

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah kualitatif dengan analisis deskriptif. Metode kualitatif dilakukan secara alami tanpa adanya manipulasi atau interferensi variabel (Wiersma, 2000, hlm. 211). Pada penelitian kualitatif jenis data yang dikumpulkan berupa transkrip wawancara, catatan lapangan, foto, rekaman audio. Pada penelitian ini data yang dikumpulkan tidak direduksi menjadi simbol atau numerik, melainkan berusaha untuk menggambarkan apa yang partisipan lakukan dan tuliskan dari hasil pengetahuannya. Selain itu, selama proses penelitian peneliti mengamati bagaimana jenis pertanyaan tertentu yang diajukan dijawab oleh partisipan. Menurut Fraenkel, Wallen & Hyun (2012) penelitian deskriptif menggambarkan kondisi yang ada tanpa menganalisis hubungan antar variabel.

3.2 Lokasi dan Partisipan Penelitian

Partisipan pada penelitian ini adalah tujuh orang siswa kelas XII Program IPA di salah satu SMA Negeri di Kota Bandung yang sudah mempelajari materi laju reaksi. Siswa terdiri dari dua orang siswa berkemampuan tinggi, tiga orang siswa berkemampuan sedang, dan dua orang siswa berkemampuan rendah. Pemilihan siswa berdasarkan rekomendasi guru kimianya di sekolah, karena guru mengetahui hasil tes formatif siswa.

3.3 Prosedur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan tahap akhir.

3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan, peneliti melakukan studi kepustakaan karakteristik ilmu kimia dan model mental dari jurnal-jurnal penelitian yang terkait. Selanjutnya, dilakukan analisis kompetensi dasar 3.6 mata pelajaran kimia kelas XI kurikulum 2013 tentang konsep dasar laju reaksi yang menjadi materi yang diteliti agar diperoleh label konsep serta mengetahui kedalaman dan keluasan materi yang akan diteliti. Kemudian, dibuat analisis multipel representasi setiap label konsep dari buku *general chemistry* dan analisis miskonsepsi. Analisis multipel representasi

setiap label konsep untuk menentukan ketepatan konsep yang menjadi dasar perumusan indikator soal, sedangkan analisis miskonsepsi untuk mengidentifikasi jawaban siswa yang tergolong miskonsepsi pada tahap pengolahan data. Indikator soal yang telah dirumuskan dijadikan acuan untuk membuat pedoman wawancara TDM-IAE. Instrumen pedoman wawancara diuji validitasnya oleh tiga dosen pendidikan kimia. Jika tidak valid maka dilakukan revisi dan diuji lagi hingga valid. Setelah instrumen valid dilakukan uji coba pada beberapa siswa untuk mengetahui pemahaman siswa terhadap pertanyaan-pertanyaan yang telah dibuat, jika soal kurang dipahami maka dilakukan revisi hingga siap digunakan untuk wawancara.

3.3.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan dilakukan pengambilan data untuk mengetahui model mental siswa melalui wawancara tujuh orang siswa yang sudah mempelajari materi laju reaksi. Pelaksanaan wawancara dilakukan per individu secara daring melalui aplikasi zoom karena situasi tidak memungkinkan untuk melakukan wawancara langsung akibat pandemi covid-19.

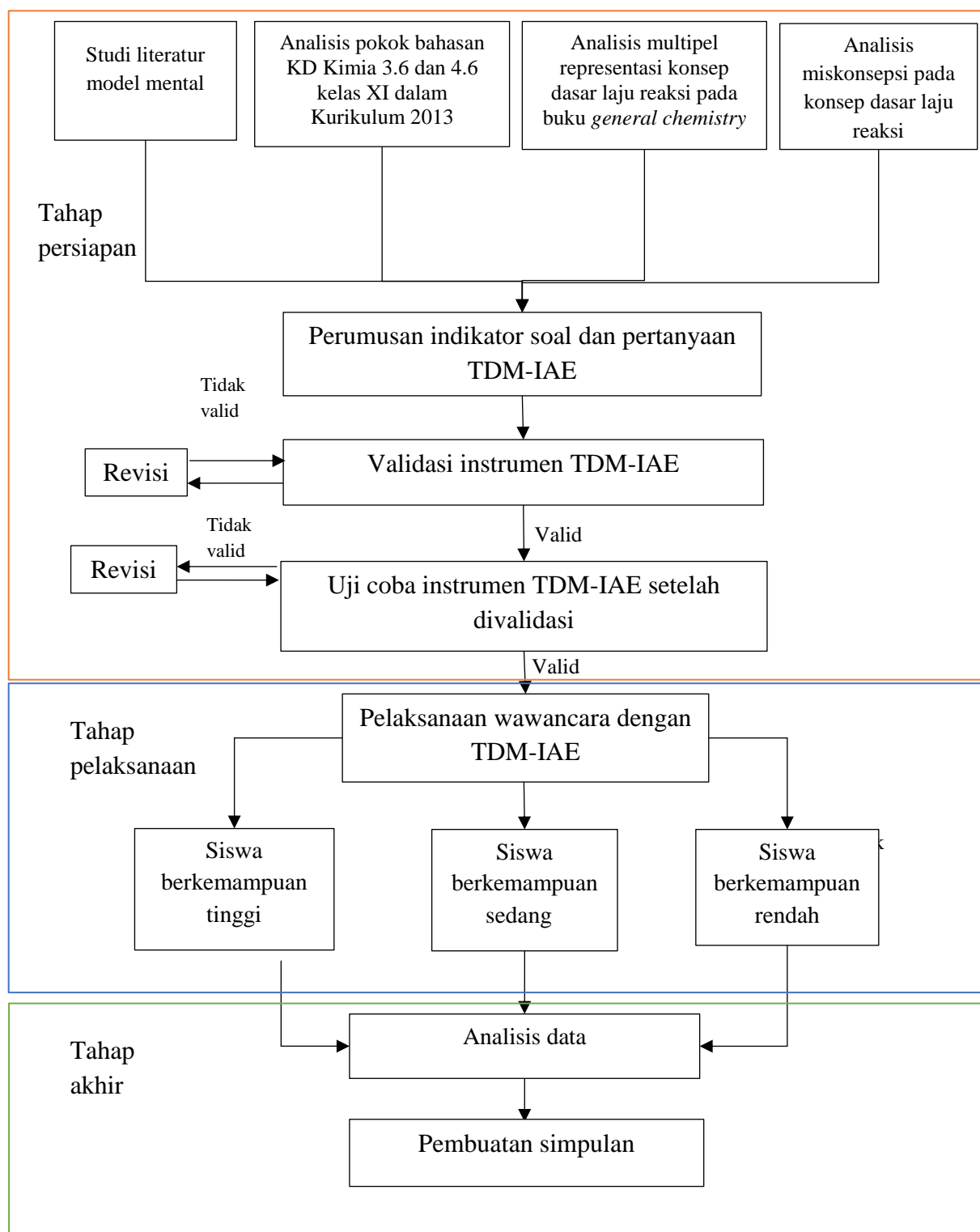
Mula-mula akan ditampilkan kartu fokus IAE berupa fenomena laju reaksi pada reaksi penguraian nitrogen pentaoksida pada siswa, selanjutnya siswa akan diberi pertanyaan utama mengenai bagaimana laju reaksi seiring berjalannya waktu. Jika jawaban pertanyaan utama belum menggali pengetahuan siswa terkait model mentalnya, maka siswa diberi pertanyaan *probing* umum dan khusus hingga model mental siswa mengenai konsep dasar laju reaksi tergali.

Saat pelaksanaan wawancara suasana dibuat senyaman mungkin agar jawaban yang diungkapkan siswa dapat menggali model mentalnya, jika siswa terlihat gugup maka wawancara dihentikan beberapa saat dan dilakukan pengkodisian hingga siswa tidak gugup lagi. Saat wawancara siswa diperkenankan untuk menyiapkan kertas, alat tulis dan alat hitung untuk memudahkan proses wawancara. Selain itu, kegiatan selama proses wawancara direkam dan hal-hal penting yang perlu ditulis saat wawancara akan dicatat oleh peneliti menggunakan kertas dan alat tulis. Waktu wawancara yang dilakukan kurang lebih selama dua jam, tergantung jawaban yang diberikan oleh siswa dalam menjawab semua pertanyaan yang diajukan.

3.3.3 Tahap Akhir

Pada tahap ini dilakukan analisis data hasil wawancara TDM-IAE, hasil rekaman jawaban siswa ditranskrip menjadi bentuk tulisan. Selanjutnya, dilakukan penyederhanaan tanpa mengubah makna esensial dari jawaban siswa. Kemudian, hasil analisis tersebut dibuat dalam pola jawaban yang menggambarkan model mental siswa pada konsep dasar laju reaksi. Setelah itu dilakukan pengelompokan model mental siswa berdasarkan yang diungkapkan oleh Abraham dan Williamson, 1994. Tahap penelitian digambarkan Gambar 3.1

3.4 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen yang akan digunakan adalah pedoman wawancara tes diagnostik model mental *Interview About Event* (TDM-IAE). Pada pedoman wawancara TDM-IAE akan ditampilkan kartu fokus IAE mengenai reaksi penguraian nitrogen pentaoksida dengan data konsentrasi reaktan dan produk hasil percobaan pada berbagai waktu kepada siswa. Selanjutnya, siswa akan diwawacara mengenai konsep dasar laju reaksi pada fenomena seiring berjalannya waktu.

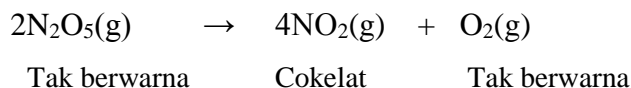
Wawancara yang dilakukan berdasarkan pedoman wawancara yang sudah dibuat. Pada pedoman wawancara terdapat satu pertanyaan utama, yang disertai dengan pertanyaan *probing* umum dan *probing* khusus. Pertanyaan *probing* umum diajukan ketika siswa tidak mampu menjawab pertanyaan utama dengan optimal, sedangkan pertanyaan *probing* khusus diberikan ketika siswa tidak bisa menjawab pertanyaan *probing* umum dengan optimal. Selain itu, di dalam pedoman wawancara terdapat jawaban yang diharapkan dari siswa dalam menjawab pertanyaan utama, pertanyaan *probing* umum, dan pertanyaan *probing* khusus.

Siswa memahami kartu fokus IAE yang berisi data hasil percobaan laju reaksi, yaitu intensitas warna dalam wadah seiring berjalannya waktu dan data konsentrasi masing-masing spesi pada setiap waktu. Setelah siswa memahami kartu fokus IAE selanjutnya siswa diberikan pertanyaan utama yang berbunyi “Berdasarkan kartus fokus IAE yang telah disajikan jelaskan bagaimana laju reaksi seiring berjalannya waktu, gunakan perhitungan, grafik, dan gambar partikel untuk membantu Anda dalam memberikan penjelasan”. Jika siswa diam tidak bisa menjawab pertanyaan utama maka diberikan pertanyaan *probing* umum atau khusus. Urutan pertanyaan *probing* yang diberikan kepada siswa terkadang tidak berurutan sesuai dengan pedoman wawancara, karena disesuaikan dengan jawaban siswa saat menjawab pertanyaan sebelumnya, sehingga peneliti harus menyiapkan daftar pertanyaan yang diduga perlu ditanyakan kepada siswa. Hal ini karena dalam pedoman wawancara urutan pertanyaan yang diajukan adalah jika kondisi siswa tidak bisa menjawab apa-apa, sedangkan kemampuan siswa dalam memahami pertanyaan yang diberikan berbeda-beda. Pada kondisi lain pertanyaan *probing* tidak diberikan jika siswa berhasil menjawab pertanyaan utama dengan lengkap dan

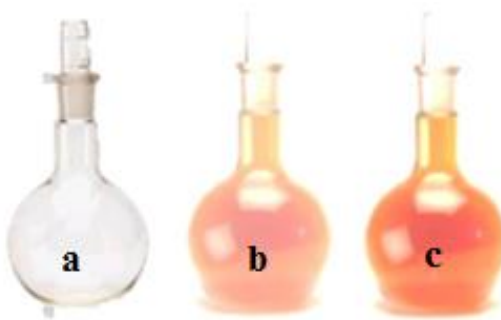
tepat, atau jika siswa tidak mengetahui materi untuk menjawab pertanyaan *probing* tersebut.

Kartus Fokus IAE

Reaksi penguraian nitrogen pentaoksida pada suhu 55°C, menghasilkan gas NO₂ yang berwarna coklat dan partikel O₂ yang tidak berwarna.



Proses perubahan warna yang terjadi seiring berjalannya waktu terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses perubahan warna pada reaksi $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$. (a) warna reaksi saat awal bereaksi ($t = 0$). (b) seiring berjalannya waktu mulai terbentuk gas NO₂ yang berwarna coklat dan (c) warna coklat yang dihasilkan dari gas NO₂ semakin pekat.

Setelah 700 detik reaksi berlangsung diperoleh data pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1

Konsentrasi N₂O₅, NO₂ dan O₂ seiring berjalannya waktu

Waktu (detik)	Konsentrasi (M)		
	N ₂ O ₅	NO ₂	O ₂
0	0,0200	0	0
100	0,0169	0,0063	0,0016
200	0,0142	0,0115	0,0029
300	0,0120	0,0160	0,0040
400	0,0101	0,0197	0,0049
500	0,0086	0,0229	0,0057
600	0,0072	0,0256	0,0064
700	0,0061	0,0278	0,0070

3.5.1 Pengembangan Instrumen Penelitian

Proses pengembangan instrumen terdiri dari beberapa tahap yaitu, studi literatur model mental, analisis pokok bahasan kompetensi dasar kimia 3.6 dan 4.6 dalam Kurikulum 2013 berdasarkan Permendikbud Nomor 24 Tahun 2016, analisis multipel representasi konsep dasar laju reaksi dari buku *general chemistry*, analisis miskonsepsi konsep dasar laju reaksi dari berbagai jurnal, perumusan indikator soal, validasi indikator soal dan instrumen penelitian, serta uji coba instrumen penelitian.

Tahap awal adalah studi literatur model mental, analisis pokok bahasan kompetensi dasar 3.6 dan 4.6 dalam kurikulum 2013 berdasarkan Permendikbud Nomor 24 Tahun 2016, tujuannya menganalisis konten untuk mengetahui cakupan materi dan ditentukan label konsepnya, yaitu laju pengurangan reaktan, laju pembentukan produk, laju rerata, laju sesaat, dan laju reaksi. Kemudian, membuat uraian masing-masing label konsep yang bersumber dari buku *general chemistry* serta menganalisis miskonsepsi dari berbagai jurnal. Hasil analisis berupa analisis multipel representasi dari berbagai buku *general chemistry* dan analisis miskonsepsi dari berbagai jurnal beserta konsep sebenarnya dari buku *general chemistry*. Uraian konsep ini digunakan pula sebagai dasar dalam penyusunan pertanyaan-pertanyaan dan jawaban yang diharapkan dalam pedoman wawancara.

Tahap kedua adalah membuat indikator soal berdasarkan konsep yang dianalisis, yang terdiri dari tiga indikator. Setelah indikator dirumuskan kemudian dilakukan pengembangan pedoman wawancara TDM-IAE.

Setelah instrumen dikembangkan, tahap selanjutnya adalah melakukan validasi kepada tiga orang validator dosen kimia. Validasi yang dilakukan adalah validasi kesesuaian indikator soal dengan kompetensi dasar, kesesuaian pertanyaan utama dengan indikator soal, kesesuaian pertanyaan *probing* umum dan *probing* khusus dengan pertanyaan umum, kesesuaian pertanyaan utama, *probing* umum dan *probing* khusus dengan jawaban yang diharapkan. Saran dan komentar yang diberikan oleh validator akan dicatat pada lembar validasi, serta perbaikan yang dilakukan peneliti terkait TDM-IAE berdasarkan saran dan komentar dari validator akan dicantumkan pada lembar validasi. Setelah dilakukan validasi, instrumen TDM-IAE diuji coba kepada beberapa orang siswa untuk mengetahui pemahaman

siswa terhadap pertanyaan-pertanyaan. Jika terdapat pertanyaan-pertanyaan yang tidak dipahami oleh siswa, maka instrumen TDM-IAE diperbaiki dan divalidasi kembali.

3.5.2 Hasil Validasi

3.5.2.1 Validasi Kesesuaian Indikator Soal dengan Kompetensi Dasar 3.6 pada Kurikulum Kimia 2013

Indikator soal kosep dasar laju reaksi diturunkan dari kompetensi dasar 3.7 menjelasakna faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi menggunakan teori tumbukan. Berdasarkan hasil validasi, indikator 3.6.3 menggambarkan grafik laju reaksi terhadap waktu dihapus karena sudah tercakup dalam indikator 3.6.2 membedakan laju reaksi, laju rerata pengurangan reaktan, dan laju rerata pembentukan produk.

3.5.2.2 Validasi Kesesuaian Pertanyaan Utama dengan indikator

Berdasarkan hasil validasi tidak ada perubahan apapun pada pertanyaan utama. Pertanyaan utama disusun berdasarkan indikator soal yang ingin dicapai, konsep pada pertanyaan utama mengenai laju pengurangan reaktan, laju pembentukan produk, laju sesaat, dan laju reaksi.

3.5.2.3 Validasi Kesesuaian Pertanyaan *probing* dengan pertanyaan utama

Berdasarkan hasil validasi terdapat beberapa pertanyaan *probing* khusus yang ditambahkan agar sesuai dengan *probing* umum, yaitu penambahan pertanyaan *probing* khusus mengenai hubungan jumlah partikel dengan laju reaksi untuk pertanyaan *probing* umum menghubungkan konsentrasi dengan laju reaksi. Selain itu urutan pertanyaan *probing* disusun kembali menjadi menjelaskan laju rerata pengurangan reaktan dan laju rerata pembentukan produk, menggambar partikel-partikel dalam wadah, menjelaskan laju sesaat, menjelaskan laju awal, dan menjelaskan laju reaksi.

Selain itu pada pertanyaan *probing* umum menjelaskan laju reaksi, urutan pertanyaan *probing* khususnya diubah susunannya menjadi menghitung laju reaksi, kemudian diikuti dengan menghubungkan laju reaksi, laju pengurangan reaktan, dan laju pembentukan produk. Kemudian, perlu ditambahkan *probing* khusus spesi yang bertindak sebagai reaktan dan produk saat menanyakan hubungan laju reaksi, laju pengurangan reaktan, dan laju pembentukan produk.

3.5.2.4 Validasi Jawaban yang diharapkan dengan pertanyaan

Berdasarkan hasil validasi, jawaban yang diharapkan pada soal membuat grafik laju pengurangan reaktan dan laju pembentukan produk perlu mengganti absis pada grafik dari waktu menjadi selang waktu, dan koordinat dari laju reaksi menjadi laju merata, karena jawaban yang diharapkan adalah laju merata.

3.5.3 Hasil Uji Coba

Berdasarkan hasil uji coba pada dua orang siswa, istilah “reaktan” dan “produk” dianggap asing oleh siswa, sehingga penulis mengganti istilah “reaktan” menjadi “pereaksi” dan “produk” menjadi “hasil reaksi” pada instrumen penelitian. Hal ini agar siswa lebih memahami pertanyaan yang diajukan saat wawancara.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data profil model mental siswa adalah dengan mewawancarai tujuh orang siswa per individu. Suasana wawancara dibuat senyaman mungkin agar jawaban yang diberikan siswa optimal, jika siswa terlihat gugup maka wawancara dihentikan beberapa saat dan dilakukan pengondisian hingga siswa tidak gugup lagi. Saat wawancara siswa dipersilakan menyiapkan alat tulis, kertas dan alat hitung untuk memudahkan ketika menjawab pertanyaan. Selain itu, selama proses wawancara direkam dan ditulis pada kertas oleh peneliti jika terdapat hal-hal yang harus dicatat. Waktu wawancara yang dilakukan tergantung jawaban yang diberikan oleh siswa dalam menjawab semua pertanyaan yang diajukan.

3.7 Teknik Pengolahan Data

Teknik Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu:

1. Transkripsi dan Penghalusan Teks Hasil Wawancara

Hasil wawancara TDM-IAE dari dua orang siswa berkemampuan rendah, tiga orang siswa berkemampuan sedang, dan dua orang siswa berkemampuan tinggi pada materi laju reaksi selanjutnya dilakukan transkripsi. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia V transkripsi adalah pengalihan turunan (yang berwujud bunyi) ke dalam bentuk tulisan (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2020). Hasil rekaman wawancara diubah menjadi tulisan. Selanjutnya dilakukan penghalusan teks, yang bertujuan untuk memperbaiki struktur kalimat.

2. Interpretasi Jawaban

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia V bahwa penafsiran adalah upaya untuk menjelaskan arti sesuatu yang kurang jelas (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2020). Dengan demikian, dilakukan interpretasi jawaban siswa dan penangkapan maksud yang tersirat dari hasil jawaban siswa. Hasil interpretasi dari jawaban-jawaban siswa yang diperoleh selanjutnya dibuat ke dalam pola frasa kunci

3. Pembuatan Pola Jawaban Siswa

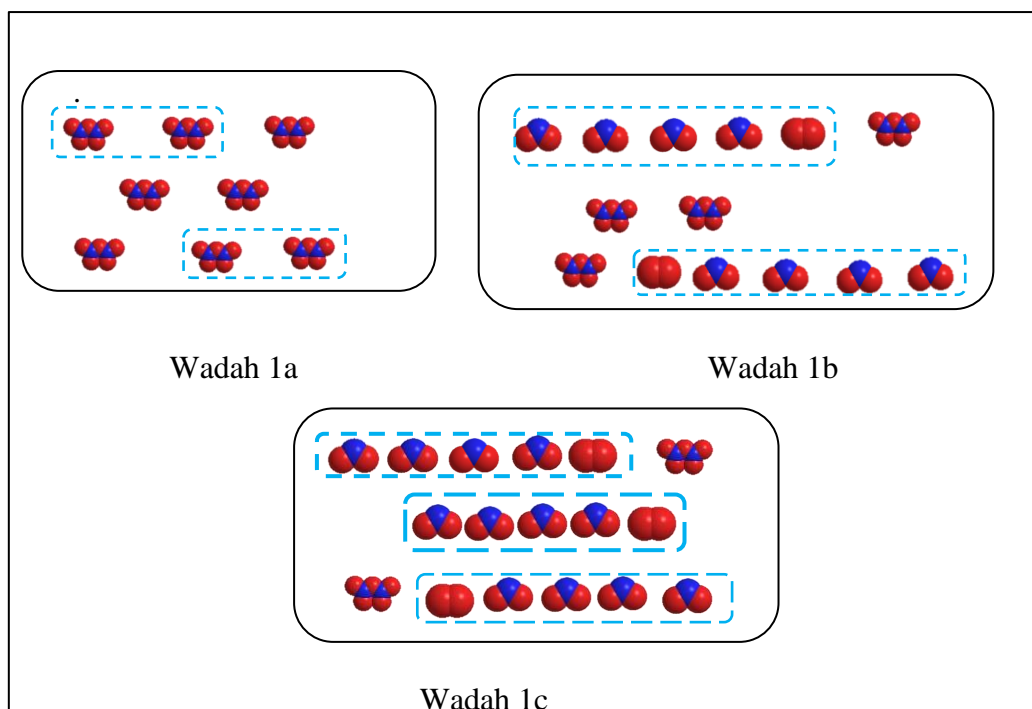
Pola jawaban siswa dibuat dari frasa kunci yang telah ditentukan. Frasa kunci tersebut terdiri dari frasa kunci untuk pertanyaan utama, dan frasa kunci untuk pertanyaan *probing*. Frasa kunci untuk pertanyaan utama dibuat dalam bentuk persegi, sedangkan frasa kunci untuk pertanyaan *probing* dibuat dalam bentuk oval. Alur pola frasa kunci dihubungkan dengan tanda panah.

1. Frasa kunci “penurunan laju rerata pengurangan reaktan”




Frasa kunci untuk pertanyaan utama ini menunjukkan penjelasan siswa pada level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Jawaban benar untuk frasa kunci ini adalah:

Berdasarkan fenomena yang telah disajikan, konsentrasi reaktan N_2O_5 menurun seiring berjalan waktu. Pada awal reaksi di dalam wadah hanya terdapat N_2O_5 , kemudian partikel N_2O_5 semakin berkurang dan terbentuk partikel produk NO_2 dan O_2 , ditandai dengan warna gas dalam wadah yang semakin berwarna coklat, jumlah partikel reaktan semakin berkurang. Oleh karena itu, tumbukan antarpartikel reaktan yang membentuk partikel produk semakin berkurang, maka laju pengurangan reaktan semakin menurun seiring berjalannya waktu.

Perubahan jumlah partikel reaktan dan produk dapat diilustrasikan pada Gambar 3.2 di bawah, dimisalkan jumlah partikel N_2O_5 pada wadah 1a adalah delapan partikel, seiring berjalannya waktu karena partikel NO_2 dua kali lebih banyak dibanding partikel N_2O_5 , dan partikel N_2O_5 dua kali lebih banyak dari partikel O_2 , maka setiap dua partikel N_2O_5 yang terurai terbentuk empat partikel NO_2 dan satu partikel O_2 . Perbandingan jumlah partikel tersebut dapat terlihat dari koefisien persamaan kimia yang setara.



Gambar 3. 2 Pemisalan gambar partikel dalam wadah a,b,c jika pada awal reaksi terdapat delapan partikel N_2O_5

Keterangan :  Partikel N_2O_5  Partikel NO_2  Partikel O_2

Berkurangnya laju pengurangan reaktan dapat dibuktikan dari perubahan laju rata-rata setiap interval waktu. Laju rata-rata adalah laju setiap interval waktu tertentu, dihitung dengan cara membagi perubahan konsentrasi dengan perubahan waktu.

$$\text{Laju rata-rata pengurangan } \text{N}_2\text{O}_5 = -\frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t}$$

Tanda kurung siku, [] menunjukkan konsentrasi molar, delta, $\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]$ menunjukkan selisih konsentrasi akhir dan awal, sedangkan Δt menunjukkan selisih waktu akhir dan awal. Konsentrasi reaktan menurun seiring berjalannya waktu, sehingga delta konsentrasi reaktan bernilai negatif, karena laju tidak ada yang bernilai negatif maka perlu ditambahkan tanda negatif pada rumus laju pengurangan reaktan, sehingga dihasilkan laju yang bernilai positif.

Pada interval waktu 0-100 detik

$$\text{Laju rata-rata pengurangan } \text{N}_2\text{O}_5 = -\frac{(0,0169-0,0200)\text{M}}{(100-0)\text{detik}} = 3,1 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Interval waktu 200-300 detik

$$\text{Laju pengurangan } \text{N}_2\text{O}_5 = -\frac{(0,0120-0,0142)\text{M}}{(400-300)\text{detik}} = 2,2 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Interval waktu 400-500 detik

Anita Tiarasani, 2020

PROFIL MODEL MENTAL SISWA PADA KONSEP DASAR LAJU REAKSI DENGAN MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK MODEL MENTAL INTERVIEW ABOUT EVENT

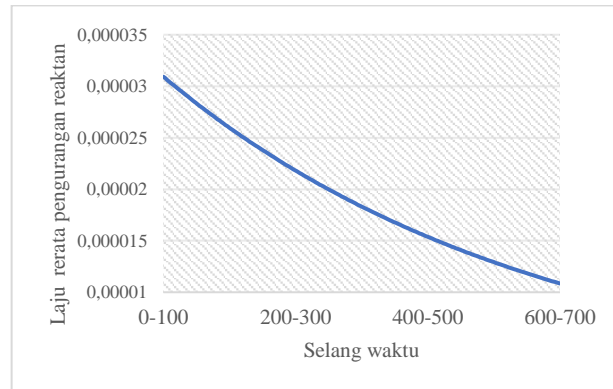
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$\text{Laju pengurangan } \text{N}_2\text{O}_5 = - \frac{(0,0086-0,0101)\text{M}}{(500-400)\text{detik}} = 1,5 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Interval waktu 600-700 detik

$$\text{Laju pengurangan } \text{N}_2\text{O}_5 = - \frac{(0,0061-0,0072)\text{M}}{(700-600)\text{detik}} = 1,1 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan laju rerata, dapat terlihat bahwa laju pengurangan reaktan menurun seiring berjalannya waktu, maka dapat diketahui grafik laju rerata pengurangan reaktan terhadap waktu pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Grafik laju rerata pengurangan reaktan terhadap waktu

Jika jawaban siswa belum optimal terdapat model mentalnya, maka diberi pertanyaan *probing* dengan frasa kunci: hubungan konsentrasi reaktan dengan laju pengurangan reaktan, menggambarkan partikel-partikel yang bereaksi, menghitung laju rerata pengurangan reaktan, dan menggambar grafik laju rerata pengurangan reaktan terhadap selang waktu.

2. Frasa kunci “penurunan laju rerata pembentukan produk”

Frasa kunci untuk pertanyaan utama ini menunjukkan penjelasan siswa pada level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Jawaban benar untuk frasa kunci ini adalah:

Konsentrasi produk bertambah seiring berjalannya waktu karena dihasilkan dari tumbukan antarpartikel reaktan. Hal ini ditandai dari warna gas dalam wadah yang berwarna semakin coklat seiring berjalannya waktu, karena terbentuk gas NO_2 dan O_2 . Namun, partikel reaktan yang belum bereaksi untuk membentuk produk akan semakin sedikit, sehingga menyebabkan produk yang dihasilkan semakin sedikit. Partikel produk hanya dibentuk oleh partikel reaktan dan tidak bertumbukan menghasilkan sesuatu, oleh karena itu laju rerata pembentukan

produk menurun seiring berjalannya waktu. Menurunnya laju pembentukan produk dapat terlihat dari perhitungan laju reratanya.

$$\text{Laju pembentukan NO}_2 = \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} \text{ atau Laju pembentukan O}_2 = \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$$

Misalnya dihitung laju rerata ditinjau dari pembentukan NO₂

Pada interval waktu 0-100 detik

$$\text{Laju rerata pembentukan NO}_2 = \frac{(0,0063-0)M}{(100-0)\text{detik}} = 6,3 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Interval waktu 200-300 detik

$$\text{Laju rerata pembentukan NO}_2 = \frac{(0,0160-0,0115)M}{(300-200)\text{detik}} = 4,5 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

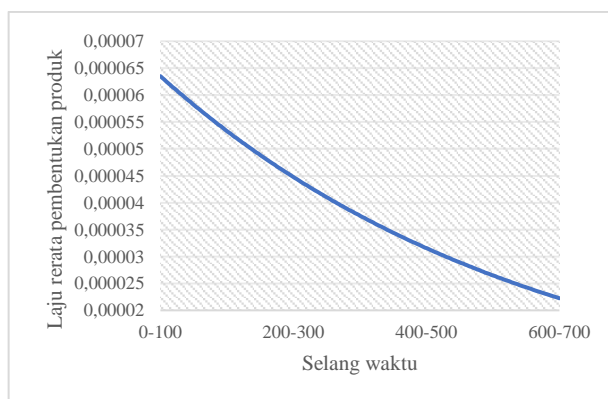
Pada interval waktu 400-500 detik

$$\text{Laju rerata pembentukan NO}_2 = \frac{(0,0229-0,0197)M}{(500-400)\text{detik}} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Pada interval waktu 600-700 detik

$$\text{Laju rerata pembentukan NO}_2 = \frac{(0,0278-0,002566)M}{(700-600)\text{detik}} = 2,2 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan laju rerata, dapat terlihat bahwa laju pembentukan produk menurun seiring berjalannya waktu, maka dapat diketahui grafik laju rerata pembentukan produk terhadap waktu pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Grafik laju rerata pembentukan produk terhadap waktu

Jika jawaban siswa belum optimal tergal model mentalnya, maka diberi pertanyaan *probing* dengan frasa kunci: hubungan konsentrasi produk dengan laju rerata pembentukan produk, menghitung laju rerata pembentukan produk, membuat grafik laju rerata pembentukan produk terhadap selang waktu.

3. Frasa kunci “menyatakan dengan laju sesaat”

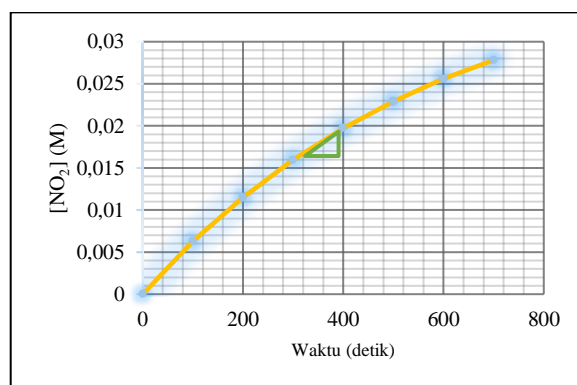
Frasa kunci untuk pertanyaan utama ini menunjukkan penjelasan siswa pada level makroskopik dan simbolik. Jawaban benar untuk frasa kunci ini adalah:

Laju pengurangan reaktan atau laju pembentukan produk dapat juga dinyatakan dengan laju sesaat. Laju sesaat adalah laju pada saat waktu tertentu, misalnya pada 300 detik. Laju sesaat dapat dinyatakan dengan :

$$\text{Laju sesaat pengurangan reaktan} = - \frac{d[\text{reaktan}]}{dt}$$

$$\text{Atau laju sesaat pembentukan produk} = \frac{d[\text{produk}]}{dt}$$

Berdasarkan fenomena di atas laju sesaat dapat ditentukan dari data hasil percobaan konsentrasi dan waktu yang tersedia, yaitu dengan terlebih dahulu membuat grafik konsentrasi reaktan atau produk terhadap waktu. Misalnya, laju sesaat untuk pembentukan NO_2 , maka grafiknya pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Grafik Konsentrasi NO_2 terhadap waktu untuk penentuan laju sesaat

Berdasarkan grafik di atas kemudian dibuat garis yang menyinggung kurva pada titik tertentu, contoh laju sesaat pada 350 detik, maka dibuat garis singgung pada 350 detik (segitiga hijau), dari garis singgung tersebut akan diperoleh gradien:

$$\text{Gradien} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{(0,019 - 0,016)M}{(390 - 310)\text{detik}} = 3,75 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

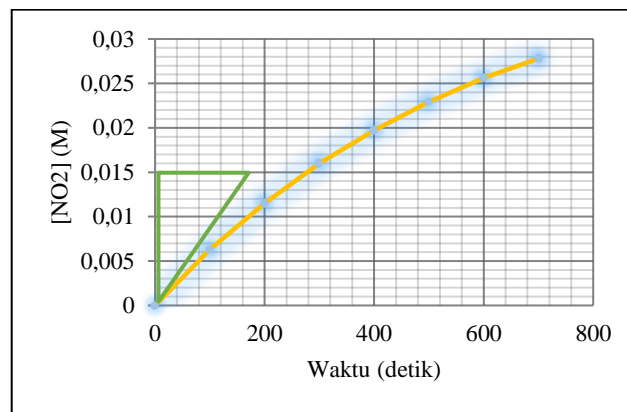
Dapat disimpulkan bahwa laju sesaat pembentukan NO_2 pada 350 detik adalah $3,75 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$.

Jika jawaban siswa belum optimal tergal model mentalnya, maka diberi pertanyaan *probing* dengan frasa kunci: definisi laju sesaat, menyatakan rumus laju sesaat, pembuatan grafik konsentrasi terhadap waktu, penentuan laju sesaat dengan metode garis singgung.

4. Frasa kunci “meyatakan dengan laju awal”

Frasa kunci untuk pertanyaan utama ini menunjukkan penjelasan siswa pada level makroskopik dan simbolik. Jawaban benar untuk frasa kunci ini adalah:

Laju pengurangan reaktan atau laju pembentukan produk juga dapat dinyatakan dengan laju awal. Laju awal termasuk laju sesaat setelah reaksi dicampurkan atau pada $t=0$, maka penentuannya sama seperti sebelumnya, yaitu membuat garis yang menyinggung kurva pada titik nol. Misalnya digunakan kurva konsentrasi pembentukan NO_2 terhadap waktu pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Grafik konsentrasi NO_2 terhadap waktu untuk penentuan laju awal

Berdasarkan grafik di atas kemudian dibuat garis yang menyinggung kurva pada titik nol (segitiga hijau), dari garis singgung tersebut akan diperoleh gradien:

$$\text{Gradien} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{(0,015 - 0)\text{M}}{(200 - 0)\text{detik}} = 7,5 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Dapat disimpulkan bahwa laju awal dari pembentukan NO_2 adalah $7,5 \times 10^{-5}$ M/detik.

Jika jawaban siswa belum optimal terdapat model mentalnya, maka diberi pertanyaan *probing* dengan frasa kunci: definisi laju awal, pembuatan grafik konsentrasi terhadap waktu, penentuan laju awal dengan metode garis singgung.

5. Frasa kunci “menyatakan dengan laju reaksi”

Frasa kunci untuk pertanyaan utama ini merupakan penjelasan siswa pada level makroskopik dan simbolik. Jawaban yang benar untuk frasa kunci ini adalah:

Nilai laju pengurangan reaktan dan pembentukan produk pada interval waktu yang sama berbeda, maka perlu dihitung laju reaksi untuk fenomena di atas sehingga diperoleh nilai yang laju yang tidak bergantung pada spesi yang ditinjau., yaitu dengan membagi laju pengurangan reaktan atau pembentukan produk dengan

koefisien persamaan kimia yang setara. Hasilnya adalah kuantitas yang disebut laju rekasi.

Pada interval waktu 0-100 detik

$$\text{Laju reaksi} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4} 6,3 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Pada interval waktu 200-300 detik

$$\text{Laju reaksi} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4} 4,5 \times 10^{-5} \text{ M/detik} = 1,1 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

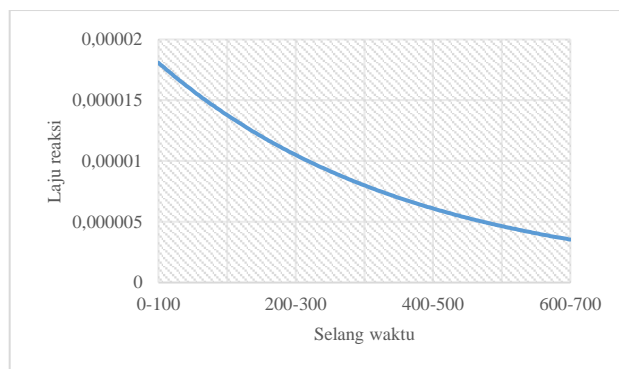
Pada interval waktu 400-500 detik

$$\text{Laju reaksi} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4} 3,2 \times 10^{-5} \text{ M/detik} = 8 \times 10^{-6} \text{ M/detik}$$

Pada interval waktu 600-700 detik

$$\text{Laju reaksi} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4} 1,1 \times 10^{-5} \text{ M/detik} = 2,9 \times 10^{-6} \text{ M/detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada setiap interval waktu dapat disimpulkan bahwa laju reaksi menurun seiring berjalannya waktu, maka dapat dibuat grafik laju reaksi terhadap waktu pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Grafik laju reaksi terhadap waktu

Hubungan antara laju reaksi, laju pengurangan reaktan, dan laju pembentukan produk pada fenomena di atas dapat dinyatakan dengan:

$$\text{Laju reaksi} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$$

Berdasarkan hubungan ketiga laju tersebut, maka dapat diketahui nilai spesi lainnya, jika diketahui salah satu spesi. Laju rerata pembentukan O_2 adalah 1×10^{-5} M/detik, maka laju rerata pengurangan N_2O_5 adalah dua kali dari laju pembentukan O_2 , yaitu 2×10^{-5} M/detik.

$$\frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = 2 \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t} = 2 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Laju pembentukan NO_2 adalah empat kali dari laju pembentukan O_2 , yaitu 4×10^{-5} M/detik.

$$\frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$$

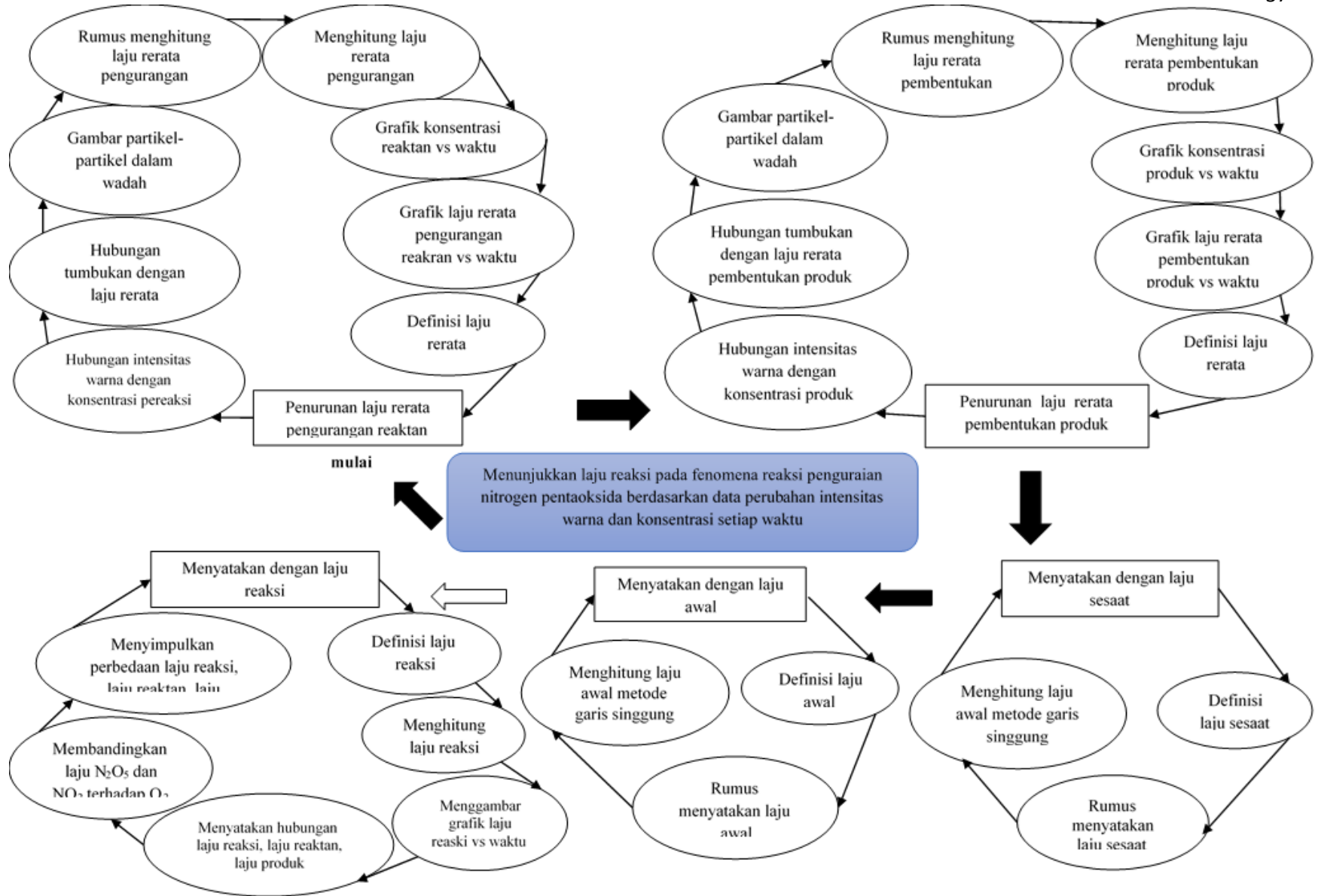
$$\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = 4 \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = 4 \times 10^{-5} \text{ M/detik}$$

Jika jawaban siswa belum optimal terdapat model mentalnya, maka diberi pertanyaan *probing* dengan frasa kunci: menghitung laju reaksi, menggambar grafik laju reaksi terhadap waktu, menyatakan hubungan laju reaksi, laju pengurangan reaktan, dan laju pembentukan produk, membandingkan laju pengurangan N_2O_5 dan laju pembentukan NO_2 terhadap laju pembentukan O_2 .

Keterangan Jawaban :

- / :
Benar tanpa *probing* untuk pertanyaan utama/*probing*
- / :
Benar dengan *probing* untuk pertanyaan utama/*probing*
- / :
Benar sebagian tanpa *probing* untuk pertanyaan utama/*probing*
- / :
Benar sebagian dengan *probing* untuk pertanyaan utama/*probing*
- / :
Salah untuk pertanyaan utama/*probing*
- / :
Tidak dijawab untuk pertanyaan utama/*probing*
- : Fenomena



Gambar 3. 8 Pola Jawaban Siswa

Profil model mental siswa yang telah diketahui kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa tipe yang dijelaskan oleh Abraham dan Williamsom (1994):

- 0- Tidak paham (TP), siswa menjawab tidak tahu, mengulang pertanyaan, jawaban siswa tidak relevan, tidak ada penjelasan apapun dari pertanyaan yang diajukan.
- 1- Miskonsepsi Spesifik (MS), jawaban siswa salah secara ilmiah.
- 2- Paham sebagian dan memiliki miskonsepsi spesifik (PS/MS), jawaban siswa terlihat memahami konsep, tetapi memiliki miskonsepsi.
- 3- Paham sebagian (PS), jawaban siswa sebagian benar secara ilmiah.
- 4- Paham utuh (PU), jawaban siswa seluruhnya benar secara ilmiah.

Pengelompokkan tipe model mental menurut Abraham dan Williamson dan kriteria jawaban siswa terdapat dalam Tabel 3.2.

Tabel 3. 2

Pengelompokkan Model Mental Siswa pada Konsep Dasar laju Reaksi

Tipe Model Mental	Kriteria jawaban siswa
0- Tidak Paham (TP)	0-Siswa menjawab tidak tahu, mengulang pertanyaan, jawaban siswa tidak relevan, tidak ada penjelasan apapun dari pertanyaan yang diajukan pada salah satu konsep: menjelaskan laju rerata pengurangan reaktan, menjelaskan laju rerata pembentukan produk, menjelaskan laju sesaat, menjelaskan laju awal, dan menjelaskan laju reaksi.
1- Miskonsepsi spesifik (MS)	1-Jawaban siswa salah secara ilmiah setelah diberi pertanyaan <i>probing</i> pada salah satu konsep: menjelaskan laju rerata pengurangan reaktan, menjelaskan laju rerata pembentukan produk, menjelaskan laju sesaat, menjelaskan laju awal, menjelaskan laju reaksi.
2- Paham sebagian dan memiliki miskonsepsi spesifik (PS/MS)	2-Jawaban siswa terlihat memahami setelah diberi pertanyaan <i>probing</i> pada salah satu konsep: menjelaskan laju rerata pengurangan reaktan, menjelaskan laju rerata pembentukan produk, menjelaskan laju sesaat, menjelaskan laju awal, menjelaskan laju reaksi, dan memiliki miskonsepsi.

Tipe Model Mental	Kriteria jawaban siswa
3- Paham sebagian (PS)	<p>3a- Jawaban siswa sebagian benar secara ilmiah dan menjawab tanpa pertanyaan <i>probing</i> pada salah satu konsep : menjelaskan laju rerata pengurangan reaktan, menjelaskan laju rerata pembentukan produk, menjelaskan laju sesaat, menjelaskan laju awal, dan menjelaskan laju reaksi.</p> <p>3b- Jawaban siswa sebagian benar secara ilmiah dan menjawab setelah diberi pertanyaan <i>probing</i> pada salah satu konsep: menjelaskan laju rerata pengurangan reaktan, menjelaskan laju rerata pembentukan produk, menjelaskan laju reaksi, menjelaskan laju sesaat, menjelaskan laju awal.</p>
4- Pemahaman utuh (PU)	4-Jawaban siswa seluruhnya benar secara ilmiah dan menjawab tanpa pertanyaan <i>probing</i> pada salah satu konsep: menjelaskan laju rerata pengurangan reaktan, menjelaskan laju rerata pembentukan produk, menjelaskan laju sesaat, menjelaskan laju awal, dan menjelaskan laju reaksi, serta dapat membedakan laju rerata dan laju sesaat.