

# ORBITAL : JURNAL PENDIDIKAN KIMIA

Website : [jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/orbital](http://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/orbital)

ISSN 2580-1856 (print) ISSN 2598-0858 (online)

---

## ANALISIS POLA KESALAHAN JAWABAN SISWA PADA MATERI HITUNGAN KIMIA

Abdullah<sup>1\*)</sup>, Johni Azmi<sup>2\*\*)</sup>, Ardiansyah<sup>3\*\*\*)</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Riau, Riau, Indonesia

<sup>3</sup>Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: [abdoel71@gmail.com](mailto:abdoel71@gmail.com)

<sup>\*\*)</sup>E-mail: [johniazmi@lecturer.unri.ac.id](mailto:johniazmi@lecturer.unri.ac.id)

<sup>\*\*\*)</sup>E-mail: [ardiansyahm.pd@uin-suska.ac.id](mailto:ardiansyahm.pd@uin-suska.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

Article History:

Received December 2020

Revised form April 2021

Accepted May 2021

Published online June 2021

**Abstract:** Chemical calculation is the most important subject in learning chemistry but it is difficult understand for some students. Students will master chemistry well if this subject has been mastered well. Therefore, it is necessary to analyze student errors in mastering this material to assist students in their learning. This study aims to identify patterns of student error in solving chemical calculation problems. Students' conceptual errors were analyzed using the Newmann procedure. The error patterns analyzed include several errors, namely Reading, Comprehension, Transformation, Process Skills, and Encoding. Most of the students experienced a pattern of transformation errors on each item given. The largest percentage of transformation errors is in question number 3, which is 52.5%. This shows that the ability of students is still weak in solving problems related to chemical calculations. This study suggest that chemistry teachers emphasize more on students about the correct approach in solving chemical calculation problems.

**Keywords:** chemical calculation, error pattern, newman procedure

**Abstrak:** Perhitungan kimia merupakan subjek yang paling penting dalam pembelajaran kimia tetapi sulit dipahami oleh sebagian siswa. Siswa akan menguasai kimia dengan baik jika mata pelajaran ini telah dikuasai dengan baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kesalahan siswa dalam menguasai materi ini untuk membantu siswa dalam belajarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal-soal perhitungan kimia. Kesalahan konseptual siswa dianalisis menggunakan prosedur Newmann. Pola kesalahan yang dianalisis meliputi beberapa kesalahan yaitu pembacaan (*reading*), pemahaman (*comprehension*),

transformasi (*transformation*), keterampilan proses (*process skill*), dan pengkodean (*encoding*). Sebagian besar siswa mengalami pola kesalahan transformasi pada setiap item yang diberikan. Persentase kesalahan transformasi terbesar ada pada pertanyaan nomor 3 yaitu 52,5%. Hal ini menunjukkan kemampuan siswa masih lemah dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan perhitungan kimia. Penelitian ini menyarankan agar guru kimia lebih menekankan pada siswa tentang pendekatan yang benar dalam menyelesaikan masalah perhitungan kimia.

**Kata Kunci:** hitungan kimia, pola kesalahan, prosedur newman

---

## PENDAHULUAN

Industri 4.0 sedang melanda dunia dan menyebabkan perubahan dalam proses industri serba digital dan otomatis. Hal ini berdampak langsung terhadap kebutuhan pekerjaan dan pendidikan (Ślusarczyk, 2018). Industri 4.0 membutuhkan sumber daya manusia yang kompleks. Kompetensi tersebut diantaranya adalah kemampuan pemecahan masalah yang kompleks, berpikir kritis, kreatif, inovatif, komunikatif, dan kolaboratif (Trilling & Fadel, 2009). Kemampuan ini dikategorikan sebagai kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) (Krathwohl, 2001). HOTS harus dimiliki oleh generasi saat ini untuk bisa menyelesaikan permasalahan di masa depan. Oleh karena itu, sekolah harus mampu mencetak siswa dengan HOTS yang mumpuni. HOTS dapat ditingkatkan dengan cara mengajarkan siswa tentang siswa tentang konsep, hubungan antar konsep, abstraksi konsep, dan mengaitkan konsep dengan kehidupan sehari-hari serta dengan cara menilai jawaban siswa saat diberikan pertanyaan yang kompleks (Chinedu et al., 2015). Analisis jawaban siswa perlu dilakukan untuk mendapatkan data tentang kelemahan dan kesalahan siswa yang bisa digunakan dalam perbaikan pembelajaran sehingga siswa tidak melakukan kesalahan yang sama.

Metode umum digunakan untuk menganalisis jawaban siswa yang mengalami kesalahan adalah Prosedur Newman dan Polya (Son et al., 2019). Prosedur Polya terdiri dari 4 tahapan, yaitu memahami masalah, menyusun rencana pemecahan, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali. Sedangkan Prosedur Newman terdiri dari 5 tahapan, yaitu membaca soal, memahami masalah, mentransformasi masalah, memproses masalah, dan penulisan jawaban (Arifin, 2019). Pada penelitian ini kami menggunakan Prosedur Newman untuk menganalisis pola kesalahan siswa karena tahapannya lebih lengkap mulai dari membaca soal hingga menuliskan jawaban akhir. Newman (1977) menyatakan bahwa terdapat 5 tipe kesalahan, yaitu (1) *reading error* (kesalahan membaca) terjadi karena siswa salah membaca soal; (2) *comprehension error* (kesalahan memahami) terjadi karena siswa kurang memahami konsep; (3) *transform error* (kesalahan dalam transformasi); (4) *weakness in process skill* (kesalahan dalam keterampilan proses); (5) *encoding error* (kesalahan pada penulisan jawaban) merupakan kesalahan dalam proses penulisan jawaban akhir.

Prosedur Newman bermanfaat untuk menganalisis pengalaman kesulitan siswa dalam mengerjakan soal cerita matematika (White, 2010). Prosedur

Newman juga bisa diperluas penggunaannya ke dalam ilmu sains lainnya yang mengandung konsep dan perhitungan, seperti fisika dan kimia. Hal ini dibuktikan oleh Omwihiren (2015) yang menyatakan bahwa prosedur Newman terbukti reliabel untuk mendiagnosis kesalahan jawaban siswa dalam matematika dan sains.

Kimia merupakan ilmu sains yang mempelajari materi dan perubahannya (Chang, 2010). Ilmu kimia sarat akan konsep, prinsip, dan perhitungan sehingga menyulitkan siswa untuk memahaminya (Costu, 2010). Beberapa pokok bahasan kimia yang sarat akan konsep dan perhitungan adalah stoikiometri, laju reaksi, kesetimbangan kimia, dan asam basa. Pokok bahasan ini merupakan konsep dasar bagi konsep kimia lainnya, seperti elektrokimia, sifat koligatif larutan, dan kesetimbangan ion dalam larutan. Jika seseorang siswa gagal mempelajari pokok bahasan ini, maka dia tidak akan bisa menguasai konsep selanjutnya dengan baik (Yaayin, 2018). Oleh karena itu, dibutuhkan analisis kesalahan siswa dalam menjawab soal pokok bahasan ini untuk membantu siswa dalam belajarnya.

Penelitian analisis kesalahan siswa dengan prosedur Newman telah dilakukan oleh berbagai peneliti di dunia, diantaranya adalah Singh dan kolega (2010) yang menganalisis kesalahan siswa sekolah dasar di Malaysia pada mata pelajaran matematika. Pramesti et al (2020) menganalisis penyebab terjadinya kesalahan pada siswa sekolah dasar materi pecahan. Penelitian serupa dilakukan oleh R. K. Sari (2018) menganalisis kesalahan mahasiswa dalam proses penyelesaian soal statistika. Analisis kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal cerita pada materi program linier menggunakan analisis Newman (Rahmawati & Permata, 2018). Omwihiren (2015) menganalisis kesalahan siswa SMA di Nigeria pada pokok bahasan mol. Penelitian analisis kesalahan siswa pada pokok bahasan hitungan kimia dengan prosedur Newman belum banyak dilakukan di Indonesia, khususnya di Provinsi Riau. Padahal analisis kesalahan siswa sangat penting dilakukan untuk membantu siswa dalam mempelajari materi kimia dengan benar. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran pola kesalahan siswa dalam mengerjakan soal hitungan kimia.

## **METODE PENELITIAN**

### **Desain Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kualitatif deskriptif. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan pola kesalahan jawaban siswa pada materi perhitungan kimia berdasarkan analisis terhadap jawaban siswa dalam menyelesaikan soal perhitungan kimia. Analisis kesalahan jawaban siswa dilakukan berdasarkan prosedur Newman dimana siswa akan dikelompokkan pola kesalahannya menjadi 5 kelompok.

### **Sasaran Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada beberapa sekolah negeri dan swasta di Provinsi Riau. Subjek penelitian adalah 40 orang siswa SMA/MA yang berasal dari 14 sekolah di Provinsi Riau dan telah mempelajari materi stoikiometri.

### **Data Penelitian**

Data penelitian didapatkan dari analisis jawaban siswa pada instrument tes hitungan kimia yang diberikan. Tes ini bertujuan untuk mendapatkan pola

kesalahan siswa pada materi hitungan kimia SMA. Sebelum soal digunakan, soal terlebih dahulu divalidasi oleh validator ahli sehingga didapatkan soal yang valid.

### **Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian adalah tes berbentuk 4 buah soal uraian yang dikembangkan berdasarkan indikator materi hitungan kimia yang dianggap mendasar bagi siswa SMA. Materi hitungan kimia yang dianggap mendasar diantaranya adalah stoikiometri, laju reaksi, kesetimbangan kimia, dan asam basa.

### **Analisis Data**

Data tes dari seluruh siswa yang melaksanakan tes selanjutnya dilakukan analisis kesalahan berdasarkan prosedur Newman. Siswa dikelompokkan berdasarkan pola kesalahan yang dilakukannya, menjadi 5 kelompok kesalahan, yaitu Pembacaan (*Reading*), Pemahaman (*Comprehension*), Transformasi (*Transformation*), Keterampilan Proses (*Process Skill*), dan pengkodean (*Encoding*). Siswa dikelompokkan menjadi 3 kelompok berdasarkan jawaban yang diberikan, yaitu kelompok menjawab benar, salah menjawab, dan tidak menjawab. Selanjutnya, kelompok yang salah menjawab dianalisis lebih lanjut untuk mengklasifikasikan pola kesalahannya berdasarkan Prosedur Newman. Semua kelompok dihitung persentasenya untuk mendapatkan data umum terkait pola jawaban siswa pada materi hitungan kimia.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pengembangan Soal Stoikiometri**

Soal analisis kesalahan jawaban siswa yang terkait dengan hitungan kimia ini dikembangkan dalam bentuk soal uraian. Soal kesalahan hitungan kimia dikembangkan dengan cara mengintegrasikan materi stoikiometri dengan materi hitungan mendasar dalam ilmu kimia, yaitu laju reaksi, kesetimbangan kimia, dan asam basa. Tabel 1 memaparkan indikator 4 soal pola kesalahan hitungan kimia yang telah berhasil dikembangkan dan dinyatakan valid oleh validator.

Tabel 1. Indikator Soal Pola Kesalahan Jawaban yang Dikembangkan

NO	MATERI	INDIKATOR SOAL
1	Menentukan rumus empiris dan rumus molekul senyawa	Siswa diberikan data pembakaran senyawa X yang umumnya digunakan sebagai salah satu komponen pupuk. Siswa mampu menentukan rumus empiris senyawa dengan tepat.
2	Menentukan waktu paro dan konsentrasi	Siswa diberikan data terkait penguraian suatu zat secara termal yang mempunyai orde 1. Siswa dapat menentukan waktu paro dan konsentrasi zat pada waktu tertentu
3	Menentukan tekanan total dan parsial pada sistem kesetimbangan	Siswa diberikan data terkait dengan pemanasan karbon dalam ruang tertutup dengan adanya oksigen. Siswa dapat menentukan tekanan total dan parsial dalam wadah sesaat dan sebelum adanya kesetimbangan.
4	Menentukan pH larutan penyangga setelah penambahan asam dan basa	Siswa diberikan sistem penyangga asetat dan natrium asetat. Siswa mampu menghitung pH sistem penyangga pada saat sebelum dan setelah ditambahkan asam atau basa.

## Distribusi Pola Kesalahan Siswa

Berdasarkan hasil tes pola kesalahan jawaban yang telah dilakukan, maka kesalahan siswa dikelompokkan menjadi 5 kesalahan, yaitu Pembacaan (*Reading*), Pemahaman (*Comprehension*), Transformasi (*Transformation*), Keterampilan Proses (*Process Skill*), dan Pengkodean (*Encoding*) setiap butir soal. Selain itu, juga dihitung persentase siswa yang bisa menjawab soal dengan benar dan siswa yang tidak menjawab seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Pola Kesalahan Siswa

Soal	Tipe kesalahan siswa (%)					Progres jawaban (%)	
	R	C	T	P	E	TM	MB
1	0	0	45	32,5	0	5,00	17,5
2	2,5	2,5	17,5	5	0	45	27,5
3	0	5	52,5	20	0	5	37,5
4	0	2,5	60	7,5	0	7,5	22,5

Keterangan :

- R* : kesalahan membaca
- C* : kesalahan memahami
- T* : kesalahan transformasi
- P* : kesalahan proses
- TM* : tidak menjawab
- MB* : menjawab benar

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa persentase terbesar tipe kesalahan siswa SMA/MA di Riau adalah tipe kesalahan transformasi, yaitu sebanyak 45% untuk soal 1, 17,5% untuk soal 2, 52,5% untuk soal 3 dan sebesar 60% untuk soal 4. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa SMA/MA belum bisa menemukan pendekatan yang tepat dalam menyelesaikan soal hitungan kimia yang diberikan. Kesalahan transformasi dapat disebabkan karena siswa tidak dapat menerapkan informasi yang terdapat pada soal kedalam persamaan yang benar (Wahyuni & Widayanti, 2020). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Abdullah et al., (2015) yang menemukan bahwa sebagian siswa kesulitan dalam mengubah masalah matematika kedalam persamaan matematika yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan yang terdapat dalam soal.

Persentase terkecil tipe kesalahan siswa SMA/MA di Provinsi Riau merupakan tipe kesalahan membaca soal dan penulisan jawaban akhir, yaitu hampir 0% untuk setiap butir soal. Hal ini mengindikasikan bahwa siswa SMA/MA di Provinsi termasuk siswa yang mempunyai ketelitian tinggi dalam membaca dan menuliskan jawaban akhir. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian Y. M. Sari & Valentino (2017) yang mengungkapkan bahwa kesalahan membaca merupakan kesalahan terkecil siswa saat menyelesaikan soal PISA 2012. Kesalahan membaca dapat terjadi karena siswa tidak bisa mengenali kata atau simbol dalam soal sehingga mereka tidak bisa menyelesaikan soal (Susanti & Taufik, 2019). Sedangkan kesalahan penulisan jawaban akhir dapat terjadi karena siswa tidak memeriksa jawaban sebelum dikumpulkan dan atau tidak dapat menginterpretasikan penyelesaian yang diperoleh dari langkah sebelumnya (Rukmana Yus et al., 2019).

### Analisis Pola Kesalahan Untuk Tiap Butir Soal

Pola kesalahan untuk tiap butir soal perlu dilakukan dan dianalisis lebih lanjut untuk mendapatkan pola kesalahan siswa secara spesifik dalam mengerjakan tiap butir soal. Berikut dipaparkan beberapa kesalahan siswa dalam menyelesaikan tiap butir soal.

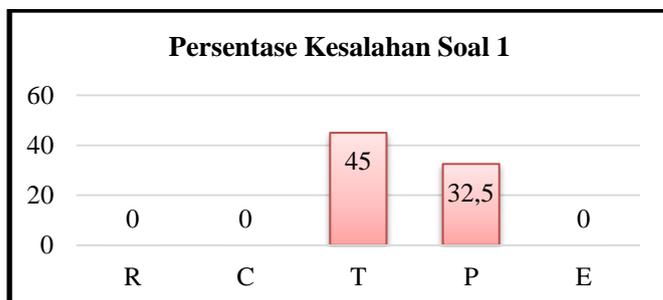
#### Pola Kesalahan Soal 1

Pola kesalahan yang paling banyak dilakukan oleh siswa untuk soal nomor 1 (Gambar 1) merupakan kesalahan transformasi atau pendekatan penyelesaian soal yang tidak tepat, yaitu sebesar 45% dan pola kesalahan proses sebesar 32,5% seperti pada Gambar 2. Kesalahan transformasi yang banyak terjadi adalah siswa tidak dapat menentukan persentase oksigen yang terdapat didalam senyawa. Kesalahan disebabkan oleh kelemahan konten pengetahuan siswa (Singh et al., 2010) khususnya tentang perhitungan mol dan massa dalam reaksi kimia. Tipe kesalahan ini diwakili oleh Siswa 36 dalam menjawab soal 1 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.

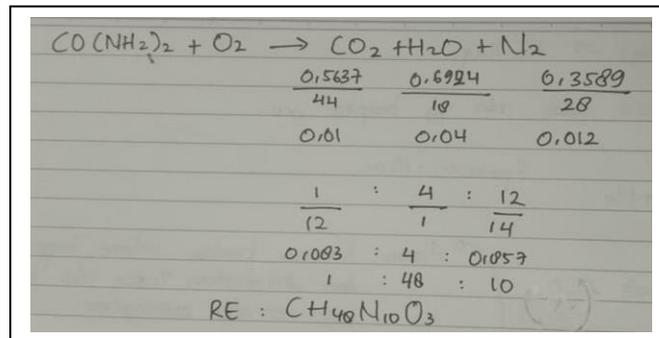
Siswa 36 telah memahami dengan baik tentang permasalahan yang harus diselesaikan dari soal 1. Hal ini dibuktikan dengan pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan soal sudah hampir tepat dan jawaban akhir yang dituliskan sudah mengarah kepada rumus empiris senyawa yang ditanya. Kesalahan terjadi karena siswa tidak melibatkan perhitungan persentase oksigen dalam perhitungan, sehingga hanya didapatkan rumus empiris terdiri atas karbon (C), hidrogen (H), dan nitrogen (N) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.

*Senyawa X umumnya digunakan sebagai komponen pupuk oleh industri pupuk. Pembakaran sempurna 1 gram senyawa dengan oksigen murni menghasilkan 0,5637 gram gas karbondioksida, 0,6924 gram uap air, dan 0,3589 gram gas nitrogen. Tentukanlah rumus empiris senyawa X!*

Gambar 1. Soal Pola Kesalahan Nomor 1

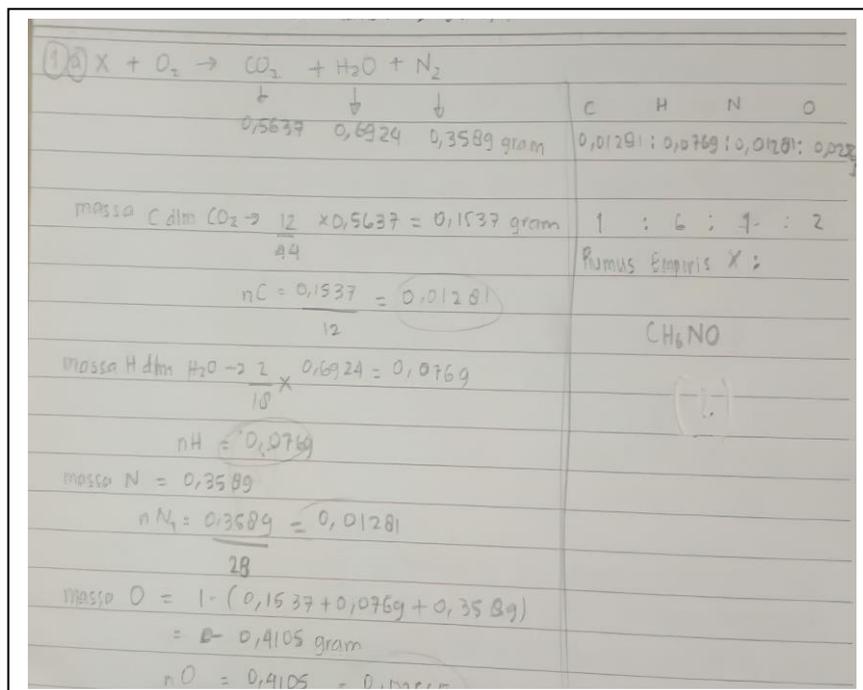


Gambar 2. Persentase Kesalahan Soal 1



Gambar 3. Kesalahan Transformasi pada Soal 1

Kesalahan proses perhitungan yang banyak terjadi adalah siswa tidak dapat menentukan perbandingan unsur-unsur penyusun senyawa dengan tepat sehingga didapatkan rumus empiris yang tidak sesuai perbandingannya. Tipe kesalahan ini diwakili oleh Siswa 35 dalam menjawab soal 1 (Gambar 4). Siswa 35 telah memahami dengan baik maksud soal 1 dan pendekatan penyelesaian yang diajukan juga sudah tepat. Hal ini dibuktikan dengan pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan soal sudah tepat dan jawaban akhir yang dituliskan sudah mengarah kepada rumus empiris senyawa yang ditanya. Kesalahan terjadi karena siswa tidak hati-hati dalam menentukan perbandingan unsur karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan oksigen (O) sehingga didapatkan perbandingan unsur yang kurang tepat walaupun semua unsur penyusunnya sudah tepat seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Kesalahan Proses Pada Soal 1

## Pola Kesalahan Soal 2

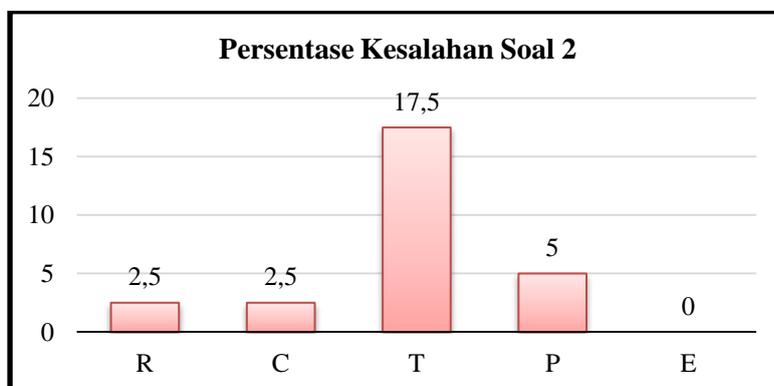
Pola kesalahan yang paling banyak dilakukan oleh siswa untuk soal nomor 2 (Gambar 4.5) merupakan kesalahan transformasi atau pendekatan penyelesaian soal yang tidak tepat, yaitu sebesar 17,5% seperti pada Gambar 6. Kesalahan transformasi yang banyak terjadi adalah siswa tidak menggunakan persamaan yang tepat untuk menentukan nilai waktu paro reaksi orde 1. Siswa banyak menggunakan persamaan penentuan waktu paro untuk keadaan biasa, padahal seharusnya digunakan persamaan penentuan paro secara integrasi untuk orde 1.

Tipe kesalahan ini diwakili oleh Siswa 22 dalam menjawab soal 2 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7. Siswa 22 telah memahami dengan baik tentang permasalahan yang harus diselesaikan dari soal 1. Hal ini dibuktikan dengan penyelesaian soal yang sudah mengarah ke penentuan waktu paro orde 1. Kesalahan terjadi karena siswa tidak melibatkan menggunakan persamaan laju terintegrasi untuk menghitung nilai waktu paro orde 1 pada soal 2.

*Penguraian termal senyawa asam peroksinitrit,  $HO_2NO_2$ , telah dipelajari dan didapatkan bahwa penguraiannya adalah reaksi orde 1. Tetapan lajunya adalah  $2,1 \times 10^{-1} s^{-1}$  pada 331 K dan  $1,1 s^{-1}$  pada 342 K.*

- Tentukanlah waktu paro  $HO_2NO_2$  pada 331 K*
- Jika suatu sampel  $HONO_2$  dengan konsentrasi awal  $HO_2NO_2$   $7,1 \times 10^{-8} mol/L$ , tentukanlah konsentrasi  $HO_2NO_2$  setelah 0,4 menit pada 331 K*

Gambar 5. Soal Nomor 2



Gambar 6. Persentase Kesalahan Soal 2

2) orde  $n = 1$   
 $k_1 = 2,1 \cdot 10^{-1}$  (331 Kelvin)  
 ~~$k_2 = 1,1$~~  (342 Kelvin)  
 a)  $v = k [NO_2][HO_2]$   
 $= 2,1 \cdot 10^{-1} /s$   
 b)  $v = k [NO_2][HO_2]$   
 $= 2,1 \cdot 10^{-1} \cdot 7,1 \cdot 10^{-8}$   
 $= 1,491 \cdot 10^{-8} \text{ M/s}$   
 Molar 0,1 menit = 24  
 $\frac{1}{24} = \frac{1,491 \cdot 10^{-8}}{x}$   
 $x = 3,5784 \cdot 10^{-7} \text{ Molar dalam}$

Gambar 7. Kesalahan Transformasi pada Soal 2

### Pola Kesalahan Soal 3

Pola kesalahan yang paling banyak dilakukan oleh siswa untuk soal nomor 3 (Gambar 8) merupakan kesalahan transformasi atau pendekatan penyelesaian soal yang tidak tepat, yaitu sebesar 52,5% dan pola kesalahan proses sebesar 20% seperti pada Gambar 9. Kesalahan transformasi yang banyak terjadi adalah siswa tidak dapat menentukan tekanan tekanan parsial gas karbonmonoksida. Selain itu, sebagian siswa tidak bisa menemukan pendekatan yang tepat dalam menyelesaikan soal 3 seperti yang dilakukan oleh siswa 32 (Gambar 10).

Siswa 32 telah memahami dengan baik tentang permasalahan yang harus diselesaikan dari soal 3. Hal ini dibuktikan dengan pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan soal sudah hampir tepat dan jawaban akhir yang dituliskan sudah mengarah kepada tekanan parsial gas karbon monoksida. Kesalahan terjadi karena siswa tidak menentukan mol gas karbondioksida dan tidak menggunakan persamaan yang tepat untuk menentukan tekanan gas karbondioksida. Siswa 32 tidak menggunakan pendekatan tekanan total dalam wadah dalam menentukan tekanan parsial gas karbon monoksida.

Sebanyak 5,6 gram padatan karbon ditempatkan dalam wadah bervolume 2,5 liter. Selanjutnya, kedalam wadah ini ditambahkan sejumlah gas karbondioksida sehingga menghasilkan tekanan 1,5 atm pada 298 K.

a. Hitunglah jumlah mol awal masing-masing reaktan sebelum bereaksi!

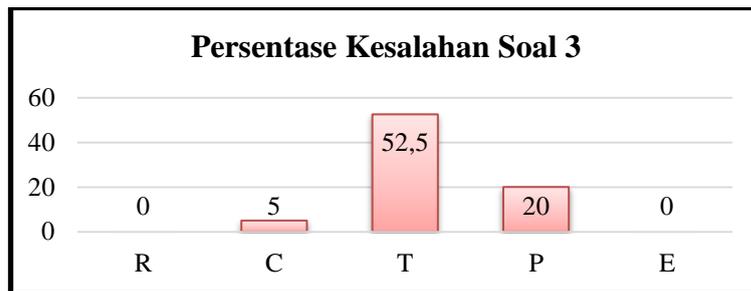
b. Jika wadah dipanaskan pada 1100 K dan terjadi reaksi :



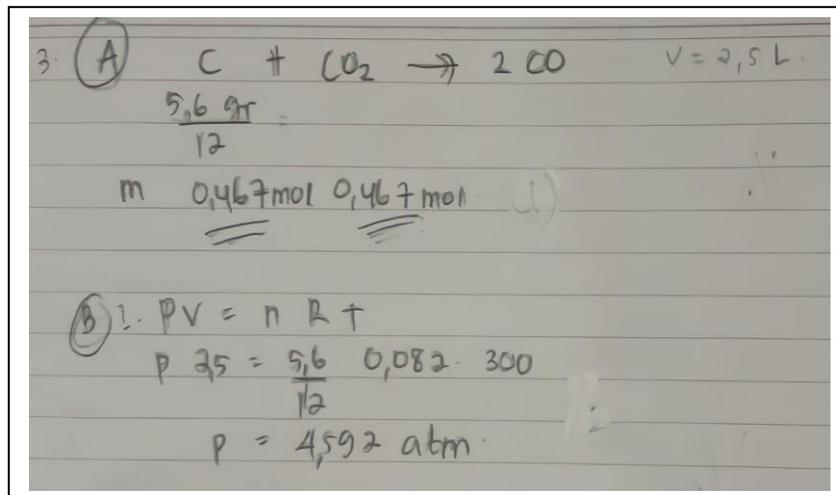
i. Hitung tekanan wadah pada temperatur ini pada saat sebelum reaksi berlangsung

ii. Ketika kesetimbangan tercapai, tekanan dalam wadah meningkat 1,75 kali dibandingkan tekanan pada kondisi **b.i**. Tentukanlah tekanan parsial untuk gas karbonmonoksida

Gambar 8. Soal nomor 3



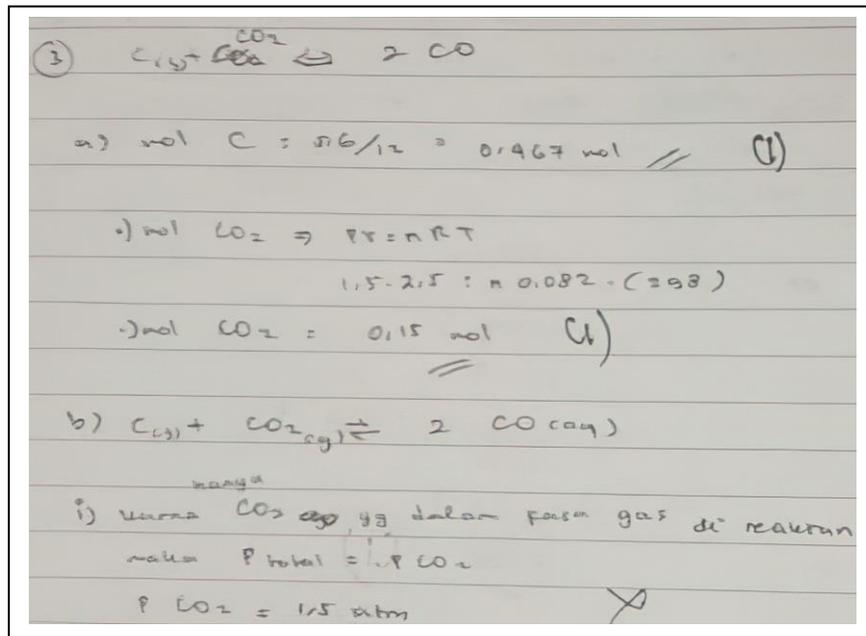
Gambar 9. Persentase Kesalahan Soal 3



Gambar 10. Kesalahan Transformasi pada Soal 3

Kesalahan proses perhitungan yang banyak terjadi adalah siswa tidak dapat menentukan tekanan parsial gas karbon monoksida dengan tepat. Rr Chusnul et al. (2017) menyatakan bahwa kesalahan proses disebabkan oleh siswa tidak teliti dalam melakukan perhitungan serta siswa bingung dalam melakukan operasi matematik seperti pembagian. Tipe kesalahan ini diwakili oleh Siswa 38 dalam menjawab soal 3 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11. Siswa 38 mampu menjawab benar dalam menentukan jumlah mol zat pada awal reaksi dan tekanan total dalam wadah. Siswa juga tepat dalam hal konsep tekanan total merupakan tekanan dari semua gas dalam wadah. Namun, kesalahan terjadi pada saat melakukan operasi matematika untuk menentukan tekanan gas karbon

monoksida dengan menggunakan pendekatan tekanan total dalam wadah. Siswa 38 tidak menyertakan mol awal gas karbon dioksida dalam perhitungan, sehingga hasil akhir menjadi salah.



Gambar 11. Kesalahan Proses pada Soal 3

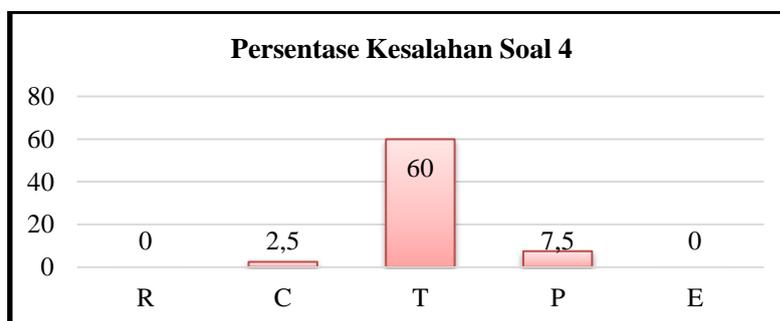
#### Pola Kesalahan Soal 4

Pola kesalahan yang paling banyak dilakukan oleh siswa untuk soal nomor 4 (Gambar 12) merupakan kesalahan transformasi atau pendekatan penyelesaian soal yang tidak tepat, yaitu sebesar 60% dan pola kesalahan proses sebesar 7,5% seperti pada Gambar 13. Rohmah & Sutiarmo (2018) juga mengungkapkan bahwa kesalahan transformasi merupakan kesalahan paling banyak terjadi pada siswa yang mengerjakan soal pemecahan masalah disebabkan karena siswa tidak menguasai konsep secara menyeluruh. Selain itu, bisa disebabkan karena siswa tidak bisa menerapkan rumus atau proses pemecahan masalah yang benar terkait dengan masalah yang terdapat dalam soal (Zulyanty, 2019). Tipe kesalahan ini diwakili oleh Siswa 24 dalam menjawab soal 4 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 14. Siswa 24 telah memahami dengan baik tentang permasalahan yang harus diselesaikan dari soal 4. Namun, siswa 24 tidak dapat menghitung pH larutan penyangga menggunakan persamaan yang tepat. Siswa menggunakan persamaan pH untuk menghitung pH asam lemah bukan pers pH larutan penyangga seperti terlihat pada Gambar 14.

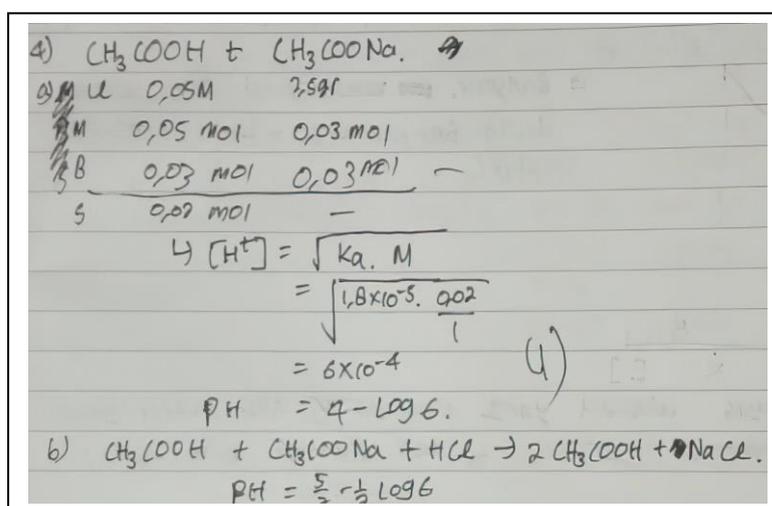
Suatu larutan penyangga dibuat dari 1 L asam asetat ( $CH_3COOH$ ) 0,05 M ( $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ ) dan 2,5 gram natrium asetat,  $CH_3COONa$ .

- Tentukanlah pH larutan ini
- Sebanyak 1 mL larutan asam klorida,  $HCl$ , 1 M ditambahkan kedalam larutan penyangga ini. Tuliskan persamaan reaksi untuk reaksi ini dan hitunglah pH larutan setelah penambahan  $HCl$  1 M

Gambar 12. Soal nomor 4



Gambar 13. Persentase Kesalahan Soal 4



Gambar 14. Kesalahan Transformasi pada Soal 4

Kesalahan proses perhitungan hanya terjadi pada sedikit siswa. Kesalahan tipe ini bisa disebabkan karena siswa kesulitan dalam melakukan operasi matematika dan siswa terburu-buru dalam melakukan proses perhitungan (Utami, 2016). Kesalahan ini bisa terjadi karena kesulitan pada konsep dasar, sehingga pada konsep yang kompleks semakin besar kesalahannya (Laksono, 2020) Tipe kesalahan ini diwakili oleh Siswa 37 dalam menjawab soal 4 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 15. Siswa 37 telah mampu menjawab soal 4 menggunakan pendekatan yang tepat. Hal ini dibuktikan dengan siswa menggunakan persamaan pH larutan penyangga untuk menghitung pH larutan penyangga. Selain itu, siswa 37 telah berhasil membuat reaksi pada saat sistem penyangga ditambahkan sedikit asam klorida dan memberikan pendekatan perhitungan yang tepat. Kesalahan terjadi pada saat melakukannya, siswa lupa untuk menambahkan nilai tetapan kesetimbangan asam asetat untuk menghitung pH sistem penyangga setelah ditambahkan asam asetat.

4) Larutan penyangga  
 1L  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ~~100~~ 0,05M  $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$   
 215g  $\text{NaCH}_3\text{COO}$

a)  $[\text{H}^+]$ :  $K_a = \frac{\text{mol asam}}{\text{mol basa} \cdot \text{konjugat}}$   
 $[\text{H}^+] = 1,8 \times 10^{-5} \cdot \frac{0,05 \cdot 1}{\frac{215}{(23 + 12 + 3 + 12 + 16 + 16)}}$   
 $[\text{H}^+] = 1,8 \times 10^{-5} \cdot \frac{0,05}{0,05}$   
 $[\text{H}^+] = 1,8 \times 10^{-5} \cdot \frac{215}{82}$   
 $[\text{H}^+] = 1,8 \times 10^{-5} \cdot \frac{41}{25}$   
 $[\text{H}^+] = 2,952 \times 10^{-5}$   
 $\text{pH} = -\log (2,952 \times 10^{-5})$   
 $\text{pH} = 5 - \log 2,952$   
 $\text{pH} = 4,529883647$  (2)

b) 1ml HA 1H

Persamaan reaksi:  $\text{HA}_{(aq)} + \text{NaCH}_3\text{COO}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$

pH Larutan sth penambah HA	HA	$\text{CH}_3\text{COONa}$	$\rightarrow$	$\text{NaCl}$	$\leftarrow$	$\text{CH}_3\text{COOH}$
m	1	0,0295				
r	0,0195	0,0295		0,0195		0,0295
s	0,9705	-		0,0195		0,0195

$[\text{H}^+] = \frac{0,9705}{14,000}$   
 $[\text{H}^+] = 6,933 \times 10^{-4}$   
 $\text{pH} = 4 - \log (6,933)$   
 $\text{pH} = 3,013428538$  (1)

Gambar 15. Kesalahan Proses pada Soal 4

## SIMPULAN DAN SARAN

Pola kesalahan transformasi dan proses merupakan kesalahan yang banyak dialami siswa pada materi hitungan kimia berdasarkan prosedur Newman. Kesalahan transformasi terjadi karena siswa tidak menguasai materi secara menyeluruh sehingga tidak bisa menerapkan persamaan yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan dalam soal. Kesalahan proses bisa disebabkan oleh siswa terburu-buru dan kesulitan dalam melakukan operasi matematika.

Berdasarkan hal tersebut, seharusnya tenaga pendidik, guru, dan dosen kimia agar lebih menekankan konsep dan pendekatan yang benar dalam menyelesaikan soal hitungan kimia serta melatih siswa agar terbiasa melakukan operasi matematika dalam perhitungan kimia sehingga kesalahan transformasi dan proses bisa diminimalisir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. H., Abidin, N. L. Z., & Ali, M. (2015). Analysis of students' errors in solving Higher Order Thinking Skills (HOTS) problems for the topic of fraction. *Asian Social Science*, 11(21), 133–142. <https://doi.org/10.5539/ass.v11n21p133>
- Arifin, Z. (2019). Perbandingan Prosedur Polya dan Prosedur Newman pada Pemecahan Masalah Matematika. *Jurnal THEOREMS (The Original Research of Mathematics)*, 3(2), 149–156.
- Chang, R. (2010). *CHEMISTRY* (10th edisi). Mc Graw-Hill.
- Chinedu, C. ., Kamin, Y., & Olabiyi, O. . (2015). Strategies for improving higher order thinking skills in teaching and learning of design and technology education. *Journal of Technical Education and Training*, 7(2), 35–43.
- Costu, B. (2010). Algorithmic, conceptual and graphical chemistry problems: A revisited study. *Asian Journal of Chemistry*, 22(8), 6013–6025.
- Krathwohl. (2001). Lorin W. Anderson, David R. Krathwohl - A taxonomy for learning teaching and assessing\_ a revision of Bloom`s taxonomy of educational objectives-Longman (2001). In *Book1*.
- Laksono, P. J. (2020). Pengembangan Three-Tier Multiple Choice Test pada Materi Kesetimbangan Kimia Mata Kuliah Kimia Dasar Lanjut. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 4(1), 44–63.
- Omwirhiren, E. M. (2015). Analysis of Students' Error in Learning of Mole Concept among Selected Senior Secondary School Chemistry Students in Zaria, Nigeria. *IOSR Journal of Research & Method in Education Ver. I*, 5(5), 2320–7388. <https://doi.org/10.9790/7388-05510107>
- Pramesti, T., Sukamto, & Wardana, M. Y. S. (2020). ANALISIS KESALAHAN SISWA BERDASARKAN PROSEDUR NEWMAN DALAM MENYELESAIKAN SOAL CERITA MATERI PECAHAN PADA KELAS IV SD NEGERI MANYARAN 02 SEMARANG. *Elementary School: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Ke-SD-An*, 21(1), 1–9.
- Rahmawati, D., & Permata, L. D. (2018). Analisis Kesalahan Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Cerita Program Linear Dengan Prosedur Newman. *Jurnal Elektronik Pembelajaran Matematika*, 5(2), 173–185.
- Rohmah, M., & Sutiarmo, S. (2018). Analysis problem solving in mathematical using theory Newman. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(2), 671–681. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80630>
- Rr Chusnul, C., Mardiyana, & Dewi Retno, S. (2017). Errors analysis of problem solving using the Newman stage after applying cooperative learning of TTW type. *AIP Conference Proceedings*, 1913(December). <https://doi.org/10.1063/1.5016662>
- Rukmana Yus, S., Syafari, S., & Minarni, A. (2019). Analysis of Students Failure in Mathematical Problem Solving Based on Newman Procedure at Middle Secondary School 3 Aceh Tamiang District. *American Journal of Educational Research*, 7(11), 888–892. <https://doi.org/10.12691/education-7-11-20>
- Sari, R. K. (2018). Analisis Newman dalam Menyelesaikan Soal Statistika

- Ditinjau dari Metakognitif Tacit Use. *Jurnal Tadris Matematika*, 1(2), 157–166. <https://doi.org/10.21274/jtm.2018.1.2.157-166>
- Sari, Y. M., & Valentino, E. (2017). An Analysis of Students Error In Solving PISA 2012 And Its Scaffolding. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 1(2), 90–98. <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v1i2.3380>
- Singh, P., Rahman, A. A., & Hoon, T. S. (2010). The Newman procedure for analyzing Primary Four pupils errors on written mathematical tasks: A Malaysian perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 8(5), 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.036>
- Ślusarczyk, B. (2018). Industry 4.0 – Are we ready? *Polish Journal of Management Studies*, 17(1), 232–248. <https://doi.org/10.17512/pjms.2018.17.1.19>
- Son, A. L., Darhim, & Fatimah, S. (2019). An analysis to student error of algebraic problem solving based on polya and newman theory. *Journal of Physics: Conference Series*, 1315(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1315/1/012069>
- Susanti, R. D., & Taufik, M. (2019). Analysis Student Mistake of Teacher Professional Education In Completing Story Problems Based on Newman Procedures. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 2(2), 72. <https://doi.org/10.33122/ijtmr.v2i2.59>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *Bernie Trilling, Charles Fadel-21st Century Skills\_ Learning for Life in Our Times -Jossey-Bass (2009)*.
- Utami, A. D. (2016). Tipe Kesalahan Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Soal-Soal Geometri Berdasar Newman'S Error Analysis (Nea). *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, 4(2), 85. <https://doi.org/10.25273/jipm.v4i2.842>
- Wahyuni, N. S., & Widayanti, E. (2020). Students' Errors Analysis in Finishing A Problem Solving Test Based on Newman Procedures in Trigonometry Materials. *IndoMath: Indonesia Mathematics Education*, 3(2), 78. <https://doi.org/10.30738/indomath.v3i2.7213>
- White, A. L. (2010). Numeracy, Literacy and Newman's Error Analysis. *Allan Leslie White Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 33(2), 129–148.
- Yaayin, B. (2018). *The Effectiveness of Problem-Based Learning Approach to Mole Concept among Students of Tamale College of Education*. 9(12), 102–112.
- Zulyanty, M. (2019). Newman Error Analysis Siswa Madrasah dalam Menyelesaikan Soal Cerita Matematika. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2), 379–388. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v3i2.121>