

DESKRIPSI KESALAHAN MAHASISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL GEOMETRI ANALITIK MENURUT TEORI NEWMAN DITINJAU DARI KEMAMPUAN MATEMATIKA

Asmaun¹, Fajar Arwadi², Muh. Rifandi³

Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar^{1,2}

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sulawesi Barat³

Email: asmaun@unm.ac.id¹, fajar.arwadi53@unm.ac.id²,
muhrifandy23@gmail.com³

Coessponding Author: Asmaun email: asmaun@unm.ac.id

Abstrak. Geometri analitik sebagai mata kuliah yang melibatkan proses aljabar dalam menyelesaikan masalah menuntut ketelitian mahasiswa dan tidak jarang terjadi berbagai kesalahan yang disebabkan oleh tingkat kemampuan matematika mahasiswa yang beragam. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal Geometri Analitik berdasarkan teori Newman, ditinjau dari tingkat kemampuan matematikanya. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Lokasi penelitian adalah Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, yang dilaksanakan pada semester genap tahun akademik 2023/2024. Subjek penelitian terdiri dari tiga mahasiswa dengan tingkat kemampuan matematika yang berbeda, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Pemilihan subjek dilakukan dengan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Data penelitian diperoleh melalui tes tertulis dan wawancara. Serta teknik analisis data yang digunakan secara kualitatif dengan mengumpulkan data, menyajikan data dan menarik Kesimpulan. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu kesalahan yang dilakukan oleh mahasiswa dengan kemampuan matematika tinggi hanya melakukan kesalahan pada proses *reading* dan *encoding* sedangkan pada tahapan yang lain menurut teori Newman mahasiswa tidak melakukan kesalahan dan mampu mendapatkan jawaban benar. Mahasiswa dengan kemampuan matematika sedang melakukan kesalahan membaca (*reading*), kesalahan memahami (*comprehension*), kesalahan transformasi (*transformation*), kesalahan keterampilan proses (*process skill*) dan kesalahan jawaban akhir (*encoding*). Mahasiswa dengan kemampuan matematika rendah melakukan kesalahan pada setiap tahapan, pada tahap membaca soal (*reading*), mahasiswa juga tidak memahami maksud pertanyaan (*comprehension*) sehingga mahasiswa tidak mampu menggunakan notasi yang benar (*transformation*) dan akhirnya tidak mampu melanjutkan proses penyelesaian.

Kata Kunci: Kesalahan, Geometri Analitik, Teori Newman, Kemampuan Matematika

Abstract. Analytical geometry as a course that involves algebraic processes in solving problems requires students' accuracy and it is not uncommon for various errors to occur due to the varying levels of students' mathematical abilities. This study aims to describe students' errors in solving Analytical Geometry problems according to Newman's theory as viewed from their mathematical abilities. This research is a qualitative study with a descriptive approach. This research was conducted at the Mathematics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Makassar State University in the even semester of 2023/2024. The subjects in this study were students of the Mathematics Department consisting of 3 people, namely students with high mathematical abilities, students with moderate mathematical abilities, and students with low mathematical abilities. The sampling technique used was purposive sampling by setting criteria for selecting research subjects. Data were collected through written tests and interviews. As well as data analysis techniques used qualitatively by collecting data, presenting data and drawing conclusions. The results obtained in this study were that the errors made by students with high mathematical abilities only made mistakes in the reading and encoding processes, while at other stages according to Newman's theory, students did not make mistakes and were able to get the correct answers. Students with



moderate mathematical abilities make reading errors, comprehension errors, transformation errors, process skill errors and encoding errors. Students with low mathematical abilities make errors at every stage, at the reading stage, students also do not understand the meaning of the question (comprehension) so that students are unable to use the correct notation (transformation) and ultimately are unable to continue the solution process.

Keywords: Errors, Analytical Geometry, Newman's Teory, Mathematical Abilities

A. Pendahuluan

Salah satu ilmu pengetahuan yang sangat penting untuk dijadikan objek kajian dan memberikan pengaruh pada kehidupan nyata adalah matematika. Matematika memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan kajian bidang ilmu lainnya yang memiliki hubungan kontekstual dalam kehidupan sehingga sangat penting untuk dipelajari (Hajizah & Salsabila, 2024). Matematika urgen untuk dikaji lebih dalam sehingga pada semua tahapan pendidikan mulai dari yang paling dasar sampai yang paling tinggi semua membutuhkan matematika (Arwadi et al., 2024; Musyadad & Martadiputra, 2021). Matematika adalah disiplin ilmu yang bersifat abstrak, mengikuti pola pemikiran aksiomatik, dan didasarkan pada prinsip kebenaran (Bete et al., 2022). Matematika bertujuan untuk membentuk logika secara sistematis serta keterampilan kemampuan berpikir kritis dan kreatif (Triliana & Asih, 2019). Matematika terdiri dari empat wawasan luas, diantaranya aljabar, aritmatika, geometri dan analisis (Nurjanatin et al., 2017).

Pada jenjang perguruan tinggi geometri merupakan salah satu materi yang pasti ada di kurikulum akademik terkhusus pada jurusan matematika yang selanjutnya diturunkan menjadi beberapa mata kuliah. Mata kuliah geometri dibagi menjadi tiga bagian diantaranya, mata kuliah geometri dasar, geometri analitik dan geometri transformasi (Bete et al., 2022). Pada jenjang perguruan tinggi mahasiswa jurusan matematika pasti dipertemukan dengan matakuliah geometri analitik (Arwadi et al., 2024; Remme & Ba, 2018). Pembahasan geometri yang dilakukan dengan menggunakan proses aljabar seperti bagaimana menyelesaikan masalah jarak antar titik, titik ke garis dan menentukan persamaan lingkaran serta irisan kerucut, semua permasalahan ini dapat dipecahkan dalam mata kuliah geometri analitik yang sering juga dikenal dengan geometri koordinat (Maulana & Pujiastuti, 2020; Sugandi et al., 2022). Materi geometri analitik dianggap sebagai materi yang sukar untuk dipelajari dibandingkan materi matematika lainnya, dikarenakan pada salah satu pokok bahasannya terdapat bahasan tentang bangun ruang yang menuntut kemampuan berpikir abstrak (Maulana & Pujiastuti, 2020). Oleh karena itu dalam penyelesaian masalah geometri analitik yang melibatkan proses aljabar yang terkadang rumit mengakibatkan kesulitan pada mahasiswa yang akhirnya terdapat beberapa kesalahan dalam proses penyelesaian masalah.

Matematika mempunyai sifat hirarkis atau runut antara konsep satu dan konsep yang lain sehingga untuk mempelajari konsep yang lebih kompleks maka diharuskan untuk mempelajari konsep yang lebih dasar terlebih dahulu. Inilah yang kemudian menyebabkan potensi kesalahan dapat dilakukan saat proses penyelesaian masalah. Seperti pendapat dari Rahmania & Rahmawati (2016) bahwa setiap langkah yang dilakukan dimungkinkan untuk terjadinya kesalahan yang berulang akibat dari kesalahan pada langkah sebelumnya menyebabkan kesalahan pada langkah selanjutnya dan berulang seterusnya. Begitupula pada mata kuliah geometri analitik yang menjadi materi utama dalam penelitian ini masih ditemukan banyaknya terjadi kesalahan pada mahasiswa.

Arwadi et al. (2024) berpendapat bahwa hampir semua mahasiswa mengalami kesulitan dalam belajar geometri analitik, hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kesalahan yang dilakukan mahasiswa diantaranya adalah kesulitan untuk menyusun rencana penyelesaian atau membuat model matematika, mengalami kesulitan dalam memahami informasi yang diberikan pada soal serta sering melakukan kesalahan dalam penggunaan notasi atau simbol matematika dan mengalami kendala dalam melanjutkan proses penyelesaian atau menyusun model, yang



mengakibatkan kesalahan dalam penyelesaian model matematika. Sejalan dengan hasil penelitian (Sugandi et al. (2022), yang mengatakan bahwa kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan geometri analitik diantaranya adalah konsep, procedural dan teknik. Menurut Noto et al. (2019), bahwa beberapa hambatan yang dihadapi dalam mempelajari geometri adalah kesulitan menerapkan konsep, kesulitan menggambarkan secara visual objek geometri, kesulitan memahami prinsip-prinsip geometri, kesulitan dalam pembuktian secara matematis karena tidak mampu mengungkapkan definisi dan menggunakannya untuk mengonstruksi bukti, kesulitan dalam menggunakan notasi, symbol dan bahasa matematika. Kesalahan tersebut perlu dianalisis lebih lanjut agar dapat memberikan gambaran mengenai solusi yang dapat diterapkan dikemudian hari untuk meminimalkan terjadinya kesalahan serupa demi membuat kualitas pembelajaran menjadi lebih baik (Nurfalah et al., 2021).

Melihat permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, maka diperlukan sebuah analisis kesalahan terhadap apa yang dikerjakan oleh mahasiswa dan mendalami apa penyebabnya. Teori yang dapat digunakan untuk menganalisis kesalahan serta jenisnya salah satunya adalah teori analisis Newman. Menurut Priliawati et al. (2019) dan Csáky et al. (2015) tahapan dalam analisis Newman mencakup lima jenis kesalahan, yaitu: kesalahan dalam membaca soal (*reading*), kesalahan dalam memahami isi permasalahan (*comprehension*), kesalahan saat mengubah informasi dari soal menjadi bentuk penyelesaian (*transformation*), kesalahan dalam keterampilan proses perhitungan (*process skill*), serta kesalahan dalam menuliskan jawaban akhir (*encoding*). Beberapa penelitian sebelumnya telah ditemukan hasil yang menunjukkan kesalahan yang dilakukan mahasiswa pada geometri analitik yang dianalisis menurut teori Newman. Seperti penelitian sebelumnya oleh (Bete et al., 2022; Hajizah & Salsabila, 2024; Hamid et al., 2023) ditemukan bahwa terdapat kesalahan dalam membaca soal (*reading*) ditandai dengan kesulitan dalam mengidentifikasi informasi dan maksud pertanyaan pada soal; kesalahan memahami masalah (*comprehension*) dengan ditemukan bahwa mahasiswa belum mampu memahami sepenuhnya pokok permasalahan dan informasi pada soal; kesalahan transformasi model matematika (*transformation*) ditemukan kesalahan yang terjadi dalam mengubah informasi-informasi pada soal kedalam model matematika yang benar; kesalahan pada keterampilan proses (*process skill*) yaitu masih banyak yang tidak mampu melakukan perhitungan matematis dalam proses penyelesaian dengan benar; kesalahan pada kesimpulan (*encoding*) yaitu kesalahan pada penulisan kesimpulan. Sejalan dengan penelitian dari Mandailina et al. (2022) bahwa pada bidang geometri sedangkan siswa paling banyak melakukan kesalahan pada indikator transformasi (*transformation*) dan melakukan perhitungan (*process skill error*) dengan persentase sebesar 49%.

Aspek yang tak kalah penting untuk dijadikan pertimbangan dalam melihat bagaimana mahasiswa menyelesaikan masalah adalah kemampuan matematika. Setiap mahasiswa memiliki kompetensi yang berbeda-beda dalam memahami dan memecahkan permasalahan matematika (A(Asmaun, 2024; Talib et al., 2024). Kemampuan matematika memberikan pengaruh terhadap terjadinya kesalahan dalam proses penyelesaian masalah matematika. Bersesuaian dengan penelitian dari (Kurniadi & Purwaningrum (2018) bahwa kelompok dengan kemampuan matematika rendah cenderung banyak melakukan kesalahan pada tahap persiapan sebelum mengerjakan soal seperti tidak membaca informasi dengan teliti, tidak menyebutkan secara lengkap apa yang diketahui dan tidak mampu mengidentifikasikannya sehingga terjadi salah penafsiran. Sementara itu pada penelitian lain ditemukan bahwa siswa dengan kemampuan matematika tinggi, sedang dan rendah masih melakukan kesalahan penyelesaian soal pada tahap transformasi dan proses (Iriani et al., 2022).

Berdasarkan uraian sebelumnya bahwa beberapa penelitian relevan yang terdahulu terkait kesalahan yang terjadi dalam menyelesaikan masalah geometri analitik menurut teori Newman, memperoleh hasil bahwa secara umum masih banyak ditemukan kesalahan yang dilakukan



pada semua tahap kesalahan menurut teori Newman baik pada tahap membaca soal, dilanjutkan dengan tahap memahami soal, transformasi, proses dan kesimpulan. Namun pada penelitian tersebut masih belum ditekankan hasil berdasarkan aspek kemampuan matematika mahasiswa. Penelitian ini mencoba menjadikan aspek kemampuan matematika mahasiswa yang beragam sebagai salah satu variabel yang dipertimbangkan dalam mendeskripsikan kesalahan-kesalahan dan mencari apa saja faktor penyebabnya. Penelitian ini juga menawarkan wawasan baru dalam pengembangan strategi pembelajaran berbasis kesalahan dengan menyesuaikan metode intervensi untuk kelompok mahasiswa dengan tingkat kemampuan yang berbeda. Sehingga diharapkan untuk pengajar baik dosen maupun guru dapat menjelaskan kesalahan mendasar yang dilakukan mahasiswa yang berdampak pada hasil belajar yang rendah (Ramdani et al., 2019). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perancangan kurikulum dan strategi pengajaran yang lebih adaptif serta efektif dalam meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam matakuliah geometri analitik.

B. Metode Penelitian

Metode dari penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif dengan mendeskripsikan hasil yang diperoleh. Tujuan yang coba diangkat pada penelitian adalah untuk dapat mendeskripsikan kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah geometri analitik menurut teori Newman ditinjau dari kemampuan matematika serta menguraikan faktor penyebabnya. Penelitian ini berlangsung pada semester ganjil disesuaikan dengan mata kuliah geometri analitik yang diprogram oleh mahasiswa. Pemilihan subjek dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik non acak atau pemilihan subjek dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan individu yang dianggap mampu mendeskripsikan serta menjelaskan data tentang kesalahan dalam menyelesaikan soal berdasarkan setiap kategori kemampuan matematika. Kemampuan matematika pada mahasiswa yang dipilih sebagai subjek dibagi kedalam tiga kategori yaitu kemampuan matematika tinggi, sedang dan rendah. Subjek dipilih dari mahasiswa Jurusan Matematika UNM yang sedang memprogramkan mata kuliah Geometri Analitik.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri atas instrumen utama yaitu peneliti dan juga instrumen pendukung yaitu tes soal geometri analitik beserta pedoman wawancara. Prosedur dalam penelitian ini yaitu membagi mahasiswa kedalam tiga kelompok aspek yaitu mahasiswa yang memiliki kemampuan matematika tinggi, mahasiswa dengan kemampuan matematika sedang, dan mahasiswa yang kemampuan matematikanya tergolong rendah yang didasarkan pada perolehan hasil nilai indeks prestasi kumulatif mahasiswa. Kemudian penyebaran tes soal geometri analitik kepada mahasiswa dalam kelas yang terpilih. Untuk mengumpulkan data penelitian digunakan teknik pemberian tes tertulis dan wawancara yang telah validasi oleh dua orang dosen validator dan telah layak untuk digunakan. Adapun soal yang diberikan adalah:

Bentuk persamaan garis yang melalui perpotongan bidang-bidang $4x+3y-7z=1$ dan $10x+6y-5z=10$ adalah ...

Pemeriksaan hasil tes tertulis mahasiswa untuk dianalisis kesalahan-kesalahan yang dilakukan dalam menyelesaikan soal geometri analitik. Dari hasil pemeriksaan, diambil minimal 3 subjek pada masing-masing kategori. Melakukan wawancara pada subjek yang terpilih untuk mengungkap kesalahan dan kemungkinan-kemungkinan penyebab mahasiswa mengalami kesalahan dalam menyelesaikan soal geometri analitik. Wawancara dilakukan untuk setiap nomor soal pada lembar tugas.

Sementara itu, untuk melihat kesalahan-kesalahan yang dilakukan mahasiswa maka diuraikan indikator-indikator kesalahan menurut teori Newman seperti pada tabel 1 berikut.



Tabel 1. Indikator Kesalahan menurut Teori Newman

Tahapan dalam Teori Kesalahan Newman	Indikator Kesalahan
Membaca soal (<i>Reading</i>)	Mahasiswa salah dalam membaca topik, simbol, kata-kata atau informasi penting pada soal
Memahami soal (<i>Comprehension</i>)	a. Mahasiswa kesulitan memahami maksud atau isi dari soal yang diberikan b. Mahasiswa keliru dalam menafsirkan informasi dalam soal, sehingga tidak dapat melanjutkan ke langkah penyelesaian berikutnya c. Mahasiswa menuliskan apa yang diketahui dan yang ditanyakan persis sama dengan soal tetapi tidak dapat menyelesaikannya
Transformasi proses (<i>Transformation</i>)	a. Mahasiswa kesulitan untuk mengubah permasalahan yang diberikan menjadi model matematika yang tepat b. Mahasiswa tidak tepat dalam menggunakan tanda operasi aritmatika untuk menyelesaikan soal c. Mahasiswa terlanjur mengubah informasi kedalam masalah namun menuliskan informasi yang tidak lengkap
Keterampilan proses (<i>Process Skill</i>)	a. Mahasiswa melakukan kesalahan dalam perhitungan b. Mahasiswa tidak melanjutkan prosedur penyelesaian c. Mahasiswa melanjutkan proses perhitungan tapi tidak tepat karena terdapat kesalahan konsep aljabar
Menuliskan jawaban akhir (<i>Endcoding</i>)	a. Mahasiswa mengalami kesulitan dalam menuliskan hasil akhir sesuai dengan yang diminta dalam soal b. Mahasiswa belum mampu menarik kesimpulan dari penyelesaian kalimat matematika yang telah dikerjakan c. Kesalahan yang diakibatkan ketidakteelitian dan kecerobohan

Sumber: (Musyadad & Martadiputra, 2021)

Prosedur analisis data kualitatif penelitian ini merujuk pada teori menurut Mulyatiningsih (2011) terdiri atas tahapan: 1) Mengumpulkan data, dalam hal ini data mentah hasil tes tertulis dan wawancara yang diperoleh dari masing-masing subjek penelitian; 2) Pengorganisasian dan penyusunan data, mengoreksi data mentah yang didapatkan ke dalam data yang lebih rapi dan menurut tema masalah, melakukan pemberian kode (pengkodean) serta mereduksi data yang sama, tidak relevan tidak penting; 3) Penyajian data, dengan menampilkan data hasil tes tulis dan wawancara yang telah direvisi sebelumnya dengan menyusun abstraksi (ringkasan) menurut tematiknya; 4) Verifikasi dan kesimpulan, dengan membandingkan temuan dengan teori sebelumnya, mengecek keabsahan data melalui sumber data lain dan perpanjangan pengamatan sampai tercapai kejenuhan data dan diakhiri dengan menyusun laporan atau menarik kesimpulan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kriteria pemilihan subjek penelitian seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa dari sejumlah mahasiswa yang memprogramkan mata kuliah geometri analitik, ditetapkan 3 subjek yang masing-masing menjadi perwakilan kategori kemampuan matematika. Dasar penentuan ini dengan melihat nilai indeks prestasi akademik atau IPK mahasiswa. Mahasiswa dengan IPK rendah memiliki IPK di bawah 2,75 yang kemudian dipilih sebagai subjek dengan kemampuan matematika rendah, mahasiswa dengan tingkat IPK sedang memiliki IPK pada rentang 2,75 hingga 3,5 dipilih sebagai subjek dengan kemampuan matematika sedang, sedangkan IPK tinggi berada pada rentang IPK lebih dari 3,5 dipilih sebagai subjek dengan kemampuan matematika tinggi. Mahasiswa yang terpilih menjadi subjek merupakan mahasiswa yang berada di semester 4 pada saat pengambilan data. Adapun subjek dengan nama disamarkan menggunakan kode yang dipilih berdasarkan kemampuan matematika pada Tabel 2.

Tabel 2. Subjek Penelitian

Kemampuan Matematika	Kode Mahasiswa
Tinggi	ST
Sedang	SS
Rendah	SR

Kemudian terhadap masing-masing subjek dengan kategori yang telah ditetapkan diberikan soal pemecahan masalah yang berkaitan dengan materi mata kuliah geometri analitik. Diberikan waktu pengerjaan maksimal 10 menit.

1. Deskripsi Kesalahan Menurut Teori Newman untuk Subjek ST

Diketahui persamaan garis g_1 melalui persamaan bidang
 $4x + 3y - 7z = 1$ dan $10x + 6y - 5z = 10$
 Ditanya :
 Berapa banyak persamaan garis
 $g = (x, y, z) + t(a, b, c)$
 Jawab :
 $V_1 = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \\ -7 \end{bmatrix}$, $V_2 = \begin{bmatrix} 10 \\ 6 \\ -5 \end{bmatrix}$
 $V_1 \times V_2 = \begin{bmatrix} 3 & -7 \\ 6 & -5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -7 \\ 10 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 7 & 3 \\ 10 & 0 \end{bmatrix}$
 $= (77, 50, -6)$
 Misal $t=0$
 mencari x
 $x = \frac{\begin{vmatrix} -0 & b_1 \\ -0 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 10 & 6 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 10 & 6 \end{vmatrix}} = \frac{-24}{-6} = 4$
 mencari y
 $y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & -0 \\ a_2 & -0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} 4 & 1 \\ 10 & 10 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 10 & 6 \end{vmatrix}} = \frac{30}{-6} = -5$
 maka $g = (4, -5, 0) + t(77, 50, -6)$

Gambar 1 Lembar Jawaban Subjek ST

Dalam menguji kredibilitas data, maka dilakukan verifikasi yakni dengan melakukan wawancara. Wawancara ini dilakukan sekaligus dalam melakukan triangulasi metode. Adapun paparan data hasil wawancara dengan Subjek ST ditunjukkan sebagai berikut:

P : Apa yang diketahui dan ditanyakan pada soal?

TA : Diketahui dua persamaan bidang yang saling berpotongan dan ditanyakan adalah persamaan garis

P : Mengapa kita mesti mencari vektor arah terlebih dahulu?

- TA : Vektor normal masing-masing dikalikan untuk menghasilkan arah dari garis yang berupa vektor
- P : Mengapa dengan cara mencari vektor arah, kita mesti menghasilkan perkalian cross/silang antara dua vektor normal?
- TA : karena pengertiannya perkalian silang kan memang operasi matematika pada 2 vektor dalam ruang 3d untuk menghasilkan vektor baru dimisalkan tadi ada vektor A sama B, menghasilkan vektor C karena vektor A sama B itu ada pada 1 bidang datar yang sama, terus vektor C tegak lurus terhadap bidang yang dibentuk A sama B
- P : Mengapa kita memisalkan $z=0$
- TA : Karena tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai x dan y
- P : Apakah memungkinkan z dimisalkan dengan nilai lain?
- TA : Tidak menjawab
- P : Mengapa menggunakan parameter λ dalam jawaban?
- TA : Dikarenakan untuk menentukan koordinat titik-titik yang dilalui sepanjang garis

Setelah melihat penyelesaian dan paparan wawancara, Pada jawaban terlihat bahwa Subjek ST mampu membaca soal (*reading*) dengan baik meskipun tidak secara langsung menuliskan apa yang diketahui pada soal. Kemudian subjek ST juga mampu memahami soal (*comprehension*) yang diberikan terlihat dari langkah penyelesaian yang dipilih untuk menentukan jawaban namun subjek ST tidak secara langsung menuliskan pada lembar jawaban akan tetapi subjek ST dapat menjelaskan alasannya pada proses wawancara. Pada tahap transformasi proses (*transformation*) subjek ST dapat dengan tepat mengubah masalah yang diberikan kedalam model matematika yang sesuai untuk menyelesaikan soal. Selanjutnya subjek ST juga dapat melakukan keterampilan proses (*process skill*) dengan tepat terlihat dari jawaban subjek yang mampu menyelesaikan model matematika dan memperoleh jawaban yang tepat namun saat ditanyakan lebih lanjut tentang kemungkinan nilai lain yang mungkin untuk variabel z subjek tidak menjawab. Pada tahap menuliskan jawaban akhir (*endcoding*) subjek mampu menuliskan jawaban akhir yang benar namun bentuk penulisan jawaban kurang lengkap.

2. Deskripsi Kesalahan Menurut Teori Newman untuk Subjek ST

Soal: Tentukan persamaan garis yang melalui persimpangan bidang $4x + 3y - 2z = 1$ dan $10x + 6y - 3z = 10$ adalah:

Jawab:

Langkah 1: Menentukan vektor normal.

$$A = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 4 & 3 & -2 \\ 10 & 6 & -3 \end{vmatrix}$$

$$A = i(3(-2) - (-12)) - j(4(-3) - (-20)) + k(4(6) - 3(10))$$

$$= i(-6 + 12) - j(-12 + 20) + k(24 - 30)$$

$$= 6i - 8j - 6k \Rightarrow (6, -8, -6)$$

Langkah 2: Mencari titik persimpangan.

Dik misalkan $z = 0$, maka $4x + 3y = 1$ dan $10x + 6y = 10$ (2).

Persamaan (2) kita sederhanakan, dan misalkan $5x + 3y = 5$

Maka:

$$\begin{array}{rcl} 5x + 3y & = & 5 \\ 4x + 3y & = & 1 \\ \hline x & = & 4 \end{array} \Rightarrow x = 4$$

Jadi, $x = 4$ di substitusikan pers (2),

$$4(4) + 3y = 5$$

$$16 + 3y = 5$$

$$3y = -11$$

$$y = -11/3$$

Maka $\Rightarrow (4, -11/3, 0)$

Langkah 3: Bentuk persamaan garis yang melalui garis tersebut.

pers vektor $(6, -8, -6)$ dan $(4, -11/3, 0)$

$$\frac{x-4}{6} = \frac{y+11/3}{-8} = \frac{z}{-6} = p$$

$$\begin{cases} x = 4 + 6p \\ y = -11/3 - 8p \\ z = -6p \end{cases}$$

Jadi, bentuk persamaan garis yang melalui garis tersebut:

$$\begin{cases} x = 4 + 6p \\ y = -11/3 - 8p \\ z = -6p \end{cases}$$

Gambar 2 Lembar Jawaban Subjek SS

Berikut paparan data hasil wawancara antara peneliti dan Subjek SI sebagaimana ditunjukkan berikut ini.

- P : Menurut anda, pada soal apa yang diketahui dan ditanyakan?
SI : Diketahui dua persamaan garis ditanyakan persamaan garis
P : Apakah memang persamaan yang ada pada soal adalah persamaan garis
SI : Iya pak
P : Mengapa kita mesti mencari vektor arah terlebih dahulu?
SI : Karena untuk memasukkannya nanti pada persamaan garis
P : Mengapa dengan cara mencari vektor arah, kita mesti menghasilkan perkalian cross/silang antara dua vektor normal?
SI : Karena untuk menemukan vektor yang sejajar dengan perpotongan dua bidang, dibutuhkan perkalian cross dua vektor normal untuk vektor yang sejajar dengan garis perpotongan dua bidang tersebut.
P : Mengapa anda memisalkan $z=0$?
SI : Tidak memberi jawaban
P : Mengapa anda menggunakan simbol p pada jawaban akhir
SI : Karena p adalah sebagai variabel
P : Apa maksud dari kesamaan $x = 4 + 27p$, $y = -5 + 50p$, dan $z = -6p$
SI : Tidak memberikan jawaban

Pada gambar penyelesaian serta paparan wawancara dari subjek SS, dapat dilihat bahwa pada tahap membaca soal (*reading*) subjek SS melakukan kesalahan karena tidak menuliskan apa yang diketahui pada soal serta saat ditanyakan subjek SS salah dalam memahami informasi (*comprehension*) pada soal dengan mengatakan permasamaan pada soal adalah persamaan garis yang sebenarnya adalah persamaan bidang. Subjek mampu memilih langkah yang benar untuk menyelesaikan soal, namun tidak mampu menuliskan simbol perkalian silang vektor dengan benar atau terjadi kesalahan proses transformasi (*transformation*). Selain itu pada proses perhitungan perkalian silang vektor, jawaban yang dihasilkan juga terjadi kesalahan yang diakibatkan oleh kesalahan proses perhitungan atau kesalahan keterampilan proses (*process skill*). Kesalahan ini berakibat pula pada jawaban akhir yang diberikan oleh subjek SS. Subjek juga salah dalam menuliskan persamaan garis yang diinginkan pada soal dan tidak memberikan alasan ketika ditanyakan penggunaan variabel p pada jawaban akhir (*encoding*).

3. Deskripsi Kesalahan Menurut Teori Newman untuk Subjek SR

Bentuk pers. garis yg melalui perpotongan bidang " $4x+3y-7z=1$ & $10x+6y-5z=10$ adalah

- Vektor normal : $\vec{n}_1 = (4, 3, -7)$, $\vec{n}_2 = (10, 6, -5)$

- Vektor arah : $\vec{a} = \vec{n}_1 \times \vec{n}_2 = \begin{vmatrix} 4 & 3 & -7 \\ 10 & 6 & -5 \end{vmatrix}$

$$= \begin{vmatrix} 4 & 3 & -7 \\ 10 & 6 & -5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -7 \\ 10 & -5 \end{vmatrix} \mathbf{i} - \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 10 & 6 \end{vmatrix} \mathbf{j} + \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 10 & 6 \end{vmatrix} \mathbf{k}$$

$$= (-15+42)\mathbf{i} - (-20+70)\mathbf{j} - (24-30)\mathbf{k}$$

$$= 27\mathbf{i} - 50\mathbf{j} + 6\mathbf{k}$$

Gambar 3. Lembar Jawaban Subjek SR

Berikut paparan data hasil wawancara antara peneliti dan Subjek SI sebagaimana ditunjukkan berikut ini.

- P : Menurut anda, pada soal apa yang diketahui dan ditanyakan?
RA : Diketahui dua persamaan bidang dan yang ditanyakan persamaan garis pak
P : Mengapa kita mesti mencari vektor arah terlebih dahulu?
RA : Karena persamaan garis memiliki vektor arah pak jadi mesti dicari dulu

- P : Mengapa dengan cara mencari vektor arah, kita mesti menghasilkan perkalian cross/silang antara dua vektor normal?
- RA : Tidak menjawab

Pada tahap membaca soal (*reading*) subjek SR melakukan kesalahan dengan tidak mampu mengidentifikasi apa yang diketahui pada soal dan tidak menuliskannya pada lembar jawaban. Ketika ditanyakan tentang informasi pada soal, subjek mengetahui persamaan pada soal adalah persamaan bidang dan yang dicari adalah persamaan garis namun dilihat dari pekerjaan subjek SS yang tidak mampu mendapatkan jawaban yang tepat terjadi kesalahan dalam memahami soal (*comprehension*). Pada proses mengubah permasalahan kedalam model matematika yang benar subjek SS melakukan kesalahan menuliskan notasi pada ruas kanan (*transformation*). Subjek SS juga belum mampu melanjutkan proses penyelesaian yang tepat untuk menyelesaikan soal atau terjadi kesalahan keterampilan proses (*process skill*). Sehingga subjek SS tidak menuliskan jawaban akhir untuk soal yang diberikan atau terjadi kesalahan pada kesimpulan (*encoding*).

4. Pembahasan

Kesalahan mahasiswa yang mempunyai kemampuan matematika tergolong tinggi menurut teori Newman yang ditunjukkan oleh jawaban subjek ST yaitu pada tahap membaca soal (*reading*) yaitu tidak menuliskan dengan jelas informasi yang diketahui pada soal walaupun setelah dikonfirmasi pada proses wawancara bahwa sebenarnya mahasiswa mengetahui maksud dari soal. Sejalan dengan penelitian dari (Arwadi et al., 2024) bahwa mahasiswa dengan prestasi belajar tinggi melakukan kesalahan dalam merencanakan penyelesaian. Adapun pada tahap memahami soal (*comprehension*) mahasiswa dengan kemampuan matematika tinggi dapat dengan baik mengidentifikasi informasi yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah serta dapat mengubah masalah ke dalam model matematika yang sesuai (*transformation*) untuk menyelesaikan soal yang diberikan. Pada proses penyelesaian mahasiswa memiliki keterampilan proses (*process skill*) dengan melakukan perhitungan yang sesuai dan tepat sehingga mampu mendapatkan jawaban yang benar. Mahasiswa juga mampu menuliskan kesimpulan yang tepat meskipun bentuk penyelesaian yang digunakan belum lengkap (*encoding*) yang harusnya mahasiswa menuliskan dalam bentuk vektor akan tetapi tidak ada penjelasan dari bentuk tersebut. Dengan demikian, secara umum mampu menyelesaikan soal geometri analitik yang diberikan dan hanya melakukan kesalahan yang relatif kecil. Hal ini sejalan dengan penelitian dari (Iriani et al., 2022) bahwa dengan kemampuan matematika tinggi presentase kesalahan yang dilakukan pada setiap tahapan berdasarkan teori Newman sangat rendah. Pada penelitian lain (Priliawati et al., 2019) menyatakan bahwa siswa yang berprestasi cenderung lebih sedikit membuat semua jenis kesalahan berdasarkan prosedur Newman dibandingkan siswa yang prestasinya rendah.

Mahasiswa yang berkemampuan matematika tergolong sedang pada tahap membaca soal (*reading*) tidak mampu mengidentifikasi informasi yang diperlukan untuk menyelesaikan soal. Mahasiswa tidak menuliskan apa yang diketahui pada soal. Bersesuaian dengan penelitian dari (Hajizah & Salsabila, 2024) bahwa pada tahap membaca soal (*reading*) kesalahan yang terjadi adalah identifikasi informasi yang masih kurang. Mahasiswa juga belum memahami (*comprehension*) dengan baik maksud dari soal. Mahasiswa menganggap apa yang diketahui pada soal adalah persamaan garis yang seharusnya adalah persamaan bidang. Selanjutnya pada proses transformasi bentuk masalah kedalam model matematika, mahasiswa tidak mampu menuliskan notasi matematika yang benar untuk hasil kali silang vektor normal. Sejalan dengan penelitian dari (Bete et al., 2022) bahwa kesalahan mahasiswa dalam mengerjakan soal geometri analitik adalah kurang mampu untuk mengubah informasi menjadi kalimat matematika yang benar. Mahasiswa dengan kemampuan matematika sedang juga melakukan



kesalahan pada proses perhitungan (*process skill*) yaitu salah dalam mengurangi yang berakibat pada vektor arah yang dihasilkan juga salah. Seperti menurut (Hamid et al., 2023) bahwa berdasarkan penelitian yang dilakukan ditemukan masih banyak siswa tidak mampu melakukan operasi hitung dengan prosedur yang benar dalam perhitungan. Kesalahan jawaban akhir yang dituliskan mahasiswa dengan kemampuan matematika sedang dikarenakan kesalahan yang terjadi pada proses sebelumnya. Ketidaktekelitian dan kurang hati-hati menjadi penyebab kesalahan jawaban akhir yang dituliskan (*endcoding*). Sejalan dengan penelitian dari (Remme & Ba, 2018) bahwa salah satu penyebab kesalahan mengerjakan soal adalah kurang teliti serta terburu-buru.

Kesalahan berdasarkan teori Newman untuk mahasiswa dengan kemampuan matematika rendah dimulai dari kesalahan membaca soal (*reading*), mahasiswa tidak mampu mengidentifikasi informasi yang penting pada soal sehingga mahasiswa tidak menuliskan apa yang diketahui. Sejalan dengan penelitian dari (Hajizah & Salsabila, 2024) bahwa dalam membaca soal kesalahan yang sering dilakukan adalah tidak mampu mengidentifikasi permasalahan secara tepat. Selanjutnya mahasiswa juga tidak memahami dengan baik maksud dari soal yang diberikan (*comprehension*) yang pada saat ditanyakan mahasiswa tidak mampu menjelaskan maksud yang ditanyakan pada soal. Hasil ini relevan dengan penelitian dari (Iriani et al., 2022) yang menyatakan bahwa hasil yang diperoleh oleh siswa dengan kemampuan matematika rendah tidak sesuai dengan perintah pada soal. Pada tahap mengubah permasalahan kedalam kalimat atau model matematika (*transformation*) mahasiswa tidak mampu menggunakan simbol, notasi yang benar untuk menyatakan perkalian silang vektor. Akibatnya mahasiswa tidak mampu melanjutkan proses penyelesaian masalah. Hal ini didukung oleh penelitian dari (Mawasdi & Yunianta, 2018; Musyadad & Martadiputra, 2021) yang menyatakan bahwa pada proses *transformation* kesalahan yang dilakukan adalah saat merubah soal menjadi model matematika dan tidak mengetahui prosedur penyelesaian soal. Lebih lanjut kesalahan pada keterampilan proses (*process skill*) mahasiswa dengan kemampuan matematika rendah mengalami kesulitan yang disebabkan oleh ketidakmampuan pada langkah sebelumnya sehingga mahasiswa tidak mampu untuk melanjutkan proses penyelesaian soal. Pada tahap menuliskan jawaban akhir (*endcoding*) mahasiswa dengan kemampuan rendah tidak menuliskan jawaban dikarenakan ketidakmampuan pada tahap *transformation* dan *process skill* sehingga tidak mampu menyelesaikan masalah hingga akhir. Sejalan dengan temuan ini, (Iriani et al., 2022) menyatakan bahwa kesalahan paling tinggi dilakukan oleh siswa dengan kemampuan matematika rendah adalah pada tahap *process skill* dan *endcoding*, hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan melanjutkan proses perhitungan akibat kesalahan dalam tahap *transformation*.

D. Kesimpulan

Merujuk pada penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa kesalahan dari mahasiswa yang berkemampuan matematika tergolong tinggi yaitu tidak menuliskan apa yang diketahui (*reading*), sedangkan pada tahapan yang lain menurut teori Newman mahasiswa tidak melakukan kesalahan dan mampu mendapatkan jawaban benar meskipun jawaban akhir yang dituliskan bentuknya masih belum lengkap (*endcoding*). Mahasiswa dengan kemampuan matematika sedang melakukan kesalahan membaca (*reading*) yaitu tidak menuliskan informasi pada soal, kesalahan memahami (*comprehension*) yaitu salah memahami informasi pada soal, kesalahan transformasi (*transformation*) yaitu salah dalam menggunakan notasi perkalian silang vektor, kesalahan keterampilan proses (*process skill*) yaitu salah dalam melakukan perhitungan dan kesalahan pada jawaban akhir (*endcoding*). Mahasiswa yang berkemampuan matematika tergolong rendah melakukan kesalahan pada setiap tahapan, pada tahap membaca (*reading*) mahasiswa tidak menuliskan informasi pada soal, mahasiswa juga tidak memahami maksud pertanyaan soal (*comprehension*) sehingga



mahasiswa tidak mampu menggunakan notasi yang benar (transformation) dan akhirnya tidak mampu melanjutkan proses perhitungan (process skill) dan tidak menuliskan penyelesaian akhir (endcoding).

Penelitian ini tentu memiliki keterbatasan sehingga perlu untuk diberikan saran bagi penelitian serupa di masa mendatang. Keterbatasan penelitian ini terdapat pada variasi dan jumlah soal, diharapkan peneliti lain dapat memperbanyak jenis dan jumlah soal serta dapat mengkaji lebih dalam tentang faktor penyebab kesalahan yang dilakukan oleh mahasiswa. Untuk pengajar atau dosen diharapkan agar lebih sering mengajarkan teknik atau cara penyelesaian masalah kepada mahasiswa, dan bagi mahasiswa, diharapkan agar mampu memahami konsep dari fakta-fakta yang diketahui pada materi matematika.

DAFTAR PUSTAKA

- Arwadi, F., Asmaun, A., & Ruslan, R. (2024). Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Analitik Ditinjau Dari Prestasi Belajar. *JRIP: Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 4(3), 1819. <https://doi.org/10.51574/jrip.v4i3.2206>
- Asmaun, A. (2024). Proses Berpikir Kreatif Siswa dalam Pemecahan Masalah Berdasarkan Teori Wallas Ditinjau dari Kemampuan Matematika. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 14(4), 919–930. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i4.1995>
- Bete, H., Simarmata, J. E., & Naimnule, M. (2022). Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Geometri Analitik Materi Persamaan Garis Berdasarkan Teori Newman. *Jurnal Absis: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 5(1), 546–558. <https://doi.org/10.30606/absis.v5i1.1432>
- Csáky, A., Szabová, E., & Naštická, Z. (2015). Analysis of Errors in Student Solutions of Context-Based Mathematical Tasks. *Acta Mathematica Nitriensia*, 1(1), 68–75. <https://doi.org/10.17846/amn.2015.1.1.68-75>
- Hajizah, M. N., & Salsabila, E. (2024). Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah Geometri Analitik Berdasarkan Newman's Error Analysis. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 191–198. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v4i1.1749>
- Hamid, H., Suryani, M., & Yusri, R. (2023). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Geometri Berdasarkan Kriteria Newman pada Siswa Kelas VIII. *Linear: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(1), 2776–3463. <https://doi.org/10.53090/jlinear.v7i1.423>
- Iriani, A., Sridana, N., Triutami, T. W., & Azmi, S. (2022). Analisis Kesalahan Dalam Menyelesaikan Soal Integral Taktentu Dengan Metode Newman Ditinjau Dari Kemampuan Matematis. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 2(4), 1072. <https://doi.org/10.29303/griya.v2i4.257>
- Kurniadi, G., & Purwaningrum, J. P. (2018). Kesalahan Siswa pada Kategori Kemampuan Awal Matematis Rendah dalam Penyelesaian Tes Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Matematika*, 11(2), 55–66. <https://doi.org/10.30870/jppm.v11i2.3754>



- Mandailina, V., Putri, N. D., Abdillah, Syaharuddin, & Mahsup. (2022). Tingkat Kesalahan Siswa Menurut Kriteria Newman Ditinjau dari Jenjang Pendidikan dan Bidang Fokus Soal Matematika. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 06(02), 1761–1775. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i2.1385>
- Maulana, F., & Pujiastuti, H. (2020). Analisis Kesalahan Siswa SMA dalam Menjawab Soal Dimensi Tiga Berdasarkan Teori Newman. *MAJU*, 7(2), 182–190.
- Mawasdi, E., & Yuniarta, T. N. H. (2018). Analisis Kesalahan Newman dengan Pemberian Scaffolding dalam Menyelesaikan Soal Cerita Materi SPLDV bagi Siswa Kelas VIII Mts Negeri Salatiga. *GENTA MULIA*, 9(1), 134–146. <https://doi.org/10.61290/gm.v9i1.524>
- Mulyatiningsih, E. (2011). *Metode Penelitian Terapan Bidang Pendidikan*. Bandung: ALFABETA.
- Musyadad, M. A., & Martadiputra, B. A. P. (2021). Error type analysis based on Newman's theory in solving mathematical communication ability of junior high school students on the material of polyhedron. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012097>
- Noto, M. S., Priatna, N., & Dahlan, J. A. (2019). Mathematical Proof: The Learning Obstacles Of Pre-Service Mathematics Teachers On Transformation Geometry. *Journal on Mathematics Education*, 10(1), 117–126. <https://doi.org/10.22342/jme.10.1.5379.117-126>
- Nurfalah, I. A., Novtiar, C., & Rohaeti, E. E. (2021). Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Kategori Newman dalam Menyelesaikan Soal Materi Fungsi. *JPMI: Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 4(1), 205–214. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v4i1.205-214>
- Nurjanatin, I., Sugondo, G., & Manurung, M. M. H. (2017). Analisis Kesalahan Peserta Didik dalam Menyelesaikan Soal Cerita pada Materi Luas Permukaan Balok di Kelas VIII-F Semester II SMP Negeri 2 Jayapura. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pembelajarannya*, 2(1), 22–31.
- Priliawati, E., Slamet, I., & Sujadi, I. (2019). Analysis of junior high school students' errors in solving HOTS geometry problems based on Newman's error analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/3/032131>
- Rahmania, L., & Rahmawati, A. (2016). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita Persamaan Linear Satu Variabel. *JMPM: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 1(2), 165–174. <https://doi.org/10.26594/jmpm.v1i2.639>
- Ramdani, Y., Kurniati, N., Harahap, E., Setiawati, E., Kurniati, N., & Keizer, H. De. (2019). Analysis of student errors in integral concepts based on the indicator of mathematical competency using orthon classification. *Journal of Physics: Conference Series*, 1366(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1366/1/012084>
- Remme, V. B., & Ba, Y. (2018). Analisis Kesalahan Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Soal Geometri Berdasarkan Newman's Error Analysis Ditinjau Dari Gaya Kognitif Pada Mahasiswa Semester IV UKI Toraja. *Prosiding Seminar Nasional Kepariwisata Berbasis Riset Dan Teknologi*, 77–81.



- Sugandi, I. A., Sofyan, D., & Ratnasari, D. (2022). Identifikasi Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal-Soal pada Mata Kuliah Geometri Analitik. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(4). <https://doi.org/10.22460/jpmi.v5i4.1209-1220>
- Talib, A., Rosidah, Asmaun, Rismayanti, & Yuyun, S. (2024). Description Of Students' Fraction Problem-Solving Ability Based On Keirsey's Personality Type Class VII SMP Negeri 18 Selayar. *MaPan: Jurnal Matematika Dan Pembelajaran*, 12(2), 187–218. <https://doi.org/10.24252/mapan.2024v12n2a1>
- Triliana, T., & Asih, E. C. M. (2019). Analysis of students' errors in solving probability based on Newman's error analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1211(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1211/1/012061>

