengan hierarki informasi Bloran.

F. Kesimpulan

Berdasarkan penilaian yang telah dilakukan, produk rancangan bahan ajar ini dinyatakan *):

1. Layak digunakan dalam pembelajaran tanpa revisi
- ② Layak digunakan dalam pembelajaran sesuai revisi
3. Tidak layak digunakan dalam pembelajaran

*) Mohon di lingkari salah satu

Jember, 4 Juni2025

Penilai Ahli

Drs. Mulyani, M.Pd., M.C.E.

NIP. 196407071989021002

Oleh Ahli Materi (Setelah Revisi)

LEMBAR INSTRUMEN *EXPERT JUDGEMENT*

Rancangan Bahan Ajar Fisika Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan penelitian “Implementasi Metode Eliminasi Gaus-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika”, maka peneliti bermaksud untuk menguji rancangan bahan ajar yang telah dibuat sehingga layak digunakan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi katrol tetap. Aspek penilaian bahan ajar ini diadaptasi dari komponen penilaian kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kebahasaan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP), dan aspek kegrafikan.

B. Identitas Penilai Ahli

Nama : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E.
NIP : 196807101993021001
Instansi : Universitas Jember

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini, Bapak/ Ibu dimohon terlebih dahulu membaca atau mempelajari rancangan bahan ajar yang telah dibuat peneliti.
2. Mohon Bapak/ Ibu menjawab pernyataan dalam instrumen ini dengan memberikan centang (v) pada kolom untuk menilai kelayakan rancangan bahan ajar tersebut sesuai pada setiap butir penilaian keterangan sebagai berikut:
Skor 5 : Sangat Baik
Skor 4 : Baik
Skor 3 : Cukup Baik
Skor 2 : Kurang Baik
Skor 1 : Tidak Baik
3. Mohon Bapak/ Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.

D. Indikator Instrumen Kelayakan Rancangan Bahan Ajar

Aspek Kelayakan isi Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
No	Komponen	Deskripsi	Skor				
			1	2	3	4	5
1	Kesesuaian	Materi yang disajikan sesuai dengan Kurikulum Merdeka					✓
		Kelengkapan isi terhadap materi katrol tetap sesuai dengan capaian pembelajaran					✓
		Kesesuaian isi materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan				✓	
2	Keakuratan Materi	Keakuratan konsep materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan				✓	
		Keakuratan gambar yang disajikan sesuai dengan materi				✓	
		Keakuratan contoh soal yang disajikan sesuai dengan materi				✓	
		Simbol fisika yang digunakan sudah tepat			✓		
		Persamaan fisika yang digunakan sudah tepat			✓		
		Istilah fisika yang digunakan sudah tepat				✓	
Jumlah skor						36	
Aspek Kelayakan Penyajian Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
1	Teknik Penyajian	Keruntunan konsep				✓	
2	Pendukung penyajian	Contoh-contoh soal dalam setiap kegiatan dapat membantu peserta didik dalam memahami materi katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan				✓	
		Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar dapat melatih pemahaman peserta didik		✓			
		Kata pengantar menggambarkan petunjuk penggunaan bahan ajar dengan jelas			✓		
		Glosarium memuat istilah ilmiah pada rancangan bahan ajar			✓		
		Daftar pustaka berisi referensi yang mutakhir dan relevan dengan penelitian			✓		
3		Materi yang disajikan mudah dipahami				✓	

	Penyajian Pembelajaran	Rancangan bahan ajar dapat memfasilitasi peserta didik terlibat aktif secara langsung dalam pembelajaran					✓
4	Koherensi dan keruntutan alur pikir	Keterkaitan antar kegiatan belajar					✓
Jumlah skor							36
Aspek kelayakan Bahasa Menurut BNSP Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
1	Lugas	Ketepatan struktur kalimat					✓
		Keefektifan kalimat					✓
		Kebakuan kalimat					✓
2	Komunikatif	Tata bahasa yang disajikan mudah dipahami					✓
3	Kesesuaian dengan perkembangan peserta didik	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik					✓
		Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik					✓
4	Kesesuaian dengan kaidah bahasa	Ketepatan tata bahasa					✓
		Ketepatan ejaan					✓
		Keefektifan kalimat					✓
Jumlah skor							38
Aspek Kelayakan Kegrafikan Rancangan Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
1	Konsistensi	Konsistensi desain cover, isi, dan penutup					✓
		Konsistensi penggunaan simbol dan icon dari awal hingga akhir					✓
		Konsistensi capaian pembelajaran terhadap uraian materi, latihan, rangkuman, dan tes formatif					✓
2	Format	Mengikuti standar ISO (A4)					✓
		Menggunakan variasi huruf (<i>bold, italic, capital, small capital</i>) guna mempertegas tulisan					✓
		Setiap paragraf diawali dengan tulisan menjorok kedalam					✓
		Angka halaman urut dan pemanfaatannya sesuai dengan pola tata letak (kanan/kiri/bawah)					✓
3	Keorganisasian	Keseimbangan penempatan dan ukuran judul, sub judul, dan keterangan					✓
		Penempatan ilustrasi dan gambar tidak mengganggu teks di bagian isi					✓
		Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan					✓

Oleh Ahli Media (setelah revisi)

LEMBAR INSTRUMEN EXPERT JUDGEMENT

Rancangan Bahan Ajar Fisika Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan penelitian “Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika”, maka peneliti bermaksud untuk menguji rancangan bahan ajar yang telah dibuat sehingga layak digunakan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi katrol tetap. Aspek penilaian bahan ajar ini diadaptasi dari komponen penilaian kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kebahasaan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP), dan aspek kegrafikan.

B. Identitas Penilai Ahli

Nama : Drs. Maryani, M.Pd., M.C.E.
NIP : 196407071989021002
Instansi : Universitas Jember

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini, Bapak/ Ibu dimohon terlebih dahulu membaca atau mempelajari rancangan bahan ajar yang telah dibuat peneliti.
2. Mohon Bapak/ Ibu menjawab pernyataan dalam instrumen ini dengan memberikan centang (v) pada kolom untuk menilai kelayakan rancangan bahan ajar tersebut sesuai pada setiap butir penilaian keterangan sebagai berikut:
Skor 5 : Sangat Baik
Skor 4 : Baik
Skor 3 : Cukup Baik
Skor 2 : Kurang Baik
Skor 1 : Tidak Baik
3. Mohon Bapak/ Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.

D. Indikator Instrumen Kelayakan Rancangan Bahan Ajar

Aspek Kelayakan isi Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
No	Komponen	Deskripsi	Skor				
			1	2	3	4	5
1	Kesesuaian	Materi yang disajikan sesuai dengan Kurikulum Merdeka					✓
		Kelengkapan isi terhadap materi katrol tetap sesuai dengan capaian pembelajaran					✓
		Kesesuaian isi materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan					✓
2	Keakuratan Materi	Keakuratan konsep materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan					✓
		Keakuratan gambar yang disajikan sesuai dengan materi					✓
		Keakuratan contoh soal yang disajikan sesuai dengan materi					✓
		Simbol fisika yang digunakan sudah tepat					✓
		Persamaan fisika yang digunakan sudah tepat					✓
		Istilah fisika yang digunakan sudah tepat				✓	
Jumlah skor							
Aspek Kelayakan Penyajian Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan							
1	Teknik Penyajian	Keruntunan konsep					✓
2	Pendukung penyajian	Contoh-contoh soal dalam setiap kegiatan dapat membantu peserta didik dalam memahami materi katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan					✓
		Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar dapat melatih pemahaman peserta didik					✓
		Kata pengantar menggambarkan petunjuk penggunaan bahan ajar dengan jelas					✓
		Glosarium memuat istilah ilmiah pada rancangan bahan ajar					✓
		Daftar pustaka berisi referensi yang mutakhir dan relevan dengan penelitian					✓
3		Materi yang disajikan mudah dipahami					✓

	Penyajian Pembelajaran	Rancangan bahan ajar dapat memfasilitasi peserta didik terlibat aktif secara langsung dalam pembelajaran						✓
4	Koherensi dan keruntutan alur pikir	Keterkaitan antar kegiatan belajar					✓	
Jumlah skor								
Aspek kelayakan Bahasa Menurut BNSP Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan								
1	Lugas	Ketepatan struktur kalimat						✓
		Keefektifan kalimat						✓
		Kebakuan kalimat						✓
2	Komunikatif	Tata bahasa yang disajikan mudah dipahami						✓
3	Kesesuaian dengan perkembangan peserta didik	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik					✓	
		Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik					✓	
4	Kesesuaian dengan kaidah bahasa	Ketepatan tata bahasa						✓
		Ketepatan ejaan						✓
		Keefektifan kalimat						✓
Jumlah skor								
Aspek Kelayakan Kegrafikan Rancangan Rancangan Bahan Ajar Penyelesaian Soal Katrol Tetap Menggunakan Metode Eliminasi Gauss-Jordan								
1	Konsistensi	Konsistensi desain cover, isi, dan penutup						✓
		Konsistensi penggunaan simbol dan icon dari awal hingga akhir					✓	
		Konsistensi capaian pembelajaran terhadap uraian materi, latihan, rangkuman, dan tes formatif						✓
2	Format	Mengikuti standar ISO (A4)						✓
		Menggunakan variasi huruf (<i>bola, italic, capital, smaal capital</i>) guna mempertegas tulisan					✓	
		Setiap paragraf diawali dengan tulisan menjorok kedalam						✓
		Angka halaman urut dan pemanfaatannya sesuai dengan pola tata letak (kanan/kiri/bawah)						✓
3	Keorganisasian	Keseimbangan penempatan dan ukuran judul, sub judul, dan keterangan						✓
		Penempatan ilustrasi dan gambar tidak mengganggu teks di bagian isi						✓
		Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan					✓	

4	Daya Tarik	Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan					✓
Jumlah skor							

E. Masukan/ Saran

..... *Agus Ajunela*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

F. Kesimpulan

Berdasarkan penilaian yang telah dilakukan, produk rancangan bahan ajar ini dinyatakan *):

- ① Layak digunakan dalam pembelajaran tanpa revisi
2. Layak digunakan dalam pembelajaran sesuai revisi
3. Tidak layak digunakan dalam pembelajaran

*) Mohon lingkari salah satu

Jember, 10 Juni 2025

Penilai Ahli

Drs. Maryani, M.Pd., M.C.E.

NIP. 196407071989021002

Lampiran 6 Lembar Hasil Uji Kelayakan Oleh *Expert Judgement*

Sebelum Revisi

No	Indikator	Skor		Rata-rata	%	Kriteria
		E1	E2			
Aspek Kelayakan Isi						
1	Materi yang disajikan sesuai dengan Kurikulum Merdeka	4	4	4,0	80,0%	Sangat Layak
2	Kelengkapan isi terhadap materi katrol tetap sesuai dengan capaian pembelajaran	4	4	4,0	80,0%	Sangat Layak
3	Kesesuaian isi materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan	3	4	3,5	70,0%	Layak
4	Keakuratan konsep materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan	3	4	3,5	70,0%	Layak
5	Keakuratan gambar yang disajikan sesuai dengan materi	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
6	Keakuratan contoh soal yang disajikan sesuai dengan materi	4	4	4,0	80,0%	Sangat Layak
7	Simbol fisika yang digunakan sudah tepat	3	4	3,5	70,0%	Layak
8	Persamaan fisika yang digunakan sudah tepat	2	4	3,0	60,0%	Layak
9	Istilah fisika yang digunakan sudah tepat	4	4	4,0	80,0%	Sangat Layak
Rata-rata		3,44	4,11	3,78	75,6%	Layak
Aspek Kelayakan Penyajian						
1	Keruntunan konsep	4	4	4,0	80,0%	Sangat Layak
2	Contoh-contoh soal dalam setiap kegiatan dapat membantu peserta didik dalam memahami materi katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan	4	4	4,0	80,0%	Sangat Layak

3	Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar dapat melatih pemahaman peserta didik	3	4	3,5	70,0%	Layak
4	Kata pengantar menggambarkan petunjuk penggunaan bahan ajar dengan jelas	4	4	4,0	80,0%	Sangat Layak
5	Glosarium memuat istilah ilmiah pada rancangan bahan ajar	3	3	3,0	60,0%	Layak
6	Daftar pustaka berisi referensi yang mutakhir dan relevan dengan penelitian	4	3	3,5	70,0%	Layak
7	Materi yang disajikan mudah dipahami	4	3	3,5	70,0%	Layak
8	Rancangan bahan ajar dapat memfasilitasi peserta didik terlibat aktif secara langsung dalam pembelajaran	4	4	4,0	80,0%	Sangat Layak
9	Keterkaitan antar kegiatan belajar	5	4	4,5	90,0%	Sangat Layak
Rata-Rata		3,89	3,67	3,78	75,6%	Layak
Aspek Kelayakan Bahasa						
1	Ketepatan struktur kalimat	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
2	Keefektifan kalimat	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
3	Kebakuan kalimat	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
4	Tata bahasa yang disajikan mudah dipahami	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
5	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik	3	4	3,5	70,0%	Layak
6	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
7	Ketepatan tata bahasa	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
8	Ketepatan ejaan	3	4	3,5	70,0%	Layak
9	Keefektifan kalimat	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
Rata-rata		3,78	4,44	4,11	82,2%	Sangat Layak
Aspek Kelayakan Kegrafikan						

1	Konsistensi desain <i>cover</i> , isi, dan penutup	5	4	4,5	90,0%	Sangat Layak
2	Konsistensi penggunaan simbol dan icon dari awal hingga akhir	3	4	3,5	70,0%	Layak
3	Konsistensi CPL terhadap uraian materi, latihan, rangkuman, dan tes formatif	4	3	3,5	70,0%	Layak
4	Mengikuti standar ISO (A4/B5/A5)	5	4	4,5	90,0%	Sangat Layak
5	Menggunakan variasi huruf (<i>bold</i> , <i>italic</i> , <i>capital</i> , <i>small capital</i>) guna mempertegas tulisan	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
6	Setiap paragraf diawali dengan tulisan menjorok kedalam	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
7	Angka halaman urut dan pemanfaatannya sesuai dengan pola tata letak (kanan/kiri/bawah)	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
8	Keseimbangan penempatan dan ukuran judul, sub judul, dan keterangan	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
9	Penempatan ilustrasi dan gambar tidak mengganggu teks di bagian isi	5	4	4,5	90,0%	Sangat Layak
10	Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan	5	4	4,5	90,0%	Sangat Layak
11	Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
Rata-rata		4,27	4,09	4,18	83,6%	Sangat Layak
Akumulasi Rata-Rata Aspek		3,85	4,08	3,96	79,2%	Layak

Hasil Setelah Revisi

No	Indikator	Skor		Rata-rata	%	Kriteria
		E1	E2			
Aspek Kelayakan Isi						
1	Materi yang disajikan sesuai dengan Kurikulum Merdeka	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
2	Kelengkapan isi terhadap materi katrol tetap sesuai dengan capaian pembelajaran	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
3	Kesesuaian isi materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
4	Keakuratan konsep materi katrol tetap dengan menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
5	Keakuratan gambar yang disajikan sesuai dengan materi	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
6	Keakuratan contoh soal yang disajikan sesuai dengan materi	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
7	Simbol fisika yang digunakan sudah tepat	3	4	3,5	70,0%	Layak
8	Persamaan fisika yang digunakan sudah tepat	3	4	3,5	70,0%	Layak
9	Istilah fisika yang digunakan sudah tepat	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
Rata-rata		4,00	4,44	4,22	84,4%	Sangat Layak
Aspek Kelayakan Penyajian						
1	Keruntunan konsep	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
2	Contoh-contoh soal dalam setiap kegiatan dapat membantu peserta didik dalam memahami materi katrol tetap menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan	4	4	4	80,0%	Sangat Layak

3	Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar dapat melatih pemahaman peserta didik	3	4	3,5	70,0%	Layak
4	Kata pengantar menggambarkan petunjuk penggunaan bahan ajar dengan jelas	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
5	Glosarium memuat istilah ilmiah pada rancangan bahan ajar	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
6	Daftar pustaka berisi referensi yang mutakhir dan relevan dengan penelitian	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
7	Materi yang disajikan mudah dipahami	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
8	Rancangan bahan ajar dapat memfasilitasi peserta didik terlibat aktif secara langsung dalam pembelajaran	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
9	Keterkaitan antar kegiatan belajar	5	4	4,5	90,0%	Sangat Layak
Rata-Rata		4,00	4,33	4,17	83,3%	Sangat Layak
Aspek Kelayakan Bahasa						
1	Ketepatan struktur kalimat	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
2	Keefektifan kalimat	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
3	Kebakuan kalimat	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
4	Tata bahasa yang disajikan mudah dipahami	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
5	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
6	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
7	Ketepatan tata bahasa	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
8	Ketepatan ejaan	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
9	Keefektifan kalimat	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
Rata-rata		4,22	4,56	4,39	87,8%	Sangat Layak
Aspek Kelayakan Kegrafikan						

1	Konsistensi desain <i>cover</i> , isi, dan penutup	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
2	Konsistensi penggunaan simbol dan icon dari awal hingga akhir	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
3	Konsistensi CPL terhadap uraian materi, latihan, rangkuman, dan tes formatif	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
4	Mengikuti standar ISO (A4/B5/A5)	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
5	Menggunakan variasi huruf (<i>bold</i> , <i>italic</i> , <i>capital</i> , <i>small capital</i>) guna mempertegas tulisan	4	4	4	80,0%	Sangat Layak
6	Setiap paragraf diawali dengan tulisan menjorok kedalam	4	5	4,5	90,0%	Sangat Layak
7	Angka halaman urut dan pemanfaatannya sesuai dengan pola tata letak (kanan/kiri/bawah)	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
8	Keseimbangan penempatan dan ukuran judul, sub judul, dan keterangan	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
9	Penempatan ilustrasi dan gambar tidak mengganggu teks di bagian isi	5	5	5	100,0%	Sangat Layak
10	Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan	5	4	4,5	90,0%	Sangat Layak
11	Ilustrasi mampu menggambarkan materi yang diajarkan	5	4	4,5	90,0%	Sangat Layak
Rata-rata		4,64	4,64	4,64	92,7%	Sangat Layak
Akumulasi Rata-Rata Aspek		4,21	4,49	4,35	87,1%	Sangat Layak

Lampiran 7 Surat Permohonan *Expert Judgement*

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan No.37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
 Telepon : 0331-334988, 330738, 336084 Faximile : 0331-332475
 Laman : www.fkip.unej.ac.id

SURAT PERMOHONAN EXPERT JUDGEMENT

Hal : Permohonan Uji Kelayakan Rancangan Bahan Ajar

Kepada Yth.

Drs. Maryani, M.Pd., M.C.E.

Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember

Dengan hormat,

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nana Dwi Dharma

NIM : 180210102091

Jurusan/Program: Pendidikan MIPA / Pendidikan Fisika


Dengan ini memohon kepada Bapak untuk menjadi *Expert Judgement* guna mengetahui kelayakan rancangan bahan ajar saya. Adapun data mengenai penelitian skripsi saya, yaitu:

Judul Skripsi : Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika

Pembimbing : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E.

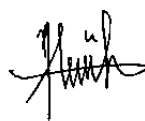
Demikianlah surat permohonan ini saya sampaikan. Atas perhatian dan kesediaan Bapak saya mengucapkan terimakasih.

Mengetahui,
 Pembimbing Utama


 Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E
 NIP. 196807101993021001

Jember, 04 Juni 2025

Peneliti


 Nana Dwi Dharma
 NIM. 180210102091

Lampiran 8 Surat Persetujuan *Expert Judgement*

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan No.37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
 Telepon : 0331-334988, 330738, 336084 Faximile : 0331-332475
 Laman : www.fkip.unej.ac.id

SURAT PERSETUJUAN EXPERT JUDGEMENT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Drs. Maryani, M.Pd., M.C.E.
 NIP : 196407071989021002
 Profesi : Dosen Pendidikan Fisika
 Instansi : Universitas Jember

Dengan ini menyatakan rancangan bahan ajar dalam penelitian yang berjudul
 "Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap
 Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika" oleh mahasiswa:

Nama : Nana Dwi Dharma
 NIP : 180210102091
 Program Studi : Pendidikan Fisika
 Instansi : Universitas Jember

Telah ditelaah dan dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar dalam
 penelitian yang bersangkutan. Demikian surat persetujuan ini dibuat agar dapat
 digunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 10 Juni 2025

Penilai Ahli Media

Drs. Maryani, M.Pd., M.C.E.

196407071989021002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan No.37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
 Telepon : 0331-334988, 330738, 336084 Faximile : 0331-332475
 Laman : www.fkip.unej.ac.id

SURAT PERSETUJUAN EXPERT JUDGEMENT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E
 NIP : 196807101993021001
 Profesi : Dosen Pendidikan Fisika
 Instansi : Universitas Jember

Dengan ini menyatakan rancangan bahan ajar dalam penelitian yang berjudul
 “Implementasi Metode Eliminasi Gauss-Jordan Pada Penyelesaian Soal Katrol Tetap
 Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika” oleh mahasiswa:

Nama : Nana Dwi Dharma
 NIP : 180210102091
 Program Studi : Pendidikan Fisika
 Instansi : Universitas Jember

Telah ditelaah dan dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar dalam
 penelitian yang bersangkutan. Demikian surat persetujuan ini dibuat agar dapat
 digunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 10 Juni 2025

Penilai Ahli Materi

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., M.C.E
 NIP. 196807101993021001