

**ANALISIS KESALAHAN MAHASISWA TADRIS MATEMATIKA
DALAM MENYELESAIKAN SOAL PERSAMAAN DIFERENSIAL
BERDASARKAN KRITERIA WATSON**

Heni Lilia Dewi¹

Fatimah Zikra Amalia²

¹Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid, Pekalongan

²Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid, Pekalongan

e-mail: heni.lilia.dewi@uingusdur.ac.id¹; fatimahzikraamalia@gmail.com²

Abstract

Mathematics is an important field of study that is taught at various levels, one of them is college. To become a Bachelor of Mathematics Education, one of students' mathematics skills can be seen in the ability to solve problems. This study aimed to find out the error of Mathematics Education students in solving Differential Equation problems based on Watson's criteria, and find out the factors causing the error to occur. This research is important to do to find out the errors in solving Differential Equation problems and the factors causing the error to occur. The research design and approach of this research was Descriptive Qualitative. Data was obtained through written test instruments, interviews and documentation. The analysis technique used to analyze student error was based on Watson's 8 criteria, while the research data analysis were data reduction, data presentation and drawing conclusion. The results found that the percentage of inappropriate data (28.11%), inappropriate procedure (24.32%), omitted data (27.57%), omitted conclusion (84.86%), response level conflict (2.16%), undirected manipulation (4.86%), skill hierarchy problems (6.49%), and above others (64.32%). The percentage of error that occurred in 37 students from all questions based on Watson's 8 criteria was 30.34%. Factors that cause errors are: (1) internal factors,

students do not fully remember the material being tested, they have not mastered the material tested properly and are not thorough when doing the test; (2) external factors, students do not focus when doing the test, work together with friends, and incomplete notes.

Keywords: *Error Analysis, Cause Factors, Watson Categories, Differential Equations.*

PENDAHULUAN

Matematika diartikan sebagai *mother of knowledge* yang mana menjadi basis atas berbagai ilmu pengetahuan, baik itu secara praktik dan teori-teori atas ilmu pengetahuan.¹ Matematika bukan hanya sekumpulan rumus yang harus dihitung dan dihafal saja, melainkan digunakan untuk membuktikan kebenaran sebuah ide dan memecahkan masalah melalui pemikiran yang masuk akal, terstruktur dan akurat.² Bidang studi matematika penting dan diajarkan di berbagai tingkatan, mulai dari Sekolah Dasar (SD) hingga Perguruan Tinggi (PT).³

Mata kuliah mahasiswa pendidikan matematika memuat mata kuliah wajib universitas dan keprofesian.⁴ Persamaan Diferensial termasuk mata kuliah wajib yang dijalani pada mahasiswa semester 4 di Jurusan Tadris Matematika Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan UIN KH Abdurrahman Wahid Pekalongan. Persamaan Diferensial merupakan suatu persamaan yang menyatakan hubungan suatu fungsi yang dicari dan turunannya, dengan kata lain persamaan yang memuat

¹ Muhammad Daut Siagian, “Kemampuan Koneksi Matematika dalam Pembelajaran Matematika”, *MES: Journal of Mathematics Education and Science*, Volume 2, Nomor 1 (Oktober 2016), 60.

² Keke Febriansari, “Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Matematika Ditinjau dari Gaya Kognitif”, *Skripsi Pendidikan Matematika UIN Sulthan Thaha Saifuddin*, (2019), 2.

³ Kamarullah, “Pendidikan Matematika Di Sekolah Kita”, *Al Khawarizmi: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika*, Volume 3, Nomor 1 (2019), 1.

⁴ Yunika Lestaria Ningsih dan Rohana, “Pemahaman Mahasiswa Terhadap Persamaan Diferensial Biasa Berdasarkan Teori APOS”, *JPPM*, Volume 11, Nomor 1 (2018), 168.

turunan dari $f(x)$.⁵ Fokus utama untuk menentukan solusi dari suatu Persamaan Diferensial.

Keberhasilan pembelajaran tentunya dapat memengaruhi prestasi belajar, faktor-faktor yang dapat mempengaruhi prestasi belajar dalam teori kognitif sosial menurut Bandura dibangun melalui faktor internal dan faktor eksternal peserta didik dalam belajar. Faktor internal dari dalam diri peserta didik seperti rasa kepercayaan diri, kemandirian belajar, motivasi, kemampuan berpikir kreatif dan kritis. Sedangkan faktor eksternal berasal dari luar diri peserta didik, misalnya perhatian orang tua, lingkungan sekolah dan masyarakat.⁶

Mahasiswa Tadris Matematika terlebih dahulu harus mengambil mata kuliah pra-syarat; kalkulus sebelum bisa mengambil mata kuliah Persamaan Diferensial. Pada penyelesaian soal kalkulus, mahasiswa membuat beberapa kesalahan. Kesalahan yang terjadi terletak pada kesalahan konseptual terkait pada penyelesaian soal integrasi fungsi rasional yang mana kesalahan terjadi pada prinsip perhitungan penyebut dan pembilang tidak sesuai dengan aturannya, kesalahan prosedural terkait pada penyelesaian jawaban yang belum tuntas, dan kesalahan teknik terkait pada penulisan yang tidak sesuai dan tidak teliti.

Perkuliahan Persamaan Diferensial di UIN KH Abdurrahman Wahid dilakukan secara *online* sebelum diberlakukan pembelajaran tatap muka. Setelah diberlakukan tatap muka, kegiatan pembelajaran dilakukan dengan membagi mahasiswa menjadi dua rombongan belajar, yang mana dihadiri 50% mahasiswa, dan 50% mahasiswa lainnya hadir pada pertemuan minggu berikutnya. Untuk evaluasi diadakan latihan dan kuis. Saat mengerjakan soal Persamaan Diferensial, mahasiswa rata-rata dalam keadaan fisik dan psikis yang baik. Terkadang, karena padatnya materi yang dipelajari mahasiswa seringkali tiba-tiba pusing, dan kurangnya kesiapan belajar menjadikan

⁵ Nuryadi, *Pengantar Persamaan Diferensial Elementer dan Penerapannya*, Yogyakarta: Penebar Media Pustaka, 2018, 4.

⁶ Ketut Sarjana dkk, "Faktor-Faktor Penentu Keberhasilan Belajar Mahasiswa Pendidikan Matematika di Era New Normal", *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, Volume 7, Nomor 2 (Juni 2022), 309-310.

mereka gugup saat mengerjakan latihan dan kuis. Kondisi ruangan juga berpengaruh pada konsentrasi mahasiswa, seperti saat diadakan kuis atau ulangan, seringkali tidak kondusif, suhu ruangan panas dikarenakan jumlah mahasiswa yang banyak. Melihat dari kondisi saat pembelajaran, kemungkinan kesalahan dalam menyelesaikan soal Persamaan Diferensial dapat dialami mahasiswa.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian terkait analisis kesalahan mahasiswa Tadris Matematika dalam menyelesaikan soal Persamaan Diferensial berdasarkan kriteria Watson. Penggunaan pedoman 8 kriteria kesalahan Watson karena lebih spesifik dan jelas untuk menganalisis soal Persamaan Diferensial. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kesalahan-kesalahan yang dilakukan oleh mahasiswa Tadris Matematika dalam menyelesaikan Persamaan Diferensial berpedoman pada kriteria Watson, serta mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya kesalahan tersebut. Materi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Persamaan Diferensial Homogen Linier Orde Kedua dengan Koefisien-koefisien Konstan. Alasannya karena pada materi ini diperlukan ketelitian yang cukup ketat, langkah-langkah penyelesaian yang cukup kompleks dengan menggunakan beberapa konsep matematika guna memperoleh solusi dari beberapa kasus yang diberikan pada soal.

METODE

Jenis dan pendekatan yang dipakai dalam penelitian ini yaitu kualitatif deskriptif. Menurut Bogdan dan Taylor (1972), metode kualitatif merupakan pendekatan penelitian yang menghasilkan informasi dalam bentuk deskriptif berupa lisan, tertulis dan tingkah laku yang diamati dari subjek⁷. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2022 berlokasi di kampus 2 UIN KH Abdurrahman Wahid Pekalongan yang terletak di Jl. Pahlawan Km. 5 Rowolaku Kajen Kabupaten Pekalongan.

⁷ Rulam Ahmadi, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Yogyakarta: Ar-Ruzz Media, 2016, 14-15.

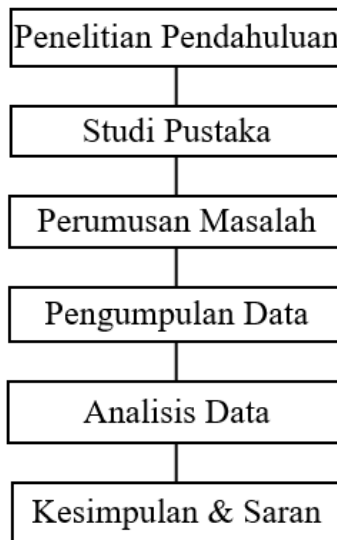
Pada penelitian kualitatif, subjek yang digunakan tidak untuk mewakili populasi, tetapi siapa saja diantara mereka yang paling terlibat dalam kejadian dan memiliki informasi penting yang diperlukan dalam penelitian.⁸ Teknik pemilihan subjek penelitian menggunakan *purposive sampling*, dengan subjek penelitian yaitu satu kelas mahasiswa jurusan Tadris Matematika semester 4 tahun akademik 2021/2022 Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan. Pengumpulan data dalam penelitian ini berupa tes tertulis, wawancara dan dokumentasi. Tes tertulis berupa esai dengan jumlah lima butir soal dengan tingkat kesulitan yang berbeda-beda dan juga skor yang disesuaikan dengan tingkat kesulitannya, instrumen tes tertulis dilakukan validitas kepada tiga dosen matematika terkait validitas isi, dimana pengukuran dilakukan dari segi kesesuaian butir soal, kisi-kisi dengan rencana pembelajaran yang telah ditetapkan, kunci jawaban, pedoman penskoran, serta dari segi bahasa yang digunakan. Hasil validasi instrumen diperoleh layak dapat digunakan dengan revisi. Pengumpulan melalui wawancara dilakukan secara tidak terstruktur kepada enam mahasiswa yang mengalami kesalahan paling banyak dan mewakili 8 kesalahan kriteria Watson yang meliputi (a) data tidak tepat, (b) prosedur tidak tepat, (c) data hilang, (d) kesimpulan hilang, (e) konflik level respon, (f) manipulasi tidak langsung, (g) masalah hierarki keterampilan, dan (h) selain 7 kategori kesalahan.⁹ Dokumentasi digunakan sebagai data pendukung, berupa foto yang berkaitan dengan kegiatan kelas dan wawancara.

Analisis data dalam penelitian ini mengikuti teori Miles dan Huberman, yang membagi analisis data kualitatif menjadi tiga alur kegiatan yang berjalan secara bersamaan, antara lain: (a) reduksi data, (b) penyajian data, dan (c) penarikan kesimpulan dan verifikasi. Sedangkan analisis kesalahan mahasiswa Tadris Matematika dalam

⁸ Rulam Ahmadi, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Yogyakarta: Ar-Ruzz Media, 2016, 83.

⁹ Kurniya Ayu Winarsih, Titik Sugiarti dan Khutobah, “Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Kategori Kesalahan Menurut Watson dalam Menyelesaikan Permasalahan Pengolahan Data Siswa Kelas VI SDN Baletbaru 02 Sukowono Jember Tahun Pelajaran 2014/2015”, *Skripsi Pendidikan Matematika*, (2015), 13.

menyelesaikan soal Persamaan Diferensial berpedoman pada 8 kriteria kesalahan Watson.



Gambar 2. Alur Penelitian

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dari tes tertulis yang telah diberikan kepada 37 mahasiswa Tadris Matematika yang hadir dengan alokasi waktu selama 1 jam 30 menit, dan kegiatan wawancara kepada 6 mahasiswa dianggap mewakili kesalahan dari 8 kriteria Watson dan bersedia untuk diwawancara. Berikut penjelasannya.

1. Letak Kesalahan Mahasiswa

Kesalahan yang dilakukan 37 mahasiswa Tadris Matematika dalam menyelesaikan soal Persamaan Diferensial berdasarkan kriteria Watson akan disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jumlah Kesalahan 37 Mahasiswa Berdasarkan Kriteria Watson

Kriteria Kesalahan Watson	Nomor Soal					Total	P_i
	1	2	3	4	5		
a	6	3	12	2	29	52	28,11%
b	1	2	5	2	35	45	24,32%
c	14	17	5	15	-	51	27,57%

d	25	26	35	35	36	157	84,86%
e	-	-	-	-	4	4	2,16%
f	-	-	4	4	1	9	4,86%
g	-	2	10	-	-	12	6,49%
h	23	35	29	26	6	119	64,32%
Total	69	85	100	84	111	449	30,34%

Keterangan:

a = data tidak tepat

e = konflik level respon

b = prosedur tidak tepat

f = manipulasi tidak langsung

c = data hilang

g = masalah hierarki keterampilan

d = kesimpulan hilang

h = selain 7 kategori kesalahan

Perhitungan persentase kesalahan pada setiap kategori:

$$P_i = \frac{x_i}{\sum x} \times 100\%$$

Perhitungan total kesalahan yang mungkin dilakukan mahasiswa pada setiap kategori:

$$\sum x = \sum \text{soal} \times \sum \text{mahasiswa} = 5 \times 37 = 185$$

Perhitungan persentase kesalahan total:

$$P_n = \frac{\sum x_i}{\sum x_n} \times 100\%$$

Berdasarkan tabel 1 terkait jumlah kesalahan yang terjadi pada 37 mahasiswa Tadris Matematika dalam menyelesaikan soal Persamaan Diferensial, analisis dilakukan secara keseluruhan jawaban butir soal. Kesalahan yang ditemukan berdasarkan rata-rata kesalahan yang paling dominan dan sering ditemui. Berikut penjelasan hasil analisis jawaban mahasiswa dalam menyelesaikan soal persamaan diferensial berdasarkan kriteria Watson.

Data Tidak Tepat (*inappropriate data*)

Kategori kesalahan Watson yang pertama yaitu data tidak tepat. Indikatornya meliputi: (a.1) rumus yang digunakan tidak benar, (a.2) data yang dipakai tidak sesuai, (a.3) kesalahan ketika substitusi data pada variabel.¹⁰ Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tes tertulis materi persamaan diferensial orde kedua

¹⁰ Kurniya Ayu Winarsih, Titik Sugiarti dan Khutobah, "Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Kategori Kesalahan Menurut Watson dalam Menyelesaikan Permasalahan Pengolahan Data Siswa Kelas VI SDN Baletbaru 02 Sukowono Jember Tahun Pelajaran 2014/2015", *Skripsi Pendidikan Matematika*, (2015), 13.

linier homogen dengan koefisien-koefisien konstan, ditemukan beberapa kesalahan terkait data tidak tepat.

Persamaan karakteristik:
 $r^2 - 12r + 36 = 0$; $a = 1, b = -12, c = 36$
 Akar persamaan:

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-(-12) \pm \sqrt{(-12)^2 - 4 \cdot 1 \cdot 36}}{2 \cdot 1}$$

$$= \frac{12 \pm \sqrt{144 - 144}}{2}$$

$$= 72 \pm 6i$$
 (i)

$r^2 - 12r + 36 = 0$
 $(r - 6)(r - 6) = 0$ (ii)
 $r = 6$ $r = 6$
 $y_h = c_1 e^{6x} + c_2 e^{6x}$

Gambar 2. Jawaban Data Tidak Tepat (a.1)

Gambar 2 (i) menunjukkan kesalahan jawaban pada langkah kedua saat mencari akar-akar dari persamaan dengan rumus abc yang belum tepat, seharusnya $r_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$. Sedangkan gambar 2 (ii) menunjukkan kesalahan pada langkah ketiga saat menggunakan rumus solusi umum kasus akar kembar masih salah, mengingat kasus akar kembar seharusnya variabel x hanya satu dan terletak sebelum $e^{r_2 x} \rightarrow y_h = c_1 e^{6x} + c_2 x e^{6x}$.

B. $\frac{d^2 y}{dx^2} + 4y = 0$ (a.2)
 penyelesaian:
 $y'' + 7y = 0$
 $r^2 + 7r = 0$

$-D^2 r^2 + 1 = 0$
 $-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}$
 $= \frac{0 \pm \sqrt{0^2 - 4 \cdot 1 \cdot 1}}{2}$ (a.3)
 $= \pm \sqrt{-4}$
 $= \pm 2i$
 $y = c_1 e^{1x} + c_2 e^{-1x} \sin x$

Gambar 3. Jawaban Data Tidak Tepat (a.2) & (a.3)

Gambar 3 (a.2) menunjukkan kesalahan pada langkah awal saat memasukkan data awal yang berbeda dari soal yang diberikan. jawaban ditulis kembali dengan data yang tidak sesuai $y'' + 7y = 0$. Selain itu, gambar 3 (a.3) ditemukan kesalahan pada langkah ketiga saat substitusi nilai (a, b) pada solusi umum kasus akar imajiner, dituliskan bahwa nilai $a = 1$ dan -1 , seharusnya $a = 0$ yang didapat dari proses mencari akarnya ($0 \pm 1i$). Secara keseluruhan jumlah soal, kesalahan data tidak tepat yang ditemukan yaitu sebanyak 52 kesalahan pada tiga indikator dalam data tidak tepat dengan persentase sebesar 28,11%.

Prosedur Tidak Tepat (*inappropriate procedure*)

Kategori kesalahan Watson yang kedua yaitu prosedur tidak tepat, indikatornya meliputi: (b.1) cara yang digunakan dalam penyelesaian tidak tepat, (b.2) langkah penyelesaian tidak sesuai atau tidak dituliskan, (b.3) salah dalam memberi tanda (+, -, x, :)¹¹. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tes tertulis materi persamaan diferensial orde kedua linier homogen dengan koefisien-koefisien konstan, ditemukan beberapa kesalahan terkait prosedur tidak tepat.

2.) $\frac{d^2u}{dx^2} + 2\frac{du}{dx} - 3u = 0$

$\Rightarrow u'' + 2u - 3 = 0$ (b.1)
 $(u+3)(u-1)$
 $r = -3 \vee r = 1$
 Solusi: $y = C_1 e^{3x} + C_2 e^x$

$y'' + y = 0$ (b.2)
 $= \frac{-b \pm \sqrt{(-b)^2 - 4ac}}{2a}$

$\frac{d^2y}{dx^2} - 12\frac{dy}{dx} + 36y = 0$
 $y'' - 12y' + 36y = 0$ (b.3)
 • Persamaan karakteristik
 $r^2 - 12r - 36 = 0$

Gambar 4. Kesalahan Prosedur Tidak Tepat (b.1), (b.2) & (b.3)

Gambar 4 (b.1) langkah pertama saat mengubah persamaan diferensial ke persamaan karakteristik belum benar, maksud dari jawaban sudah mengubah ke persamaan karakteristik, namun penulisan variabel mengarah pada persamaan diferensial bukan pada persamaan karakteristik, tentunya hal ini menjadikan salah penafsiran bagi pembaca ataupun pengoreksi, $\frac{d^2u}{dx^2} + 2\frac{du}{dx} - 3u = 0$ dirubah ke persamaan karakteristik menjadi $r^2 + 2r - 3 = 0$, apabila dengan variabel u maka menjadi $u^2 + 2u - 3 = 0$. Selanjutnya gambar 4 (b.2) menunjukkan bahwa langkah pertama (mengubah ke persamaan karakteristik) tidak dituliskan, setelah merubah ke bentuk lain dari $\frac{d^2y}{dx^2} + y = 0 \rightarrow y'' + y = 0$ tidak diubah ke persamaan karakteristik dan langsung pada langkah berikutnya.

Selain itu kesalahan prosedur tidak tepat ditemukan juga pada gambar 4 (b.3), pada langkah pertama yaitu mengubah

¹¹ Rifan Ayarsha, "Analisis Kesalahan Siswa dalam Mengerjakan Soal Matematika Berdasarkan Kriteria Watson", *Skripsi Pendidikan Matematika*, (2016), 12.

persamaan diferensial ke persamaan karakteristik masih ditemukan kesalahan penulisan tanda operasi (+) ditulis menjadi (-). Secara keseluruhan jumlah soal, kesalahan data tidak tepat yang ditemukan yaitu sebanyak 45 kesalahan pada tiga indikator dalam prosedur tidak tepat dengan persentase sebesar 24,32%.

Data Hilang (*omitted data*)

Kategori kesalahan Watson yang ketiga yaitu data hilang, indikator data hilang meliputi: (c.1) kurang lengkap dalam memasukkan data.¹² Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tes tertulis materi persamaan diferensial orde kedua linier homogen dengan koefisien-koefisien konstan, ditemukan beberapa kesalahan terkait data hilang.

The image shows two parts of a handwritten solution. Part (i) shows the differential equation $\frac{d^2y}{dx^2} - 12 \frac{dy}{dx} + 36y = 0$ and the characteristic equation $r^2 - 12r + 36 = 0$. Part (ii) shows the quadratic formula $r = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ being applied, with $a=1$, $b=-12$, and $c=36$ substituted, resulting in $r = \frac{12 \pm \sqrt{144 - 144}}{2}$.

Gambar 5. Jawaban Data Hilang (c.1)

Gambar 5 (i) jawaban pada langkah pertama persamaan karakteristik masih belum lengkap, terdapat data dari persamaan tersebut yang hilang yaitu (= 0). Apabila tidak dituliskan = 0, maka tidak dapat mencari akar nilai dari r_1 dan r_2 . Kesalahan data hilang lainnya yaitu gambar 4 (ii) yang terletak pada langkah kedua saat menentukan akar-akar dari persamaan karakteristik masih belum lengkap, terdapat data dari persamaan yang hilang yaitu \pm , apabila tidak dituliskan maka dapat menimbulkan kesalahan selanjutnya. Kategori kesalahan data hilang secara keseluruhan soal, ditemukan sebanyak 51 kesalahan pada satu indikator dalam data hilang dengan persentase sebesar 27,57%.

Kesimpulan Hilang (*omitted conclusion*)

Kategori kesalahan Watson yang keempat yaitu kesimpulan hilang, indikatornya meliputi: (d.1) tidak ada kesimpulan jawaban

¹² Nurwahidin, "Analisis Kesalahan Siswa SD Dalam Menyelesaikan Permasalahan Luas Gabungan Bangun Datar Berdasarkan Watson's Error Category", *Journal on Education*, Volume 3, Nomor 4 (Juli 2021), 308-319.

akhir dari data yang diperoleh, (d.2) kesimpulan jawaban akhir belum benar atau salah.¹³ Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tes tertulis materi persamaan diferensial orde kedua linier homogen dengan koefisien-koefisien konstan, ditemukan beberapa kesalahan terkait kesimpulan hilang.

(d.1)

$$1. \frac{dy}{dx} - y = 0$$

$$-D^2 y + y = 0$$

$$-D^2 y + 1 \cdot y = 0$$

$$D = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{0 \pm \sqrt{0^2 - 4(1)(1)}}{2(1)}$$

$$= \frac{0 \pm \sqrt{-4}}{2}$$

$$= \frac{0 \pm 2i}{2}$$

$$= \pm i$$

$$y = C_1 e^{ix} + C_2 e^{-ix}$$

$$= C_1 \cos x + C_2 \sin x$$

(d.2)

Jadi solusi umum :

$$y = C_1 \cos x + C_2 \sin x$$

$$y' = -C_1 \sin x + C_2 \cos x$$

Dan solusi khusus :

$$y = C_1 \cos x + C_2 \sin x - 5 = 0$$

$$y' = -C_1 \sin x + C_2 \cos x - 7 = 0$$

Gambar 6. Jawaban Kesimpulan Hilang (d.1) & (d.2)

Gambar 6 (d.1) menunjukkan mahasiswa tidak membuat kesimpulan akhir jawaban seperti yang diminta pada petunjuk soal. Sedangkan gambar 6 (d.2) menunjukkan bahwa jawaban mahasiswa terdapat kesimpulan akhir, namun masih salah tidak sesuai jawaban yang seharusnya. Kategori kesalahan data hilang secara keseluruhan soal, ditemukan sebanyak 157 jumlah kesalahan pada dua indikator dalam kesimpulan hilang dengan persentase sebesar 84,86%.

Konflik Level Respon (*response level conflict*)

Kategori kesalahan Watson yang kelima yaitu konflik level respon, indikatornya meliputi: (e.1) peserta didik tidak memahami bentuk soal sehingga menunjukkan suatu kompetensi operasi pada level tertentu dan kemudian menurunkan ke operasi yang lebih rendah untuk kesimpulan.¹⁴ Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tes tertulis materi persamaan diferensial orde kedua

¹³ Putri Yulianda, Stepanus Sahala dan Syukran Mursyid, “Deskripsi Kesalahan Siswa Berdasarkan Klasifikasi Watson Dalam Menyelesaikan Soal-Soal Suhu Dan Kalor”, *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa*, Volume 8, Nomor 11 (2019), 4.

¹⁴ Kurniya Ayu Winarsih, Titik Sugiarti dan Khutobah, “Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Kategori Kesalahan Menurut Watson dalam Menyelesaikan Permasalahan Pengolahan Data Siswa Kelas VI SDN Baletbaru 02 Sukowono Jember Tahun Pelajaran 2014/2015”, *Artikel FKIP Universitas Jember*, (2015), 2.

linier homogen dengan koefisien-koefisien konstan, ditemukan beberapa kesalahan terkait konflik level respon.

(e.1)

Gambar 7. Jawaban Konflik Level Respon (e.1)

Gambar 7 menunjukkan bahwa jawaban mahasiswa masih belum benar, integral tidak dihilangkan dan menjadikan nilai 0,04 sebagai kuat arus (I(t)). Dari jawaban ini menunjukkan suatu kompetensi operasi pada level tertentu $LC \frac{di}{dt} + C \int I dt = EC \rightarrow 10.0,004 \frac{di}{dt} + \frac{C}{C} \int I dt = 0 \rightarrow 0,04 \frac{di}{dt} + 1 \int I dt = 0$, kemudian menurunkan ke operasi yang lebih rendah untuk kesimpulan (turunan 0,04 $\rightarrow I = 0,04$). Kategori kesalahan konflik level respon secara keseluruhan soal, ditemukan sebanyak 4 jumlah kesalahan pada satu indikator dalam konflik level respon dengan persentase sebesar 2,16%.

Manipulasi Tidak Langsung (*undirected manipulation*)

Kategori kesalahan Watson yang keenam yaitu manipulasi tidak langsung, indikatornya meliputi: (f.1) jawaban benar diperoleh dengan proses penyelesaian yang mengalami perubahan pada satu tahap ke tahap selanjutnya secara tidak logis. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tes tertulis materi persamaan diferensial orde kedua linier homogen dengan koefisien-koefisien konstan, ditemukan beberapa kesalahan terkait manipulasi tidak langsung.

Gambar 8. Jawaban Manipulasi Tidak Langsung (f.1)

Jawaban gambar 8 menunjukkan kesalahan yang terjadi pada langkah keempat saat menentukan solusi khusus, proses penyelesaian tidak logis, proses dari substitusi $y(0) = 5 \rightarrow c_1 \cos 0 + c_2 \sin 0 = c_1 + 0$ langsung menuju ke hasil solusi khususnya $y = c_1 \cos x + c_2 \sin x \rightarrow = 5 \cos x + 7 \sin x$ tanpa adanya proses menemukan nilai c_1 dan c_2 . Kategori kesalahan manipulasi tidak langsung secara keseluruhan soal, ditemukan sebanyak 9 jumlah kesalahan pada satu indikator dalam manipulasi tidak langsung dengan persentase sebesar 4,86%.

Masalah Hierarki Keterampilan (*skills hierarchy problem*)

Kategori kesalahan Watson yang ketujuh yaitu masalah hierarki keterampilan, indikatornya meliputi: (g.1) kesalahan dalam menerapkan keterampilan aljabar dan manipulasi numerik. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tes tertulis materi persamaan diferensial orde kedua linier homogen dengan koefisien-koefisien konstan, masih ditemukan beberapa kesalahan terkait masalah hierarki keterampilan.

(i) Persamaan karakteristik.
 $r^2 + 2r - 3 = 0$
 $(r - 3)(r + 1) = 0$ (i)
 $r = 3 \vee r = -1$

(ii) $r_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
 $= \frac{-0 \pm \sqrt{0^2 - 4(1)(-3)}}{2(1)}$
 $= \frac{0 \pm \sqrt{-4}}{2} = \frac{0 \pm 2}{2} = 0 \pm 1$ (ii)
 Kasus 2
 $a=0 \quad b=1$

Gambar 9. Jawaban Masalah Hierarki Keterampilan (g.1)

Gambar 9 (i) menunjukkan jawaban pada langkah kedua mencari akar-akar dari persamaan $r^2 + 2r - 3 = 0$ dengan pemfaktoran belum benar perhitungannya $(r - 3)(r + 1) = 0$, dan gambar 9 (ii) juga mengalami kesalahan pada langkah kedua saat mencari akar-akarnya dalam proses perhitungan masih belum benar $= \pm \frac{\sqrt{-4}}{2} = \pm \frac{2}{2} = \pm 1$, seharusnya $= 0 \pm \frac{\sqrt{-4}}{2} = 0 \pm \frac{2i}{2} = 0 \pm i$. Kategori kesalahan masalah hierarki keterampilan secara keseluruhan soal, ditemukan sebanyak 12 jumlah kesalahan pada satu indikator dalam masalah hierarki keterampilan dengan persentase sebesar 6,49%.

Selain 7 Kategori Kesalahan (*above others*)

Kategori kesalahan Watson yang kedelapan yaitu selain 7 kategori kesalahan, indikatornya meliputi: (1) soal ditulis kembali ataupun tidak dijawab, (2) tidak atau salah menentukan bentuk kasus akar, (3) salah dalam penulisan (typo) seperti imajiner “i” ditulis “!”, (d) proses penyelesaian suatu tahap belum selesai. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tes tertulis materi persamaan diferensial orde kedua linier homogen dengan koefisien-koefisien konstan, ditemukan beberapa kesalahan terkait selain 7 kategori kesalahan.

$$\textcircled{5} \quad L \frac{dt}{dt} + \frac{t}{c} \int t dt = E \quad (\text{h.1})$$

Gambar 10. Jawaban Selain 7 Kategori Kesalahan (h.1)

Gambar 10 menunjukkan bahwa mahasiswa menjawab dengan menuliskan kembali soal dan dijadikan sebagai jawaban, tidak ada proses penyelesaian.

$1. \frac{d^2y}{dx^2} - 12 \frac{dy}{dx} + 36y = 0$ <p>Pers. karakteristik.</p> $\Rightarrow r^2 - 12r + 36 = 0$ $(r - 6)(r - 6) = 0$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $r = 6 \vee r = 6$ </div> <p>Solusi:</p> $y = C_1 e^{6x} + C_2 x e^{6x}$	<p>P. karakteristik</p> $r^2 + 2r - 3 = 0$ $(r + 3)(r - 1) = 0$ $r + 3 = 0 \vee r - 1 = 0$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $r = -3 \vee r = 1 \rightarrow \text{Kasus 2}$ </div> <p>Solusi</p> $y = C_1 e^{-3x} + C_2 e^x$
---	---

Gambar 11. Jawaban Selain 7 Kategori Kesalahan (h.2)

Gambar 11 kesalahan pada langkah ketiga, mahasiswa tidak menentukan kasus akarnya terlebih dahulu guna mengetahui bentuk solusi umum yang hendak digunakan, tetapi mahasiswa menuliskan langsung solusi umum tanpa diketahui kasus akarnya, selain itu juga terdapat kasus akar namun salah menentukan kasus akar yang seharusnya.

$\frac{d^2y}{dx^2} + y = 0 \Rightarrow a=1 \quad b=0 \quad c=1$ $\Rightarrow \boxed{r^2} = -b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}$ $= 0 \pm \sqrt{0^2 - 4 \cdot 1 \cdot 1}$ $= 0 \pm \sqrt{-4}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $= 0 \pm 1i \quad (\text{h.3})$ </div>	$r = 1 \vee r = 3$ $y_h = C_1 e^{1x} + C_2 e^{3x}$ $y = C_1 e^{1x} + C_2 e^{3x} = ?$ $y = C_1 e^{1x} + C_2 e^{3x} = ?$ $y = 1C_1 e^{1x} + 3C_2 e^{3x} = 23$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $= 1C_1 e^{1x} + 3C_2 e^{3x} = 23 \quad (\text{h.4})$ </div>
--	---

Gambar 12. Jawaban Selain 7 Kategori Kesalahan (h.3) & (h.4)

Gambar 12 (h.3) menunjukkan kesalahan saat penulisan variabel akar-akarnya ($r_{1,2}$) ditulis (r^2), dan $0 \pm 1i$ ditulis $0 \pm 1!$. Sedangkan gambar 12 (h.4) pada langkah keempat saat menentukan solusi khusus, proses penyelesaian hanya sampai mensubstitusikan $y(0) = 7$ dan $y'(0) = 23$, belum sampai pada hasil solusi khusus $y = c_1 e^{4x} + c_2 e^{3x} \rightarrow y = 2e^{4x} + 5e^{3x}$. Kategori selain 7 kategori kesalahan secara keseluruhan soal, ditemukan sebanyak 119 jumlah kesalahan pada empat indikator dalam selain 7 kategori kesalahan dengan persentase sebesar 64,32%.

2. Faktor Penyebab Kesalahan

Hal-hal yang menjadi penyebab kesalahan mahasiswa Tadris Matematika dalam menyelesaikan soal persamaan diferensial dapat diketahui melalui wawancara dengan 6 mahasiswa yang mewakili 8 kesalahan kriteria Watson dan bersedia untuk dijadikan responden. Faktor penyebab terjadinya kesalahan terbagi menjadi dua, yaitu (i) faktor internal yang berasal dari dalam diri mahasiswa itu sendiri (kecerdasan, faktor fisik, perilaku, pola belajar), dan (ii) faktor eksternal yang berasal dari luar diri mahasiswa (lingkungan alam dan sosial).

Faktor internal yang menjadi penyebab terjadinya kesalahan diantaranya:

- a. Tidak mengingat sepenuhnya materi yang diujikan, artinya hilangnya kemampuan untuk menyebutkan kembali apa-apa yang sebelumnya telah dipelajari. Lupa dapat terjadi karena materi yang telah dikuasai jarang dipelajari kembali.
- b. Belum menguasai materi yang diujikan secara baik, mahasiswa dalam menyelesaikan soal persamaan diferensial ini masih ditemukan beberapa kesalahan, hal ini disebabkan karena mahasiswa belum menguasai materi yang diujikan dengan baik. Ika dalam Nurdiawan dan Zanthi menjelaskan penyebab terjadinya kesalahan yang sering dilakukan oleh siswa adalah kurangnya pemahaman atas materi prasyarat maupun materi pokok yang dipelajari.¹⁵

¹⁵ Riska Nurdiawan dan Luvy Sylviana Zanthi, "Analisis Kesalahan dalam Menyelesaikan Soal Cerita pada Materi Himpunan Berdasarkan Tahapan Newman", *Journal on Education*, Volume 1, Nomor 3 (April 2019), 129.

- c. Tidak terbiasa dengan bentuk soal yang berbeda, artinya mahasiswa sudah terbiasa dengan bentuk soal yang digunakan selama pembelajaran, jadi saat diberikan bentuk soal yang bervariasi mahasiswa mengalami kesulitan.
- d. Tidak mengecek kembali jawaban, artinya mahasiswa menyelesaikan soal persamaan diferensial tanpa melakukan pengecekan kembali jawaban, sehingga ditemukan kesalahan pada jawaban. Senada dengan penelitian yang dilakukan oleh Rachman dan Saripudin yang mengungkapkan bahwa kesalahan tidak memeriksa kembali disebabkan karena siswa sudah merasa yakin dengan jawaban awal dan siswa tersebut tidak teliti dalam proses perhitungannya.¹⁶
- e. Tidak yakin dengan jawaban milik sendiri, artinya mahasiswa sebenarnya dapat menyelesaikan soal, namun karena tidak yakin dalam menjawab, bisa menyebabkan salah pada penyelesaiannya.
- f. Salah menuliskan bentuk persamaan dan pemfaktoran, untuk yang telah mempelajari materi terkait pemfaktoran dalam menuliskan jawaban terbiasa tidak menuliskan ($= 0$), langsung menemukan akar-akarnya. Padahal apabila tidak dituliskan ($= 0$) tidak menjadi bentuk persamaan lagi dan juga tidak dapat mencari akar-akarnya. Sejalan dengan penelitian Deden dan Heni mengatakan bahwa kesalahan memahami soal dapat dilihat dari hasil pekerjaan siswa yaitu terdapat kata penting yang sering tidak dituliskan siswa.¹⁷
- g. Terburu-buru saat mengerjakan, mahasiswa saat mengerjakan kehilangan salah satu data yang tidak dituliskan, hal ini dikarenakan terburu-buru saat mengerjakan soalnya.
- h. Tidak teliti, dalam penyelesaian soal persamaan diferensial ditemukan berbagai kategori kesalahan salah satunya data hilang, hal ini disebabkan mahasiswa tidak teliti saat menuliskan jawaban, sehingga menjadikan sebagian data hilang. Senada dengan penelitian Nurlaili dan Utti Rifanti yang menyimpulkan bahwa sebagian besar faktor penyebab

¹⁶ Ardy Fauzi Rachman dan Saripudin, "Analisis Kesalahan Siswa Kelas XI Pada Materi Trigonometri", *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, Volume 4, Nomor 1 (Mei 2020), 131.

¹⁷ Deden Wahyu Hidayat dan Heni Pujiastuti, "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Matematis pada Materi Himpunan", *Jurnal Analisa*, Volume 5, Nomor 1 (2019), 65.

terjadinya kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal persamaan diferensial orde pertama salah satunya berasal dari kurangnya ketelitian dalam membaca dan memahami soal.

- i. Tidak memperhatikan penjelasan petunjuk pengerjaan soal yang dituliskan, mahasiswa tidak membuat kesimpulan akhir jawaban dikarenakan tidak memperhatikan penjelasan dari pengawas sebelum ujian berlangsung dan juga tidak memperhatikan petunjuk pengerjaan pada soal. Selain itu, ditemukan juga mahasiswa tidak dapat menentukan solusi khusus akhirnya bekerjasama dengan teman lainnya, hal ini disebabkan karena sewaktu pembelajaran tidak terlalu memperhatikan saat dosen menjelaskan materi tersebut.

Selain faktor internal penyebab kesalahan mahasiswa, ditemukan juga faktor penyebab eksternal berasal dari lingkungan alam ataupun sosial, antara lain:

- a. Tidak fokus saat mengerjakan, artinya mahasiswa tidak dapat memfokuskan pikiran saat penyelesaian, ditambah dengan pendapat Aviana dan Hidayah dalam penelitian Olivia Fridaram dkk yang menyebutkan bahwa penyebab tidak fokus bisa juga dikarenakan suasana di kelas yang tidak mendukung, seperti panas, sesak, tidak nyaman dan kondusif untuk belajar.¹⁸
- b. Bekerjasama dengan teman, artinya mahasiswa dalam menyelesaikan soal persamaan diferensial ada yang bekerjasama dengan teman saling melihat jawaban satu sama lain. Hal ini dilakukan apabila seorang peserta didik berada pada kondisi tertekan, sehingga bekerja sama meminta bantuan dari teman lainnya.
- c. Catatan tidak lengkap, mahasiswa mempelajari materi yang hendak diujikan dengan catatan seadanya. Menurut Slameto dalam Putri dan Alit menyebutkan bahwa catatan yang tidak

¹⁸ Olivia Fridaram dkk, "Meningkatkan Konsentrasi Belajar Peserta Didik dengan Bimbingan Klasikal Metode *Cooperative Learning* Tipe *Jigsaw*", *Magistrorum Et Scholarium: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, Volume 1, Nomor 2 (Desember 2020), 163.

jas dan tidak teratur antara materi satu dengan yang lainnya akan menjadikan belajar menjadi kacau.¹⁹

PENUTUP

Kesalahan yang dialami 37 Mahasiswa Tadris Matematika dalam menyelesaikan 5 soal Persamaan Diferensial masih banyak ditemukan. Kesalahan yang ditemukan dianalisis berdasarkan 8 kriteria kesalahan Watson, diperoleh kesimpulan bahwa kesalahan yang terjadi memuat 8 kriteria kesalahan Watson. Persentase kesalahan tertinggi ditemukan pada kesimpulan hilang sebanyak 84,86%, dan kesalahan dengan persentase terendah terjadi pada konflik level respon sebanyak 2,16%. Persentase kesalahan yang terjadi pada 37 mahasiswa dari keseluruhan soal berdasarkan 8 kriteria Watson sebesar 30,34%. Faktor penyebab terjadinya kesalahan mahasiswa Tadris Matematika sebagian ada yang bersumber dari diri sendiri, seperti ada yang belum maksimal menguasai materi, tidak teliti, terburu-buru dan kurang memperhatikan. Selain itu, faktor penyebab yang bersumber dari lingkungan sekitarnya, seperti kondisi kelas yang kurang kondusif, menyebabkan tidak fokus saat mengerjakan, bekerjasama dengan teman, ataupun catatan tidak lengkap sehingga belajar dengan catatan seadanya dan berakhir mengalami kesalahan saat penyelesaian soal yang diujikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Rulam. 2016. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Ayarsha, Rifan. 2016. "Analisis Kesalahan Siswa dalam Mengerjakan Soal Matematika Berdasarkan Kriteria Watson", *Skripsi Pendidikan Matematika UIN Syarif Hidayatullah*.

¹⁹ Putri Siti Febriani dan Alit Sarino, "Dampak Cara Belajar dan Fasilitas Belajar dalam Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa Sekolah Menengah Kejuruan", *Manajerial*, Volume 2, Nomor 2 (Januari 2017), 165.

- Febriani, Putri S., dan Sarino, A. 2017. "Dampak Cara Belajar dan Fasilitas Belajar dalam Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa Sekolah Menengah Kejuruan", *Manajerial: Jurnal Manajemen dan Sistem Informasi*, II (2), hlm. 163-172.
- Febriansari, Keke. 2019. "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Matematika Ditinjau dari Gaya Kognitif", *Skripsi Pendidikan Matematika UIN Sulthan Thaha Saifuddin*.
- Fridaram, O., dkk. 2020. "Meningkatkan Konsentrasi Belajar Peserta Didik dengan Bimbingan Klasikal Metode Cooperative Learning Tipe Jigsaw", *Magistrorum Et Scholarium: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, I (2), hlm. 161-170.
- Hidayat, Deden W., dan Pujiastuti, H. 2019. "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Matematis pada Materi Himpunan", *Jurnal Analisa*, V (1), hlm. 59-67.
- Kamarullah. 2017. "Pendidikan Matematika di Sekolah Kita", *Al-Khawarizmi: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika*, III (1), hlm. 21-32.
- Ningsih, Yunika L., dan Rohana. 2018. "Pemahaman Mahasiswa Terhadap Persamaan Diferensial Berdasarkan Teori APOS", *JPPM*, XI (1), hlm. 168-176.
- Nurdiawan, R., dan Zanthi, Luvy S. 2019. "Analisis Kesalahan dalam Menyelesaikan Soal Cerita pada Materi Himpunan Berdasarkan Tahapan Newman", *Journal on Education*, I (3), hlm. 128-135.
- Nurwahidin. 2021. "Analisis Kesalahan Siswa SD dalam Menyelesaikan Permasalahan Luas Gabungan Bangun Datar Berdasarkan *Watson's Error Category*", *Journal on Education*, III (4), hlm. 308-319.
- Nuryadi. 2018. *Persamaan Diferensial Elementer*. Yogyakarta: Media Pustaka.

- Rachman, Ardy F., dan Saripudin. 2020. "Analisis Kesalahan Siswa Kelas XI Pada Materi Trigonometri", *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, IV (1), hlm. 126-133.
- Sarjana, K., dkk. 2022. "Faktor-Faktor Penentu Keberhasilan Belajar Mahasiswa Pendidikan Matematika di Era New Normal", *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, VII (2), hlm. 309-316.
- Siagian, MD. 2016. "Kemampuan Koneksi Matematika dalam Pembelajaran Matematika", *MES: Journal of Mathematics Education and Science*, II (1), hlm. 58-67.
- Winarsih, Kurniya A., Sugiarti, T., dan Khutobah. 2015. "Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Kategori Kesalahan Menurut Watson dalam Menyelesaikan Permasalahan Pengolahan Data Siswa Kelas VI SDN Baletbaru 02 Sukowono Jember Tahun Pelajaran 2014/2015", *Artikel Ilmiah Mahasiswa*, hlm. 1-5.
- Winarsih, Kurniya A., Sugiarti, T., dan Khutobah. 2015. "Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Kategori Kesalahan Menurut Watson dalam Menyelesaikan Permasalahan Pengolahan Data Siswa Kelas VI SDN Baletbaru 02 Sukowono Jember Tahun Pelajaran 2014/2015", *Skripsi Pendidikan Matematika Universitas Jember*.
- Yulianda, P., Sahala, S., dan Mursyid, S. 2019. "Deskripsi Kesalahan Siswa Berdasarkan Klasifikasi Watson Dalam Menyelesaikan Soal-Soal Suhu Dan Kalor", *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa*, VIII (11), hlm. 1-10.