

ANALISIS KESALAHAN KONSEP MATEMATIKA PADA MAHASISWA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA (STUDI KASUS PADA MATERI KINEMATIKA DENGAN ANALISIS VEKTOR)

Muhammad Fachrurrozy¹, Muslimin dan Sahrul Saehana²

my_cara@ymail.com

¹*Mahasiswa Program Studi Magister Pendidikan Sains Pascasarjana Universitas Tadulako*

²*Dosen Program Studi Magister Pendidikan Sains Pascasarjana Universitas Tadulako*

Abstract

Mathematics errors give great effects in physics problem solving, thus the using of mathematics in physics is indispensable because both of them are structured knowledge. The objective of this research is to describe mathematics concepts errors of undergraduate students of Physics education study program on kinematics concepts using vector analysis. Data were gained from students' answer sheets and Thinking-Aloud recording. The errors of mathematic concepts and procedures were analysed using Kastolan, then elaborated how students use mathematics in physics problem solving. This research was conducted at Teacher Training and Education Faculty of Tadulako University and research' subjects were 5 undergraduate students of Physics education study program which were chosen by purposive sampling methods based on their basic physics subject mark. The results show that mathematics has crucial role for students in physics problem solving. Percentage of students' mathematics errors in integral concepts is 50%, differential concepts is 20%, distributive of mathematics is 20%, whereas mathematics procedures errors embody 50% of integral operation errors, 20% of differential errors, 80% of exponent differential errors and trigonometry, 60% of fraction operation and 20% of calculation operation. These results indicate the lack of respondents' mathematics concepts understanding specially in exponent differential and trigonometry concepts and enact the unit vectors.

Keywords: *analysis, mathematics concepts errors, vector analysis of kinematics.*

Fisika dan matematika merupakan pembelajaran yang terstruktur, membutuhkan pengetahuan sebelumnya untuk mengetahui pengetahuan selanjutnya. Uhden and Pospich (2009) mengungkapkan bahwa pada umumnya keluhan guru-guru fisika bahwa sebagian besar siswa tidak memiliki pengetahuan dasar dalam konsep-konsep matematika. Penggunaan matematika dalam fisika jauh lebih rumit. Pada faktanya, meskipun hubungan yang mendalam antara fisika dan matematika. Sebagian besar matematika masih dipandang sebagai alat untuk mengukur hubungan antara matematika dan fisika

Al-Omari and Maqdadi (2014) menyatakan bahwa Ahli matematika dan fisika mengungkapkan hubungan antara

matematika dan fisika semakin memiliki kepentingan yang menonjol. Sifat hubungan ini mengarah kekesalahanpahaman. Misalnya, gagasan bahwa matematika hanyalah alat bantu untuk belajar konsep fisika.

Hasil penelitian Lichtenberger, et al. (2014) dalam memahami kinematika, harus fokus pada pembelajaran matematika konsep. Mentransfer konsep-konsep matematika untuk fisika dan menerapkan dalam konteks yang berbeda disarankan untuk lebih mudah bagi siswa dari pada belajar fisika konsep tanpa pondasi matematika.

Berdasarkan penelitian Erdogan, et al. (2014) telah mendeskripsikan pengaruh kesalahanpahaman matematika pada keberhasilan siswa dalam mengajarkan kinematika. Dalam hal ini diungkapkan beberapa fakta tentang

kesalahan penggunaan matematika yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan mengajarkan kinematika.

Schneider and Stern (2010) menunjukkan pengetahuan konseptual mahasiswa merupakan sumber dari pengetahuannya mengenai cara/prosedur, tetapi bukan sebaliknya. Kemudian konsistensi antara kedua pengetahuan menunjukkan bahwa berlawanan dengan pengetahuan prosedur, pengetahuan konseptual memiliki konsistensi internal yang lebih tinggi.

Mahasiswa pendidikan fisika yang merupakan calon guru ke depan diharapkan memiliki kemampuan matematika dan penguasaan konsep fisika yang baik. Pada kenyataannya tidak semua mahasiswa menguasai konsep matematika. Hal itu terbukti ketika pembuatan laporan fisika masih ada kesalahan dalam perhitungan maupun dalam diferensial dan pengintegraan sebuah fungsi persamaan. Hal ini menunjukkan bahwa masih kurang mampunya mengenai konsep matematika mahasiswa fisika.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kesalahan konsep matematika dalam pemahaman kinematika dengan analisis vektor pada mahasiswa pendidikan fisika. Analisis ini dibutuhkan agar mengetahui kesalahan konsep matematika mahasiswa dalam penyelesaian soal-soal fisika dan menjadikan refrensi perbaikan bagi calon guru fisika ke depan sehingga mengurangi kesalahan konsep matematika dari guru ke murid-muridnya.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan dari uraian di atas, peneliti termotivasi untuk melakukan penelitian tentang analisis kesalahan konsep matematika dalam pemahaman kinematika analisis vektor pada mahasiswa pendidikan fisika yang merupakan faktor utama dalam keberhasilan mahasiswa dalam memahami konsep fisika dan konsep matematika dalam pembelajaran kinematika.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dimana semua data dikumpulkan berdasarkan fakta-fakta yang diperoleh di lapangan. Penelitian deskriptif-kualitatif lebih melihat ke arah karakteristik, kualitas dan hubungan antar aktivitas. Seperti yang diungkapkan oleh Sukmadinata (2010) bahwa penelitian deskriptif adalah penelitian yang tidak memberikan tindakan, manipulasi, atau membuat sebuah perubahan kepada variabel bebas, tetapi mendeskripsikan keadaan yang sebenarnya.

Data yang dianalisis berupa lembar jawaban essay sebanyak 4 nomor yang merupakan acuan untuk menganalisis kesalahan konsep matematika mahasiswa terhadap pemahaman konsep kinematika dengan analisis vektor dan rekaman yang berisi *thinking aloud* mahasiswa saat menyelesaikan soal.

Analisa data dalam penelitian ini dilakukan selama dan setelah pengumpulan data. Adapun tahap-tahap kegiatan analisis data kualitatif menurut Miles dan Hurbeman dalam Sugiyono (2011) adalah (1) mereduksi data, (2) menyajikan data, dan (3) penarikan kesimpulan dan verifikasi.

Responden pada penelitian ini terdapat 5 mahasiswa pendidikan fisika yang semua memperoleh nilai Fisika dasar A dan B. Pemilihan responden ini menggunakan teknik *purposive sampling*, pengambilan sample sumber data dengan pertimbangan tertentu. Pertimbangannya adalah mahasiswa yang memiliki predikat nilai A dan B peneliti juga memperhitungkan kemampuan argumen dan sikap komunikatif dalam *thinking aloud* serta memanalisir kesalahan yang sama, sehingga pemilihan ini dapat mendapatkan data yang sesuai. Berikut responden berdasarkan nilai fisika dasar yang dimiliki sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1 Responden Berdasarkan Nilai Fisika Dasar

No	Responden	Nilai Fisika Dasar
1	R1	A
2	R2	A
3	R3	B
4	R4	A
5	R5	A

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kesalahan Konseptual dan Prosedural Matematika

(1) Soal Nomor 1

Sebuah partikel bermuatan listrik mulanya bergerak lurus dengan kecepatan 100 m s^{-1} . Karena pengaruh gaya listrik, partikel mengalami percepatan yang dinyatakan dengan persamaan $a = (2 + 10t) \text{ m s}^{-2}$ (t adalah waktu lamanya gaya listrik bekerja). Kecepatan partikel setelah gaya bekerja selama 4 sekon adalah ...

Diketahui : $v_0 = 100 \text{ m/s}$
 $a = 2 + 10t \text{ m/s}^2$

Ditanyakan : $v_{\text{sekarang}} = \dots?$ Selama 4 s.

Penyelesaian :

$$a = 2 + 10t$$

$$v = \int 2 + 10t \, dt$$

$$= 2t + \int 10t \, dt$$

$$= 2t + 5t^2 + C$$

$$\rightarrow \text{Pers. Kecepatan. Setelah Saya bekerja.}$$

$$v = t = 4 \text{ s.}$$

$$v = 2 \cdot 4 + 5 \cdot (4)^2$$

$$= 160 \text{ m/s.}$$

Gambar 1. Kesalahan Pemahaman Integral Pada R1

Penggalan transkip Responden 1 sebagai berikut :

R_{11TA2} : pada saat saya mengintegral disini persamaan $(2 + 10t) dt$. Saya menganggap bahwa yang memiliki variabel t saja yang diintegral sehingga hanya $10t$ saja yang saya integral. Sedangkan konstanta 2 saya tidak integral.

Berikut kesalahanan pemahaman integral yang dilakukan Responden R3 dalam menyelesaikan soal nomor 1 terlihat pada Gambar 2 sebagai berikut.

Diketahui : $v = 100 \text{ m/s}^{-1}$
 $a = (2 + 10t) \text{ m/s}^{-2}$

Ditanyakan : $v_{\text{sekarang}} = \dots?$

Penyelesaian : $v = s \cdot t$

$$= s \cdot$$

$$v = \int a dt$$

$$= \int a dt$$

$$= \int (2 + 10t) \text{ m/s}^{-2} dt$$

$$= (2 + 10t) \frac{1}{n+1} \Big|_{n+1}$$

$$= (2 + 10t)^2 \text{ m/s}^{-2}$$

$$v = 2 (2 + 10t)^2 \text{ m/s}^{-2}$$

Gambar 2. Kesalahan Pemahaman Integral Pada R3₁

Penggalan transkip R3₁ sebagai berikut :

R_{31TA3} : Integral itu $n + 1 X^{n+1}$ kak jadi penyelesaian ini $v = 2 (2+10t)^2 \{ \dots \}$ saya tidak bisa selesaikan soal ini kesulitan saya disini diketahui kecepatan i dan ditanya kecepatan juga dan proses integral saya masih kurang prosesnya diapakan lagi kak

(2) Soal Nomor 2

Kedudukan sebuah benda titik yang bergerak dalam bidang datar dinyatakan dengan persamaan: $\mathbf{r} = (5t^3 - 2t^2) \mathbf{i} + 6t \mathbf{j}$, dengan ketentuan r dalam meter dan t dalam sekon. Besar percepatan benda pada saat $t = 2$ sekon adalah...

Diketahui : $r = (5t^3 - 2t^2)i + 6t^3 j$

Ditanyakan : $\frac{dv}{dt} = \dots ?$ | $v = \frac{dr}{dt}$

Penyelesaian : $r = (5t^3 - 2t^2)i + 6t^3 j$
 $\frac{dr}{dt} = n-1 \times t^{n-1}$
 ~~$\rightarrow 2.5t^2 = 10t^2$~~
 $\rightarrow 2t^2$

Gambar 3. Kesalahan Pemahaman diferensial R3₂

Penggalan transkip R3₂ sebagai berikut :

R3_{2TA4} : iya bahwa $X^n = n - 1 X^{n-1}$ itu adalah rumus diferensial yang saya pahami, (...) (mencoba meneruskan persamaan menggunakan persamaan $v = dr/dt = n - 1 X^{n-1}$) (...) saya bingung kak kalo ada vektor i dan j saya tidak paham lagi mau diapakan.

(3) Soal Nomor 3

Sebuah bola mula-mula diam kemudian bergerak lurus ke depan akibat lemparan yang dilakukan oleh seorang pemain softball. Lemparan tersebut membentuk persamaan kecepatan bola $v = (4i + (2t + 2\frac{1}{3})j) \text{ m s}^{-1}$ Tentukan posisi bola pada saat $t = 3 \text{ s}$.

Diketahui : $v = (4i + (2t + 2\frac{1}{3})j) \text{ m s}^{-1}$

Ditanyakan : $r = \dots ?$ pada saat 3 s

Penyelesaian : $v = (4i + (2t + 2\frac{1}{3})j) \text{ m s}^{-1}$
 $v = \int (4i + (2t + 2\frac{1}{3})j) dt$
 $= 4i + \frac{2}{3}t^2 + C$
 $= 4i + \frac{2}{3}j (t^2 + 3)$
 $\rightarrow 4i + \frac{2}{3}j (3^2 + 3) + C$ Pers. Posisi
 $v = 4i + 6j$
 $v = 4(3)^2 i + \frac{2}{3}(3)^2 j$
 $= 36i + 6j$
 $|r| = \sqrt{36^2 + 6^2}$
 $= \sqrt{1296 + 36}$
 $= \sqrt{1332} \text{ m}$

Gambar 4. Kesalahan Konseptual dan Prosedural R1₃

Penggalan transkip R1₃ sebagai berikut :

R1_{3TA2} : dalam pengintegralan itu konstanta yang tidak memiliki variabel t saya taruh didapan integral dan tidak diintegralkan yang diintegralkan itu hanya $2t dt$ saja. Dan saya dapat $\int 2t dt = t^2 + C$ Sehingga saya dapatkan fungsi posisi $r = 4t^2 i + \frac{2}{3}t^2 j + C$.

Berikut hasil yang sama diperlihatkan oleh responden R3 dalam menyelesaikan soal nomor 3, kesalahan- kesalahan tersebut terlihat pada Gambar 6 sebagai berikut

Diketahui : $v = (4i + (2t + 2\frac{1}{3})j) \text{ m s}^{-1}$

Ditanyakan : Posisi bola $t = 3 \text{ s} \dots ?$

Penyelesaian : $\int (4i + (2t + 2\frac{1}{3})j) dt$
Rumus $\int = n+1 \times t^{n+1}$
 $v = 4i + 2t + \left(\frac{2}{1} \cdot \frac{1}{3}\right) \rightarrow \frac{2}{1} \cdot \frac{3}{1}$
 $= 4i + 2t + 2 \cdot 3$
 $= 4i + 2t + 6j$

Gambar 5 Kesalahan Konseptual dan Prosedural pada R3₃

Penggalan transkip R3₃ sebagai berikut :

R3_{3TA3} : Rumus integral $\int ax^n dx = na X^{n+1}$ disini yang diintegralkan apa Semua ? (...) (...) saya tidak paham saya integralkan $v = (4i + (2t + 2\frac{1}{3})j)$

R3_{3TA4} : (...) disini $2\frac{1}{3}$ kita ubah kedalam bilangan pecahan biasa pertama kita samakan penyebutnya menjadi $\frac{2}{1} \times \frac{3}{1}$ sehingga menjadi 2 dikali 3. Ini pemahaman saya kak

(4) Soal Nomor 4

Sebuah partikel bergerak pada lengkung C, yang mempunyai persamaan parameter $x = e^{-2t}$, $y = 2 \cos 3t$ dan $z = 2 \sin 3t$, dengan t

dalam sekon. . i, j dan k masing-masing adalah vektor satuan arah sumbu xyz. Tentukan besar vektor kecepatan benda tersebut pada saat $t = 0$

Diketahui : Posisi : $x = e^{-2t}$, $y = 2 \cos 3t$
 $z = 2 \sin 3t$

Ditanyakan : $\vec{v} = \dots ?$

Penyelesaian :

Besar Vektor kecepatan pada sumbu $-x$.
 $x = e^{-2t}$
 $x' =$

Besar Vektor kec. pd sumbu $-y$.
 $x = 2 \cos(3t)$
 $y' = 2 - 6 \sin 3t + 3$
 $= 6 - 6 \sin t$
 $= -6 \sin t$

Gambar 6. Kesalahan Konseptual dan Prosedural pada R1₄

Penggalan transkip R1₄ sebagai berikut :

R1_{4TA3} : {..} yah untuk besar vektor pada sumbu y $y = 2 \cos 3t$ sehingga $y' = 2$ turunan cos itu $-6 \sin 3t$ dan turunan 3t yaitu 3 sehingga hasilnya menjadi $y = -6 \sin t$. disini 3t sudah diturunkan menjadi 3 dan sisa t.

Berikut hasil yang sama diperlihatkan oleh responden R3 dalam menyelesaikan soal nomor 4, kesalahan- kelasalah tersebut terlihat pada Gambar 8

Jawaban :

Diketahui : $x = e^{-2t}$ $\Rightarrow x' = -2t e^{-2t}$
 $y = 2 \cos 3t$ $\Rightarrow y' = \cancel{2} \cancel{\sin 3t}$

Ditanyakan : $z = 2 \sin 1t$ $\Rightarrow z' = \cos 1t$

Penyelesaian : $\vec{v} = \dots ?$ $\vec{v} = \vec{x} + \vec{y} + \vec{z}$

$\vec{r} = x_i + y_j + z_k$
 $= (-2t e^{-2t-1})_i + (\tan 3t)_j + (\cos 1t)_k$

1.

Gambar 7 Kesalahan Konseptual dan Prosedural pada R3₄

1. Hasil Persentase kesalahan Responden

Peresentasi kesalahan responden setiap item soal berguna mengetahui persentase kesalahan-kesalahan analisis data yang digunakan dalam penelitian adalah non statistika atau analisis kualitatif dengan persentase. Sesuai dengan permasalahan yang telah dirumuskan maka peneliti menggunakan konsep matematika mahasiswa dalam menyelesaikan soal kinematika dengan analisis vektor. Persentase kesalahan yang dilakukan responden pada setiap soal. Berikut hasil kesalahan yang dilakukan responden berdasarkan Tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Hasil Persentase kesalahan Konseptual Responden

No	Kesalahan Konseptual	Responden	Banyak	Persentase (%)
1	Konsep Integral	R1 ₁ , R1 ₃ , R2 ₃ , R3 ₁ , R3 ₃	5	50
2	Konsep Diferensial	R3 ₂	1	20
3	Sifat distributif matematika	R3 ₁	1	20

Tabel 3 Hasil Persentase kesalahan Prosedural Responden

NO	Kesalahan Prosedural	Responden	Banyak	Persentase (%)
1	Oprasi integral	R1 ₁ , R1 ₃ , R2 ₃ , R3 ₁ , R3 ₃	5	50
2	Oprasi deferensial	R4 ₁	1	20
3	Oprasi deferensial Eksponen Dan Trigonometri	R3 ₄ ,R1 ₄ ,R5 ₄ ,R2 ₄	4	80
4	Oprasi pecahan	R3 ₃ ,R1 ₃	2	20
5	Oprasi vektor	R3 ₁ ,R3 ₂ ,R3 ₃ ,R3 ₄ , R2 ₁ ,R2 ₂ ,R2 ₃ ,R2 ₄ , R5 ₁ ,R5 ₂ ,R5 ₃ ,R5 ₄	12	60
6	Oprasi perhitungan	R1 ₂ ,R4 ₃ ,	2	20

Pembahasan

Pada soal nomor 1 soal kinematika dengan analisis vektor divariasikan ke dalam konsep listrik statis. Dalam menyelesaikan soal ini dibutuhkan pengetahuan konseptual dan prosedural matematika. Pengertahuan ini terkait kemampuan vektor satuan dan deferensial, namun masih ada kesalahan-kesalahan yang ditemukan. Responden R1₁ mengalami kesalahan konsep integral $v = 2\int 10t dt$ (terlihat pada Gambar 1) yang seharusnya adalah $v = \int(2 + 10t)dt = 2t + 5t^2$. Responden R1₁ memahami cara mengintegralkan dengan baik akan tetapi secara operasi integral R1₁ mengalami kesalahan. $v = 2\int 10t dt$ (terlihat pada Gambar 1) yang seharusnya adalah $v = \int(2 + 10t)dt = 2t + 5t^2$. Berdasarkan hasil penggalan transkip *thinking aloud* yang dilakukan terlihat jelas bahwa R3₁ kurang memahami sifat distributif aljabar bahwa $a = 2 + 10t$ menjadi $t = 2(10+2a)$ (terlihat pada Gambar 2) yang seharusnya $t = \frac{(a-2)}{10}$. Pada soal yang sama R3₁ mengalami kesalahan dalam memahami konsep integral menganggap bahwa $f(x) = \int ax dx$ adalah $n+1 X^{n+1}$ (terlihat pada Gambar 2) yang seharusnya $f(x) = \int ax^n dx = \frac{ax^{n+1}}{n+1}$. Kesalahan dalam menyelesaikan soal nomor 1

adalah lemahnya responden tentang konsep integral dan operasi vektor komponen.

Berdasarkan hasil dinyatakan bahwa ada beberapa kesalahan yang dan faktor penyebab kesalahan matematika yang dialami. Adapun beberapa temuan kesalahan responden dari jawaban soal nomor 1 adalah sebagai berikut. Kesalahan konsep matematika pada jawaban nomor 1 adalah pemahaman responden melakukan integral yang kurang tepat dan ketidakpahaman sifat distributif matematika responden serta ketidakpahaman responden memahamai vektor satuan $v = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j}$. Kesalahan prosedural yang dilakukan oleh mahasiswa adalah dalam proses integral yang kurang tepat dan alasan yang tidak tepat, berdasarkan hasil transkip R1₁ “pada saat mengintegral disini persamaan (2 + 10t) dt responden menganggap bahwa yang memiliki variabel t saja yang diintegralkan sehingga hanya 10t saja yang saya integral. Sedangkan konstanta 2 saya tidak integral” berdasarkan hal ini secara konseptual responden tidak mampu melakukan pengintegralan secara tepat dengan alasan bahwa pemahaman responden dalam pengintegralan masih kurang.

Hasil jawaban responden soal nomor 1 menunjukkan bahwa dalam memahami konsep kinematika analisis vektor khususnya dalam indikator menentukan kecepatan sesaat jika fungsi percepatan-waktu diketahui (gerak

pada bidang) membutuhkan prasyarat. Prasyarat tersebut adalah kemampuan mengintegral dan kemampuan analisis vektor satuan dengan baik sehingga karena kesalahan konsep dan operasi integral ini responden tidak mampu memenuhi indikator dalam menyelesaikan soal fisika tersebut.

Soal nomor 2 agar dapat menyelesaikan dengan tepat responden harus menguasai diferensial dan pemahaman dalam vektor satuan namun masih terjadi kesalahan.

Berdasarkan hasil *thinking aloud* ada beberapa temuan kesalahan yang dapat menghambat penyelesaian soal. Adapun temuan kesalahan yang dilakukan oleh responden sebagai berikut. R3₃ menganggap bahwa $v = \frac{dx}{dt} = n - 1 X^{n-1}$ (terlihat pada Gambar 3) yang sebenarnya $v = \frac{dx}{dt} = aX^n = a n x^{n-1}$ dan penyederhanaan akar proses kuadrat dalam operasi vektor yang diinginkan soal yaitu $\sqrt{a^2} = a$. Responden belum memahami prosedur ini sehingga mengalami kesalahan dalam bermatematika.

Faktor penyebab kesalahan yang dilakukan responden adalah kurangnya Pemahaman operasi vektor percepatan $a = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j}$ yang masih belum dipahami dengan baik. Pengetahuan responden dalam memahami bentuk akar kuadrat yang belum diketahui dengan baik.

Hasil jawaban responden soal nomor 2 menunjukkan bahwa dalam memahami konsep kinematika analisis vektor khususnya dalam menentukan menentukan percepatan dari fungsi kecepatan membutuhkan prasyarat. Prasyarat tersebut adalah kemampuan diferensial dan kemampuan analisis vektor satuan dengan baik sehingga karena kesalahan konsep dan operasi diferensial ini responden tidak mampu memenuhi indikator dalam menyelesaikan soal fisika tersebut.

Soal nomor 3 membutuhkan kemampuan integral dan vektor satuan serta operasi bilangan pecahan campuran yang tepat, namun masih ditemukan kesalahan.

Responden R1₃ tidak memahami integral misal pada $v = \int (4i + (2t + 2\frac{1}{3})\mathbf{j}) dt$ menganggap bahwa variabel yang tidak memiliki variabel "t" itu tidak dintegralkan, sehingga hasil yang diperoleh $r = 4i + \frac{2}{3}\mathbf{j} \int 2t dt$ yang sebenarnya $r = 0 + \int_0^3 4\mathbf{i} + (2t + \frac{7}{3})\mathbf{j} dt$ menjadi $v = [4t\mathbf{i} + (t^2 + \frac{7}{3}t)\mathbf{j}]$ (terlihat pada Gambar 4) akan tetapi responden mengalami kesalahan. Selain itu pula responden mengalami operasi bilangan campuran yang diubah dalam pecahan biasa $2\frac{1}{3}$ menjadi $\frac{2}{3}$ yang seharusnya menjadi $\frac{7}{3}$ dimana proses penyebut dikali bilangan utama dan ditambahkan pembilang. Hal ini tidak dipahami oleh responden R1₃. Kemudian secara prosedur juga mengalami kesalahan responden mengalikan hasil integralnya dengan variabel lain $r = 4i + \frac{2}{3}\mathbf{j} \int 2t dt$ menjadi $r = 4\mathbf{i} + \frac{2}{3}\mathbf{j}(t^2)$. Responden R1₃ melakukan prosedur t^2 dikalikan variabel $4\mathbf{i}$ dan $\frac{2}{3}\mathbf{j}$ menjadi $v = 4t^2\mathbf{i} + \frac{2}{3}t^2\mathbf{j} + C$.

Hasil *thinking aloud* yang dilakukan oleh R3₃, banyak sekali ketidakpahaman konsep dan prosedur matematika. R3₃ tidak memahami konsep integral yang tepat mengatakan bahwa rumus integral $\int ax^n dx = n + 1 n^{n+1}$ (terlihat pada Gambar 5) yang sebenarnya bahwa $\int ax^n dx = \frac{ax^{(n+1)}}{(n+1)}$. Kemudian R3₃ tidak memahami konsep dan prosedur bilangan pecahan R3₃ menganggap bahwa disini $2\frac{1}{3} = \frac{2}{1} \times \frac{3}{1}$ (terlihat pada Gambar 5) yang sebenarnya $2\frac{1}{3} = \frac{7}{3}$. Responden R3₃ pun tidak memahami sifat vektor pada persamaan ini terlihat pada penggalan *thinking aloud* R3_{3TA5} : "... disini 2t tidak memiliki vektor j karena {...} tidak mengapa kak tidak ada pengaruhnya. Jadi ini saja hasilku."

Faktor penyebab kesalahan responden adalah ketidakmampuan responden menyelesaikan rencana dalam penyelesaian soal. kesalahan konsep perhitungan dan prosedur dalam menggunakan matematika yang tepat yang menjadi penyebab kesalahan yang dilakukan oleh responden.

Hasil jawaban responden soal nomor 3 menunjukkan bahwa dalam memahami konsep kinematika dengan analisis vektor khususnya dalam indikator menentukan fungsi posisi jika fungsi kecepatan-waktu diketahui. Hal ini membutuhkan kemampuan mengintegral dan kemampuan analisis vektor satuan dengan baik sehingga karena kesalahan konsep dan operasi integral ini responden tidak mampu memenuhi indikator dalam menyelesaikan soal fisika tersebut.

Soal nomor 4 penggunaan diferensial bilangan eksponen dan trigonometri yang harus dikuasi responden namun masih ditemukan pula kesalahan-kesalahan konseptual dan prosedural matematika.

Hasil *thinking aloud* yang dilakukan responden R1₄ sama sekali tidak memahami konsep turunan bilangan eksponen dan trigonometri. Pada bilangan eksponen responden tidak memahami solusi turunan $x = e^{g(t)}$ yang sebenarnya solusinya adalah $x' = g(t)e^{g(t)}$ (terihat pada Gambar 6), begitu pula turunan trigonometri R3 juga kurang memahami $z = 2 \sin 3t$ sebenarnya $z' = 6 \cos 3t$. Hal yang sama juga dilakukan oleh R2₄, R3₄ dan R4₄.

Responden R3₄ memahami bahwa $x = e^{-2t}$ diferensial $x' = -2t e^{-2t-1}$, $y = 2 \cos 3t$ diferensial $y' = \tan 3t$ dan $z = 2 \sin 3t$ diferensial $z' = \cos 3t$, yang sebenarnya adalah $x' = -2 e^{-2t}$, $y' = 6 \sin 3t$ dan $z' = -6 \sin 3t$. (terlihat pada Gambar 7) ketidakpahaman responden R3₄ dalam memahami diferensial trigonometri dan bilangan eksponensial menyebabkan kesalahan konseptual dan prosedural matematika.

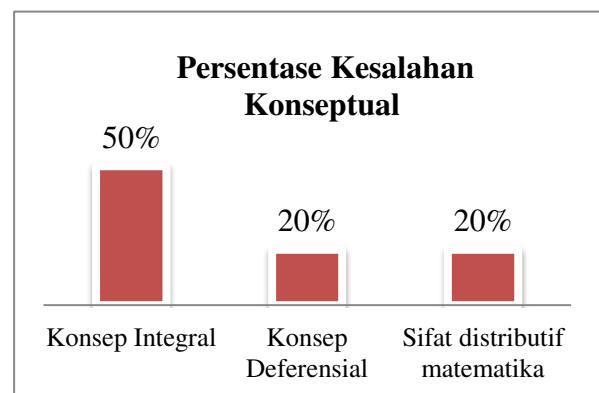
Hasil jawaban responden soal nomor 4 menunjukkan bahwa dalam memahami konsep kinematika analisis vektor khususnya dalam

menentukan fungsi kecepatan sesaat dari fungsi posisi (gerak pada tiga dimensi). Hal ini membutuhkan kemampuan diferensial dan kemampuan analisis vektor satuan dengan baik sehingga karena kesalahan konsep dan operasi diferensial ini responden tidak mampu memenuhi indikator dalam menyelesaikan soal fisika tersebut.

Pemahaman merancang dan menyelesaikan soal dengan tepat mahasiswa dituntut untuk dapat memahami konsep matematika dengan baik dan melakukan prosedur matematis dengan tepat. Akan tetapi masih ada beberapa kesalahan yang dialami mahasiswa dan ini pula menjadi faktor kesalahan yang dialami mahasiswa. Berdasarkan hasil *thinking aloud* kesalahan-kesalahan diakibatkan kurangnya responden memahami soal dengan baik dan tidak biasanya responden menyelesaikan soal-soal kinematika analisis vektor. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya Lichtenberger, *et al.* (2014) menunjukkan bahwa dalam memahami kinematika, harus fokus pertama pada pembelajaran konsep matematika, dan mentransfer untuk fisika.

Berdasarkan pula hasil persentasi kesalahan

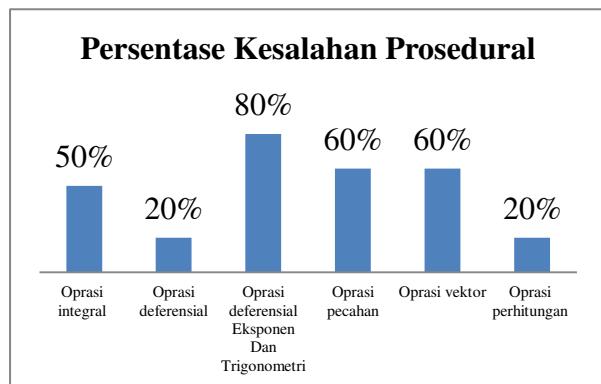
konseptual dan prosedural matematika, kesalahan konseptual berupa kesalahan konsep integral, deferensial, dan sifat distributif matematika. hasil ini terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram Persentase Kesalahan Konseptual Matematika

Hasil ini menunjukkan bahwa konsep integral yang dimiliki responden masih belum maksimal, hal ini disebabkan beberapa hal yaitu ketidakbiasaan responden menyelesaikan soal dengan pengintegralan dan pemahaman integral responden masih kurang pula.

Hasil yang sama pada persentase kesalahan prosedural matematika yang dialami oleh responden antara lain kesalahan operasi integral, diferensial, diferensial bilangan eksponen dan trigonometri, operasi bilangan pecahan, operasi vektor, dan operasi perhitungan. Hasil ini terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Diagram Persentase Kesalahan Prosedural Matematika

Berdasarkan Gambar 9 kesalahan prosedural matematika dengan persentase terbesar yaitu pada operasi diferensial bilangan eksponen dan trigonometri sebesar 80%, operasi bilangan pecahan 60% dan operasi vektor 60%. Hal ini menunjukkan lemahnya responden dalam menentukan besar vektor satuan dan diferensial dalam bilangan eksponen dan trigonometri. Hasil ini pula menuju pada penelitian Ataide *and* Greca (2013) studi ini menunjukkan bahwa mahasiswa pada umumnya telah gagal untuk mencerminkan sepenuhnya konsep ilmiah. Meskipun mereka mungkin telah belajar tentang konsep-konsep ini seluruh pendidikan sekolah menengah formal dan tampaknya memiliki sedikit kesulitan menerapkan notasi dan prosedur matematika. Kegagalan ini

sudah diketahui dari observasi, wawancara, dan tanggapan mahasiswa untuk kegiatan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Berdasarkan hasil persentase banyaknya kesalahan-kesalahan yang dilakukan responden adalah kesalahan konseptual matematika meliputi konsep integral sebesar 50%, konsep diferensial sebesar 20%, sifat distributif matematika sebesar 20%, sedangkan pada kesalahan prosedural matematika meliputi kesalahan operasi integral sebesar 50% operasi diferensial sebesar 20%, operasi diferensial eksponen dan trigonometri sebesar 80 %, operasi pecahan sebesar 60%, operasi vektor sebesar 60% dan operasi perhitungan sebesar 20%. Hasil ini menunjukkan kurangnya pemahaman konsep matematika responden khususnya pada diferensial eksponen dan trigonometri serta menentukan operasi vektor satuan.

Rekomendasi

Pada pembelajaran fisika khususnya materi kinematika analisis vektor, pendidik diharapkan dapat menjelaskan konsep fisika tidak hanya berfokus dalam bentuk-bentuk soal yang mendiskusikan tentang konsep dan fenomena-fenomena fisika, tetapi lebih dari pemberian contoh-contoh soal fisika yang menginginkan penyelesaian secara matematis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berjasa membantu dan menghantarkan penulis dalam merampungkan tugas akhir ini, khususnya kepada seluruh jajaran SMA Karuna Dipa yang telah memberi dukungan dan Pengertian kepada penulis sehingga penyusunan artikel ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Omari, W. and Maqdadi, R. 2014. "The Epistemological Perceptions of the Relationship between Physics and Mathematics and Its Effect on Problem-Solving among Pre-Service Teachers at Yarmouk University in Jordan. College of Education, Yarmouk University, Irbid, Jordan". *International Education Studies*. Volume 7(5): 39-48.
- Ataide, A. R. P. and Greca, I. M. 2013. "Epistemic Views of the Relationship Between Physics and Mathematics: Its Influence on the Approach of Undergraduate Students to Problem Solving". *E-journal Sci & Educ*. 22:1405–1421.
- Erdogan, M., Kurudirek, A. and Akca, H. 2014. The effect of Mathematical Misconception on Student's success in Kinematics Teaching. *Education Journal*. Volume 3(2): 90-94.
- Lichtenberger, A., Vaterlaus, A. and Wagner, C. 2013. Analysis of Student Concept Knowledge in Kinematics. In E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference in Nicosia, Cyprus, Strand 11.
- Schneider, M. and Stern, E. 2010. Conceptual and Procedural Knowledge of a Mathematics Problem Their Measurement. Melalui <<http://www.psych.unito.it/csc/cogsci05/frame/talk/f610-schneider.pdf>> [11/3/2016].
- Sukmadinata. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono, (2011). *Statistik untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Uhden, O. and Pospich, G. 2009. Mathematics in Physics: Analysis of Student's Difficulties. In E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science Learning and Citizenship. European Science Education Research Association. Lyon, France, Strand 3.