Jurnal Pendidikan MIPA
Volume 15. Nomor 1, Maret 2025 | ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Volume Benda Putar Menggunakan Tahapan Kastolan

Sumargiyani

Universitas Ahmad Dahlan

Coresponding sumargiyani@pmat.uad.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini mengetahui persentase kesalahan dan mennganlisis kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal aplikasi integral pada materi volume benda putar dengan tahapan Kastolan. Subjek penelitian adalah mahasiswa kelas B sebanyak 13 orang di Pendidikan Matematika Universitas Ahmad Dahlan tahun akademik 2023/2024. Metode penelitian termasuk deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan jenis kesalahan dalam bentuk persentase, dan deskripstif kualitatif untuk menggambarkan faktor kesalahan dengan menggunakan kata-kata. Analisis dilakukan dari dokumentasi hasil Ujian Akhir Semester sebanyak satu soal uraian dengan dua pertanyaan. Teknik analisis data dilakukan berdasarkan jenis-jenis kesalahan konseptual, kesalahan prosedural, dan kesalahan teknikal sesuai tahapan Kastolan. Faktor penyebab kesalahan dianalisis dengan mengambil empat buah hasil pekerjaan mahasiswa secara purposive sampling untuk dianalisis letak kesalahan jawaban. Penelitian menghasilkan persentase kesalahan mahasiswa yakni 50% terjadi pada jenis kesalahan prosedural, kedua kesalahan konseptul sebesar 39,5% dan kesalahan teknik sebesar 36%. Hasil analisis kesalahan yang dilakukan terletak pada penggambaran grafik yang salah, penentuan luas daerah yang diputar, penggunaan rumus metode cakram dan metode rumah siput, penentuan batas integral, dan dalam mengintegralkan fungsi. Dari hasil ini peneliti menyarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengkategorikan subyek penelitian berdasarkan gender.

Kata Kunci: Kalkulus Integral; Analisis Kesalahan; Volume Benda Putar; Tahapan Kastolan

Received: 4 Jan 2025; **Revised**: 3 Feb 2025; **Accepted**: 4 Feb 2025; **Available Online**: 6 Feb 2025

This is an open access article under the CC - BY license.

PENDAHULUAN

Kalkulus merupakan salah bagian yang dibahas di bidang Matematika. Pokok bahasan yang dipelajari di kalkulus tentang fungsi, limit fungsi, kekontinuan, turunan dan integral. Secara garis besar kalkulus terbagi menjadi dua, yang pertama kalkulus diferensial dan yang kedua kalkulus integral (Sulistyorini & Napfiah, 2019). Mata kuliah Kalkulus Integral di Universitas Ahmad Dahlan pada program studi pendidikan matematika diberikan di semester dua dengan bobot SKS sebesar tiga. Kalkulus integral membahas mengenai integral dasar, teknik pengintegralan, integral fungsi transenden dan penerapan integral (Silitonga & Ramadhani, 2023; Siregar et al., 2023).

Salah satu materi yang dibahas pada penerapan integral yaitu volume benda putar. Volume ini dihasilkan dari daerah di bidang datar yang diputar terhadap sumbu putar yang berupa garis. Dua metode yang dapat digunakan adalah metode cakram atau metode kulit tabung (Sihombing, 2020). Metode cakram dengan sudut pandang volume yang dihitung berbentuk cakram sedangkan metode kulit tabung dengan sudut pandang volume yang dihitung berupa jumlah dari silinder tegak yang menyusun benda dengan pusat yang sama (Rimo, 2018).

Pengalaman selama peneliti mengajar kalkulus integral menunjukkan bahwa kesalahan dari beberapa mahasiswa terletak pada penerapan konsep integral untuk menghitung volume benda putar. Kesulitan belajar dapat diartikan sebagai kondisi ketika seseorang menghadapi hambatan selama proses belajar, sehingga pencaoaian hasil belajar tidak optimal (Ayuningsih et al., 2020). Kesulitan belajar ini sering kali menjadi pemicu terjadinya kesalahan dalam penyelesaian masalah matematika (Sundari & Wulantina, 2022). Berdasarkan pengamatan, kesulitan yang dialami mahasiswa meliputi pemahaman terhadap penerapan rumus, membedakan

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

penggunaan rumus volume benda putar, serta cara menggambar grafik fungsi yang menjadi dasar perhitungan. Faktor -faktor kesulitan belajar yang menyebabkan kesalahan diantaranya kurangnya pemahaman terhadap konsep dasar sehingga sehingga tidak mampu menerapkan dalam memecahkan masalah (Ayu et al., 2021).

Mahasiswa dalam menyelesaikan soal volume benda putar tidak boleh mengalami kesalahan yang berulang-ulang. Untuk mengetahui letak kesalahan mahasiswa dapat dilakukan dengan menganalisis kesalahan hasil pekerjaan mahasiswa. Analisis kesalahan merupakan kegiatan untuk menganalisis penyimpangan dan mengidentifikasi penyebab kesalahan dalam menyelesaikan soal itu terjadi (Rofi'ah et al., 2019). Salah satu teori untuk menganalisis kesalahan adalah teori Kastolan, terdiri dari kesalahan konseptual, kesalahan prosedural dan kesalahan teknikal (Kurnia et al., 2024; Ramadhini & Kowiyah, 2022; Septianingsih & Amelia, 2023). Kesalahan konseptual terjadi ketika salah dalam menerapkan dan menggunakan rumus, ketika melakukan kesalahan langkah-langkah pengerjaan soal atau memanipulasi langkah-langkah pengerjaan soal termasuk kesalahan proseudral, apabila terjadi kesalahan perhitungan termasuk kesalahan teknik (Fitriyah et al., 2020).

Pada penelitian sebelumnya telah banyak peneliti menganalisis kesalahan yang menggunakan tahapan Kastolan diantaranya penelitian dari Hajerina et al., (2022) yang meneliti pada materi turunan fungsi dua variabel dengan menganalisis kesalahan mahasiswa dalam mengerjakan soal dan hasilnya pada mahasiswa dengan kategori rendah paling banyak mengalami kesalahan Vhantoria, (2022) menganalisis kesalahan dengan menggunakan teori Kastolan hasil pekerjaan mahasiswa pada soal ketaksamaan yang melibatkan nilai mutlak. Hasil yang diperoleh kesalahan konseptual dilakukan karena dalam mengerjakan soal rumus, hukum maupun dalil dan kesalahan dalam meerapkan rumus. Kesalahan teknik dengan bentuk terjadinya kesalahan dalam melakukan perhitungan. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan tahapan Kastolan dapat digunakan untuk menganalisis jenis kesalahan dan faktor penyebabnya pada soal kalkulus.

Menurut sepengetahuan peneliti belum banyak penelitian yang membahas kesalahan-kesalahan dalam menyelesaikan soal kalkulus integral, khususnya pada materi volume benda putar. Oleh karena masih banyak kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam menyelesaikan soal volume benda putar. Maka menurut peneliti masih layak dilakukan penelitian untuk mengetahui kesalahan-kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal volume benda putar. Melalui analisis kesalahan akan diperoleh jenis dan faktor penyebab kesalahan mahasiswa dalam mengerjakan soal, sehingga dosen dapat memberikan bimbingan yang lebih efektif untuk mengurangi kesalahan yang terjadi. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase kesalahan mahasiswa dan menganalisis letak kesalahan dalam menyelesaikan soal volume benda putar pada mata kuliah kalkulus integral berdasarkan tahapan Kastolan.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun akademik 2023/2024 melibatkan semua mahasiswa kelas B sebanyak 13 mahasiswa dari program studi Pendidikan Matematika Universitas Ahmad Dahlan tahun akademik 2023/2024. Penelitian yang dilakukan ini termasuk penelitian deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Deskriptif kualitatif yaitu menggambarkan kesalaha-kesalahan dengan menggunakan kata-kata. Sedangkan deskriptif kuantitatif yaitu menggambarkan kesalahan-kesalahan dengan menggunakan angka (Zulfah, 2017). Deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan persentase masing-masing jenis kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal volume benda putar dan mendeskripsikan penyebab kesalahan-kesalahan menggunakan tahapan Kastolan. Deskriptif kualitatif untuk menggambarkan penyebab kesalahan dengan baik konsep, prosedur maupun teknik dari hasil pekerjaan mahasiswa. Untuk menganalisa dibutuhkan indikator konseptual, prosedural maupun teknikal untuk mempermudah indentifikasi kesalahan yang dilakukan mahasiswa. Indikator-indikator kesalahan yang sesuai dengan Kastolan peneliti modifikasi dari hasil penelitian Hodiyanto et al., (2020) , Najwa, (2021), D. K. Sari, (2023), dan (M. R. Sari et al., 2022) dengan menyesuaikan langkah – langkah penyelesaian soal volume benda putar. Indikator-indikator yang digunakan dalam penelitian ini diasajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator Kesalahan Konseptual, Prosedural dan Teknikal

No	Aspek	Indikator
1	Kesalahan konseptual	• Mahasiswa salah dalam memilih rumus volume benda putar • Mahasiswa salah menentukan batas integral

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

No	Aspek	Indikator
		• Mahasiswa tidak memahami hubungan antara luas daerah yang diputar dengan sumbu putar.
2	Kesalahan prosedural	• Mahasiswa salah dalam melakukan pengintegralan • Mahasiswa salah menulis batas integral, mensubstitusi saat melakukan pengintegralan • Tidak menyelesaikan integral hingga hasil akhir
3	Kesalahan teknikal	• Mahasiswa salah melakukan perhitungan (penjumlahan, perkalian, pembagian, pengurangan) • Mahasiswa melakukan kecerobohan • Mahasiswa salah dalam menyalin data atau menyalin hasil integral

Data yang diolah merupakan data dokumentasi dari hasil pekerjaan Ujian Akhir Semester mata kuliah Kalkulus Integral. Dari dokumentasi tersebut hanya ada satu soal mengenai volume benda putar, sehingga dalam penelitian ini hanya menganalisis hasil pekerjaan satu soal saja. Dari satu soal volume benda putar yang diberikan terdapat dua pertanyaan. Pertanyaan pertama dikerjakan dengan metode cakram dan pertanyaan kedua dengan metode kulit tabung. Adapun soal yang diberikan adalah sebagai berikut:

> Diberikan garis $y = -x + 2$ dan kurve $y = x^2$. Hitunglah volume benda putar yang dihasilkan dari perputaran daerah tersebut yang diputar pada garis (a) $y = -1$ dan (b) x=2

Data yang diperoleh selanjutnya dihitung persentase masing-masing jenis dengan menggunakan Persamaan (1).

$$persentase\ kesalahan = \frac{banyaknya\ kesalahan}{skor\ maksimum\ kesalahan} \times 100\% \quad (1)$$

Dari perhitungan akan diperoleh persentase kesalahan dan dapat diketahui kesalahan terbesarnya. Selanjutnya dilakukan analisis penyebab kesalahan yang dilakukan mahasiswa dengan melakukan reduksi data, penyajian data dan penarikan kesimpulan (Purnamasari & Afriansyah, 2021). Dari jumlah data hasil pekerjaan13 mahasiswa dipilih sebanyak 4 hasil pekerjaan mahasiswa peneliti anggap dapat mewakili dan memberi informasi yang lengkap dan dalam sesuai dengan tujuan penelitian. Dari hasil 4 pekerjaan mahasiswa tersebut dilakukan analisis yang mendalam mengenai kesalahan-kesalahan yang dilakukan dalam mengerjakan soal volume benda putar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, analisis dilakukan terhadap satu soal pada materi volume benda putar yang terdiri atas dua pertanyaan. Pertanyaan pertama mengharuskan mahasiswa menggunakan metode kulit tabung untuk menyelesaikan soal, sedangkan pertanyaan kedua memanfaatkan metode cakram. Penelitian ini melibatkan 13 mahasiswa kelas B sebagai subyek penelitian, yang hasil pekerjaannya dianalisis untuk mengidentifikasi jenis-jenis kesalahan yang dilakukan.

Hasil dari pekerjaan mahasiswa setelah diidentifikasi sesuai dengan jenis kesalahan diperoleh hasil pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Kesalahan Hasil Pekerjaan Mahasiswa

Pertanyaan	Metode Penyelesaian	Kesalahan Konseptual	Kesalahan Prosedural	Kesalahan Teknik
A	Cakram	38 %	51%	36%
B	Kulit tabung	41%	49%	36%
	Rata-rata	39,5%	50%	36%

Pada pertanyaan (a), dengan metode penyelesaian cakram, diperoleh hasil bahwa 38% mahasiswa melakukan kesalahan konseptual, 51%, kesalahan prosedural, dan 36% , dan kesalahan teknikal. Sementara itu, pada pertanyaan (b) yang diselesaikan menggunakan metode kulit tabung, persentase kesalahan mahasiswa adalah 41% untuk kesalahan konseptual, 49% untuk kesalahan prosedural, dan 36% untuk kesalahan teknikal.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

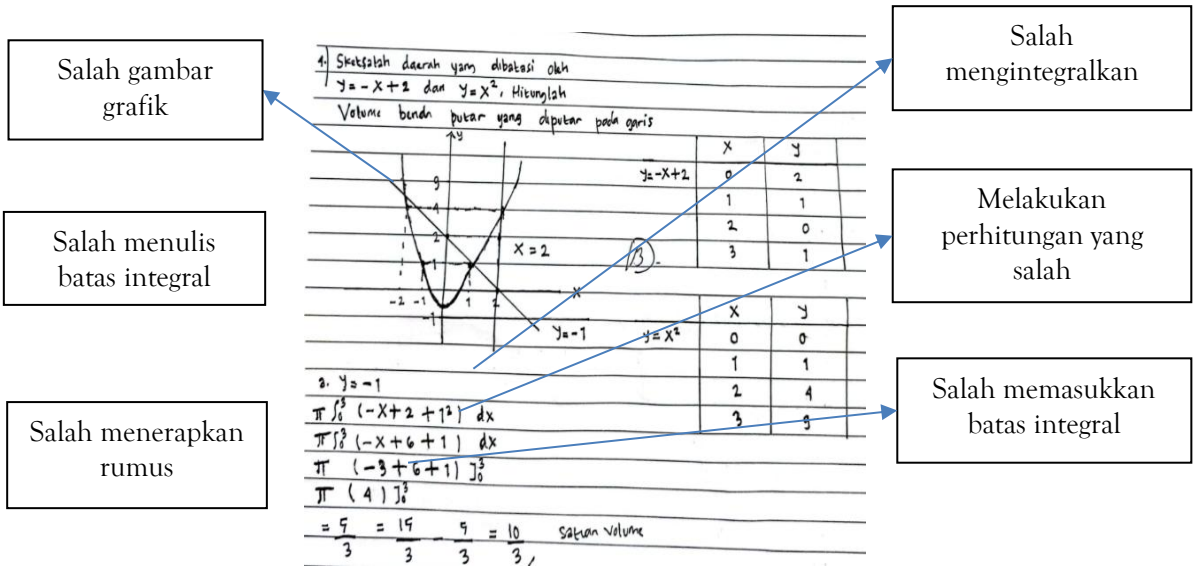
Secara keseluruhan, rata-rata kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal volume benda putar adalah 39,5% untuk kesalahan konseptual, 50% untuk kesalahan prosedural, dan 36% untuk kesalahan teknikal. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa mengalami kesalahan terbesar pada aspek prosedural, yang mencakup kesalahan dalam melakukan pengintegralan, kesalahan menulis batas integral, mensubstitusi saat melakukan pengintegralan dan tidak menyelesaikan integral hingga hasil akhir. Di sisi lain, kesalahan konseptual (39,5%) menunjukkan bahwa masih ada mahasiswa yang belum sepenuhnya memahami konsep dasar volume benda putar, seperti menentukan batas integral atau memilih metode yang sesuai. Adapun kesalahan teknikal (36%) mencerminkan adanya ketidaktelitian atau melakukan kecerobohan dalam menyelesaikan soal.

Berikut ini hasil analisis pekerjaan mahasiswa dalam mencari volume benda putar dengan mencermati letak kesalahan yang dilakukan.

Metode Cakram

Hasil pekerjaan mahasiswa KI-10 dan KI-13 yang mengalami beberapa kesalahan dalam mengerjakan soal dengan menggunakan metode cakram berturut-turut disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut.

Hasil pekerjaan mahasiswa KI-10



Gambar 1. Pekerjaan KI-10

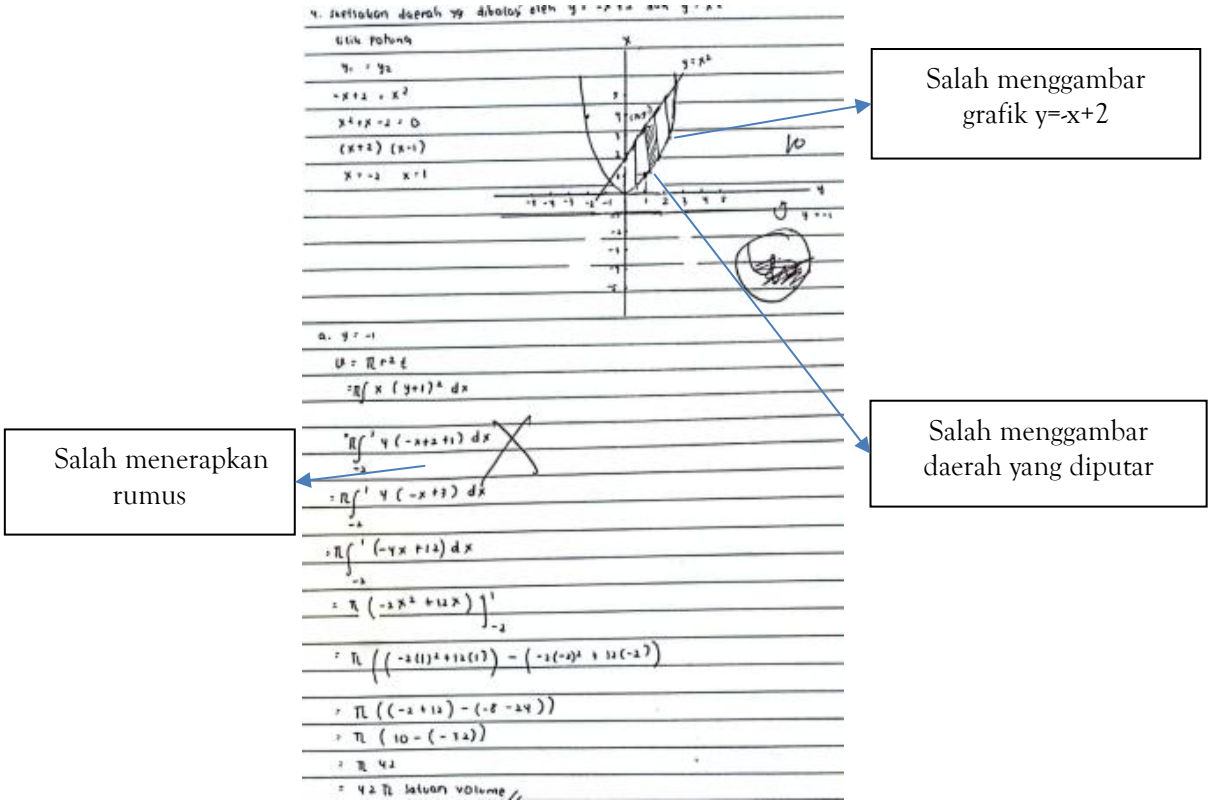
Gambar 1 mahasiswa KI-10 secara konsep sudah paham bahwa langkah awal menggambar daerah yang akan diputar. KI-10 juga sudah menggambar sumbu putar secara benar. Sebelum menggambar garis dan kurve yang diketahui KI-10 membuat tabel dengan mengambil beberapa nilai x (absis) selanjutnya ditemukan nilai y (ordinat) sehingga nanti diperoleh beberapa titik yang akan digunakan untuk membantu menggambar grafik. Pemilihan rumus yang digunakan untuk menghitung volume benda putar dengan menggunakan metode cakram sudah benar. Mahasiswa KI-10 secara prosedural mengalami beberapa kesalahan. Kesalahan yang dilakukan meletakkan titik-titik koordinat dalam ruang dimensi dua yang masih salah, sehingga terjadi kesalahan dalam penggambaran fungsi yang diketahui yaitu $y = x^2$. Berawal dari kesalahan menggambar $y = x^2$ mengakibatkan kesalahan luas daerah yang akan diputar pada garis $y = -1$. Kesalahan juga terjadi pada pencarian titik potong antara garis $y = -x + 2$ dan $y = x^2$. Kesalahan ini terjadi karena tidak akurat dalam menggambar grafik, sehingga berakibat pada kesalahan dalam menentukan batas atas dan batas bawah suatu integral.

Meskipun K10 paham mengenai rumus volume benda putar yang akan digunakan, namun penerapan untuk menentukan jari-jari juga mengalami kesalahan. Kesalahan juga terjadi ketika melakukan langkah pengintegralan. Nampak dari proses pengintegralan K10 tidak menguasai teknik pengintegralan. Kesalahan juga terjadi pada pengambilan batas atas dan batas bawah dari integral. Kesalahan ini diakibatkan dari penggambaran grafik yang salah. Dalam mengerjakan soal ini, KI-10 menuliskan batas atas $x = 3$ dan batas bawah $x = 0$, jika dilihat dari gambar grafik menunjukkan bahwa mahasiswa KI-10 tanpa dasar dalam pengambilan batas atas dan batas bawah. KI-10 telah melakukan kecerobohan dalam melakukan operasi perhitungan seperti ketika menghitung $-x + 2 - 1^2$ menjadi $-x + 6 - 1$. Dalam melakukan pengintegralan mahasiswa tidak dapat

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

melakukan secara benar, jika dilihat hasil yang dituliskan yaitu - $-x+6-1$. menjadi $-3+6-1$. Prosedur perhitungan memasukkan batas atas dan batas bawah pada hasil integral juga mengalami kesalahan, hal ini dapat dilihat hasil yang diberikan $\frac{5}{3}=\frac{15}{3}-\frac{5}{3}=\frac{10}{3}$

Hasil Pekerjaan Mahasiswa KI-13



Gambar 2. Pekerjaan KI-13

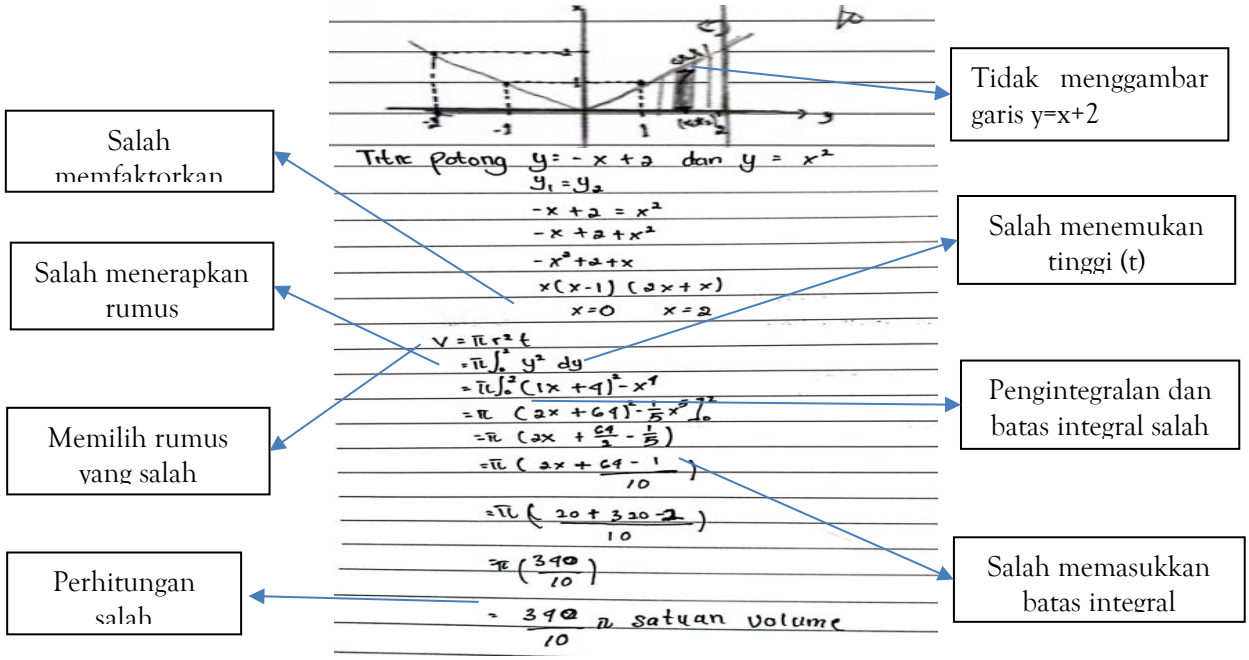
Gambar 2 merupakan hasil pekerjaan mahasiswa KI-13 yang telah mengerjakan soal dengan menggunakan metode cakram. Dari hasil pekerjaan telah ditemukan kesalahan konsep yang dilakukan KI-13, yaitu salah dalam menggambar garis $y=-x+2$. Kesalahan dalam menggambar garis ini mengakibatkan daerah bidang datar yang diperoleh menjadi salah. KI-13 telah mencari titik potong dengan perhitungan secara analitis, namun hasil ini tidak sinkron dengan gambar grafik yang dibuat, artinya KI-13 belum mengerti makna dari titik potong antara garis dan kurve.

Mahasiswa KI-13 sudah paham rumus yang digunakan adalah rumus untuk menghitung volume benda putar dengan menggunakan metode cakram. Akan tetapi, mahasiswa KI-13 tidak paham cara menerapkan rumus tersebut dalam soal. Awal kesalahan KI-13 berasal dari menentukan jari-jari (r) yang salah, sehingga berakibat pada hasil akhir yang diperoleh menjadi salah. Penentuan batas atas dan batas bawah integral yang digunakan sudah benar. Prosedur dalam melakukan pengintegralan tidak mengalami kesalahan, artinya K13 paham dalam melakukan pengintegralan. Memasukkan batas atas dan batas bawah, KI-13 tidak mengalami kesalahan. Perhitungan yang dilakukan juga tidak mengalami kesalahan.

Metode Kulit Tabung

Hasil pekerjaan mahasiswa KI-7 dan KI-4 yang mengalami beberapa kesalahan dalam mengerjakan soal dengan menggunakan metode kulit tabung berturut-turut disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

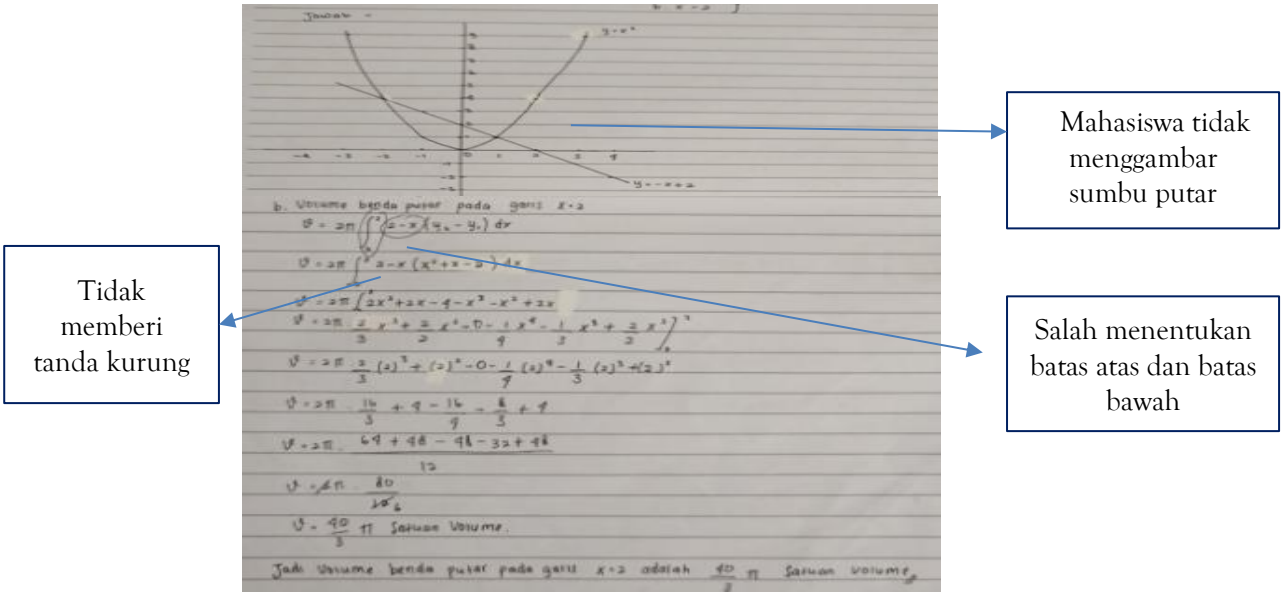


Gambar 3. Pekerjaan KI-7

Pada Gambar 3 mahasiswa KI-7 mengerjakan soal dengan menggunakan metode kulit tabung. K17 telah melakukan ketiga jenis kesalahan. KI-7 di langkah awal mahasiswa kurang teliti membaca soal dengan tidak menggambar garis $y = -x + 2$ sehingga mengalami kesalahan. Seharusnya KI-7 belum menemukan daerah bidang datar yang akan diputar. Mahasiswa KI-7 salah dalam menentukan batas integral. Mahasiswa KI-7 melakukan perhitungan secara analitis dan mengalami kesulitan ketika melakukan pemfaktoran. Hasil dari pemfaktoran salah, sehingga batas atas dan batas bawah integral yang ditemukan menjadi salah juga.

Berikutnya peneliti cermati dari penerapan integralnya, di awal mahasiswa KI-7 sudah salah dalam mengambil rumus kulit tabung. Oleh karena, kesalahan dalam pengambilan rumus maka perhitungan berikutnya menjadi salah, seperti salah dalam pengambilan jari-jari dan tinggi tabung. Mahasiswa KI-7 tidak menguasai pengintegralan, sehingga mengalami kesulitan dalam mengintegralkan. Mahasiswa KI-7 juga salah dalam memasukkan batas atas dan batas bawah integral. Kesalahan dalam perhitungan juga dilakukan seperti menghitung $2x + \frac{64-1}{10}$ menjadi $20 + \frac{320-1}{10}$. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa kurang teliti dan tidak memahami soal.

Hasil Pekerjaan Mahasiswa KI-4



Gambar 4. Pekerjaan KI-4

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

Mahasiswa KI-4 melakukan beberapa kesalahan, diantaranya KI4 tidak mengambarkan sumbu putar $x = 2$. Pemilihan metode kulit tabung sudah betul, namun penerapan dari rumus masih salah dalam pengambilan batas atas dan batas bawah integral. Kecerobohan dalam penulisan juga dilakukan karena tidak memberi tanda kurung pada $2 - x.(y_2 - y_1)$. Apabila KI4 benar dalam menuliskan batas atas dan batas bawah, maka pekerjaan yang dilakukan hasilnya menjadi benar. Oleh karena secara prosedural langkah-langkah yang dilakukan dalam mengintegralkan tidak mengalami kesalahan.

Dari hasil penelitian, peneliti menemukan berbagai kesalahan dalam menggunakan metode kulit tabung maupun metode cakram. Kesalahan tersebut mencakup aspek konseptual, prosedural, dan teknikal. Kesalahan yang teridentifikasi meliputi: salah dalam menggambar grafik, salah memilih rumus, ketidakmampuan dalam menerapkan rumus, kesalahan dalam menentukan batas integral, penguasaan integral dasar yang kurang, serta kesalahan dalam melakukan operasi matematika. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki tantangan dalam memahami dan menerapkan konsep serta prosedur yang diperlukan dalam materi volume benda putar.

Hasil yang diperoleh sesuai dengan Siregar et al., (2023) yang menemukan bahwa kesulitan mahasiswa terletak pada proses pengintegralan, yang diakibatkan dari pemahaman terhadap konsep dasar kalkulus dan perhitungan matematis yang salah. Selain itu, penelitian Sanjaya, (2021) menemukan bahwa mahasiswa sering melakukan kesalahan dalam menggambar benda putar serta kurang memahami konsep yang berkaitan dengan tinggi, jari-jari, dan jarak. Penelitian lainnya oleh Fanani et al., (2024) juga menyoroti kelemahan mahasiswa dalam memahami soal, dalam langkah-langkah penyelesaian, dan kurang ketelitian selama proses pengerjaan.

Faktor-faktor yang mendasari kesalahan dalam mengerjakan soal volume benda putar ini dapat dikategorikan menjadi dua aspek utama. Pertama, pengetahuan prasyarat yang tidak memadai, baik karena lupa maupun tidak memahami konsep dasar. Kedua, adanya kecerobohan dan kurangnya ketelitian dalam proses pengerjaan. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep dasar kalkulus, mendorong pembiasaan berpikir sistematis, serta menanamkan kebiasaan teliti dalam menyelesaikan soal. Pendekatan-pendekatan ini diharapkan dapat mengurangi tingkat kesalahan dalam menyelesaikan soal (Yudhi Anggoro, 2023).

Saran peneliti berdasarkan dari hasil temuan penelitian ini, pertama yang harus ditekankan adalah pentingnya ketelitian dalam menggambar garis atau kurva. Kesalahan dalam menggambar dapat menyebabkan mahasiswa gagal menentukan daerah bidang datar yang akan diputar, sehingga hasil akhirnya menjadi salah. Untuk menghindari hal ini, mahasiswa perlu memeriksa kembali keakuratan gambar yang dibuat, baik secara visual maupun analitis, sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

Peneliti juga menekankan pentingnya memahami cara mencari titik potong secara analitis maupun geometris. Jika penggambaran geometri dilakukan dengan benar, titik potong dapat diperoleh langsung dari grafik. Namun, jika menggunakan cara analitis, mahasiswa jangan mengalami kesalahan dalam proses pemfaktoran atau perhitungan aljabar. Ketelitian dalam menentukan titik potong ini sangat krusial karena berpengaruh langsung pada penentuan batas integral yang akan digunakan.

Selanjutnya, pemahaman terhadap rumus yang digunakan, baik metode cakram maupun metode kulit tabung, sangatlah penting. Mahasiswa perlu memastikan bahwa pemilihan rumus sesuai soal yang diberikan. Kesalahan dalam memilih rumus seringkali berakibat pada kesalahan di langkah-langkah penyelesaian berikutnya. Oleh karena itu, mahasiswa disarankan untuk membaca dan memahami soal dengan saksama sebelum memutuskan metode yang digunakan. Selain itu, mahasiswa juga perlu berhati-hati dalam memasukkan nilai dari soal ke dalam rumus. Sering kali, kesalahan terjadi karena mahasiswa tidak memahami konsep jari-jari, tinggi, atau tebal dari benda putar. Pemahaman mendalam mengenai elemen-elemen ini akan membantu mahasiswa menghindari kekeliruan dalam penghitungan.

Kesalahan dalam pengintegralan juga menjadi perhatian utama. Peneliti menemukan bahwa banyak mahasiswa tidak menguasai integral dasar, yang menjadi dasar untuk menyelesaikan soal volume benda putar. Untuk mengatasi masalah ini, mahasiswa disarankan untuk memperkuat pemahaman mereka terhadap teknik integral dasar melalui latihan yang intensif dan terstruktur.

Akhirnya, mahasiswa perlu menjaga ketelitian dan menghindari kecerobohan dalam melakukan perhitungan. Kesalahan kecil dalam operasi matematika sering kali berakibat fatal pada hasil akhir. Oleh karena

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

itu, selain memahami konsep dan prosedur, mahasiswa harus memastikan setiap langkah perhitungan dilakukan dengan hati-hati.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini, persentase kesalahan prosedural 50%, kesalahan konseptul sebesar 39,5% dan kesalahan teknik sebesar 36%. Faktor penyebab kesalahan terjadi pada menggambar grafik, mencari titik potong, memahami soal, memasukkan nilai ke dalam rumus, serta melakukan pengintegralan. Kesalahan-kesalahan ini menunjukkan bahwa mahasiswa belum sepenuhnya memahami konsep dasar kalkulus integral yang mendasari perhitungan volume benda putar. Oleh karena itu, peneliti menyarankan agar mahasiswa lebih banyak belajar dan berlatih, terutama dalam memahami perbedaan penerapan antara metode cakram dan metode kulit tabung. Pemahaman yang mendalam terhadap soal, diikuti dengan latihan yang konsisten dan bimbingan yang tepat, akan membantu mahasiswa mengatasi kesulitan tersebut serta meningkatkan ketelitian dan kemampuan analitis dalam menyelesaikan soal kalkulus integral.

Daftar Pustaka

Ayu, S., Ardianti, S. D., & Wanabuliandari, S. (2021). Analisis Faktor Penyebab Kesulitan Belajar Matematika. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *10*(3), 1611. https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i3.3824

Ayuningsih, R., Setyowati, R. D., & Utami, R. E. (2020). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Program Linear Berdasarkan Teori Kesalahan Kastolan. *Imajiner: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *2*(6), 510–518. https://doi.org/10.26877/imajiner.v2i6.6790

Fanani, N. A., Dia, A., Sari, I., Guru, P., Dasar, S., Gresik, U. M., Guru, P., Dasar, S., Gresik, U. M., & Karakter, P. (2024). *ISSN 3030-8496 Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. *1*(2), 21–32.

Fitriyah, I. M., Pristiwati, L. E., Sa'adah, R. Q., Nikmarocha, N., & Yanti, A. W. (2020). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita Koordinat Cartesius Menurut Teori Kastolan. *Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *8*(2), 109–122. https://doi.org/10.24256/jpmipa.v8i2.1002

Hajerina, Suciati, I., & Nurhalida Sartika. (2022). Analisis Kesalahan Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Masalah Turunan Fungsi Dua Variabel. *Koordinat Jurnal MIPA*, *3*(2), 23–32. https://doi.org/10.24239/koordinat.v3i2.41

Hodiyanto, H., Darma, Y., & Putra, S. R. S. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Macromedia Flash Bermuatan Problem Posing terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *9*(2), 323–334. https://doi.org/10.31980/mosharafa.v9i2.652

Kurnia, L., Abdiassahirah, T., & Maemunah, S. (2024). Analisis Kesalahan Siswa SMP Dalam Menyelesaikan Soal Materi Aritmatika Sosial Menggunakan Tahap Kastolan. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, *7*(2), 357–364. https://doi.org/10.22460/jpmi.v7i2.19800

Najwa, W. A. (2021). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Penjumlahan Bilangan Bulat Berdasarkan Teori Kastolan. *Jurnal Sekolah Dasar*, *6*(1), 77–83. https://doi.org/10.36805/jurnalsekolahdasar.v6i1.1288

Zulfah. (2017). Analisis Kesalahan Peserta Didik Pada Materi Persamaan Linear Dua Variabel. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika,1*(1), 12–16.

Purnamasari, A., & Afriansyah, E. A. (2021). Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMP pada Topik Penyajian Data di Pondok Pesantren. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, *1*(2), 207–222. https://doi.org/10.31980/plusminus.v1i2.1257

Ramadhini, D. A., & Kowiyah, K. (2022). Analisis Kesalahan Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Cerita Matematika Materi Kecepatan Menggunakan Teori Kastolan. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(3), 2475–2488. https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i3.1581

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2433

Rimo, I. H. E. (2018). Analisis Kesulitan Mahasiswa Pendidikan Fisika FKIP-UNDANA Dalam Memahami Materi Volume Benda Putar. *Jurnal Ilmiah Soulmath : Jurnal Edukasi Pendidikan Matematika*, *6*(2), 91–104. https://doi.org/10.25139/smj.v6i2.1155

Rofi'ah, N., Ansori, H., & Mawaddah, S. (2019). Analisis Kesalahan Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Cerita Matematika Berdasarkan Langkah Penyelesaian Polya. *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, *7*(2), 120. https://doi.org/10.20527/edumat.v7i2.7379

Sanjaya, F. (2021). Analisis Penggunaan Media Pembelajaran Ditinjau Dari Pemahaman Konsep Pada Materi Volume Benda Putar Metode Kulit Tabung Mahasiswa Pendidikan Matematika. *Statmat : Jurnal Statistika Dan Matematika*, *3*(1), 49–57. https://doi.org/10.32493/sm.v3i1.8511

Sari, D. K. (2023). Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Permasalahan Aljabar Boolean Berdasarkan Teori Kastolan. *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, *11*(2), 237–247. https://doi.org/10.37905/euler.v11i2.22478

Sari, M. R., Sa'dijah, C., & Sukoriyanto, S. (2022). Analisis Kesalahan Siswa SMP dalam Menyelesaikan Tes Literasi Statistik Berdasarkan Tahapan Kastolan. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, *11*(1), 156. https://doi.org/10.25273/jipm.v11i1.13948

Septianingsih, N., & Amelia, R. (2023). Analisis Kesalahan Peserta Didik Berdasarkan Tahapan Kastolan dalam Menyelesaikan Soal Relasi dan Fungsi pada Peserta Didik SMP Kelas VIII. *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif)*, *6*(5), 1995–2002. https://doi.org/10.22460/jpmi.v6i5.19409

Sihombing, S. C. (2020). Interpolasi Polinom Newton untuk Mengestimasi Fungsi Polinomial dari Suatu Benda Putar. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, *1*(2), 33. https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i2.4994

Silitonga, R. H. Y., & Ramadhani, W. P. (2023). Hubungan Antara Hasil Belajar Kalkulus Diferensial Dan Integral Dengan Prestasi Belajar Kalkulus Lanjut Mahasiswa. *Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika*, *8*(2), 101–113.

Siregar, T. M., Saragih, R. M., Wardani, A., Lumbanraja, I., & Silalahi, W. R. W. (2023). Analisis Kesulitan siswa SMA dalam menyelesaikan soal integral tentu dan integral tak tentu. *Nautical: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, *2*(9), 1–8. https://jurnal.arkainstitute.co.id/index.php/nautical/index

Sulistyorini, Y., & Napfiah, S. (2019). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Dalam Memecahkan Masalah Kalkulus. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *8*(2), 279. https://doi.org/10.24127/ajpm.v8i2.1947

Sundari, S., & Wulantina, E. (2022). Analisis Kesulitan Menyelesaikan Soal Operasi Bentuk Aljabar. *LINEAR: Journal of Mathematics Education*, *3*(2), 147. https://doi.org/10.32332/linear.v3i2.4858

Vhantoria, F. (2022). Analisis Kesalahan Mahasiswa Menyelesaikan Soal Ketaksamaan Yang Melibatkan Nilai Mutlak Berdasarkan Teori Kastolan. *Eksponen*, *12*(1). https://doi.org/10.47637/eksponen.v12i1.513

Yudhi Anggoro, A. (2023). Analisis Kesalahan Mahasiswa Pendidikan Matematika Dalam Menyelesaikan Soal Kalkulus Integral. *Asimtot : Jurnal Kependidikan Matematika*, *4*(2), 131–140. https://doi.org/10.30822/asimtot.v4i2.2340