

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan hasil temuan-temuan penelitian beserta pembahasannya. Temuan-temuan penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan diagram untuk lebih memudahkan dalam memahami data yang diperoleh. Berikut akan dijelaskan secara lebih rinci mengenai hasil temuan penelitian meliputi : hasil studi pendahuluan yang terdiri dari optimasi kondisi percobaan dan penyusunan prosedur praktikum, pengembangan LKS, serta hasil uji coba terbatas yang terdiri dari hasil uji keterlaksanaan prosedur praktikum, penilaian guru terhadap LKS, dan respon siswa terhadap LKS berbasis *learning cycle 7e* yang dikembangkan.

A. Hasil Studi Pendahuluan

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa dalam tahap studi pendahuluan dilakukan studi kepustakaan, survei lapangan, dan penyusunan produk awal. Hasil dari tahap studi pendahuluan tersebut, diuraikan secara terperinci sebagai berikut :

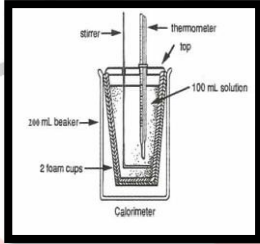
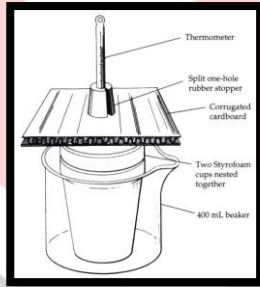
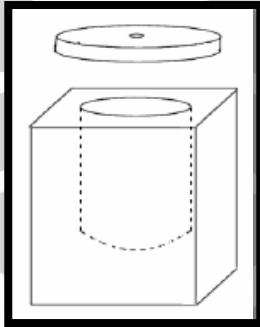
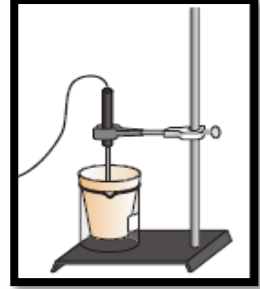
1. Studi Kepustakaan

Dari hasil identifikasi beberapa prosedur praktikum yang beredar dalam buku standar dan artikel-artikel dalam website nasional maupun internasional, diperoleh hasil bahwa secara umum alat kalorimeter yang digunakan berbahan *styrofoam*, perbedaannya hanya terletak pada rangkaian alatnya saja. Sedangkan, untuk reaksi yang diukur hampir seluruhnya adalah reaksi netralisasi asam-basa hanya dua

Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

prosedur yang mengukur kalor reaksi MgO dan HCl. Secara keseluruhan, hasil identifikasi prosedur praktikum ini dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Identifikasi Prosedur Praktikum Penentuan ΔH Reaksi Menggunakan Kalorimeter

No.	Prosedur	Penulis	Rangkaian Kalorimeter	Jenis Bahan	% kesalahan
1	Prosedur 1	-		HCl & NaOH 2M	-
2	Prosedur 2	Andrew Yaksic		HCl, NaOH & CH ₃ COOH 1M	11,68% dan 31,41%
3	Prosedur 3	Walter Rohr		Pita Mg, HCl & MgO	-
4	Prosedur 4	-	-	Padatan MgO & HCl	-
5	Prosedur 5	Vernier Software		HCl & NaOH 2M	-

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas, dapat dilihat bahwa rangkaian kalorimeter pada prosedur 1, 2 dan 5 terdiri dari wadah *styrofoam* dan gelas kimia. Penggunaan gelas kimia ini, mengakibatkan kapasitas kalorimeter menjadi besar. Hal ini dikarenakan, daya absorpsi panas untuk bahan kaca lebih tinggi dibandingkan bahan *styrofoam* atau plastik. Apabila kapasitas kalorimeter besar, maka harga kalor reaksi yang terukur menjadi lebih rendah dari semestinya, karena sebagian kalornya diserap oleh alat kalorimeter itu sendiri.

Sedangkan untuk jenis bahan, pada prosedur 1, 2 dan 5 yang digunakan adalah larutan HCl dan NaOH dengan konsentrasi masing-masing sebesar 2 M. Bahan ini relatif mudah diperoleh dan sudah banyak tersedia di sekolah. Selain itu, tingkat bahaya penggunaannya pun cukup rendah, sehingga aman untuk digunakan oleh siswa. Namun, dalam konsentrasi yang pekat bahan ini bersifat korosif dan dapat menyebabkan luka bakar dan kulit melepuh. Sehingga apabila tidak hati-hati akan membahayakan bagi siswa.

Kemudian, untuk prosedur 3 dan 4 salah satu bahan yang digunakan adalah padatan MgO. Dari segi keamanan bahan, padatan MgO memiliki tingkat iritan kulit dan toksisitas yang rendah sehingga cukup aman untuk digunakan oleh siswa. Namun dalam hal kemudahan memperoleh bahan, padatan MgO ini tergolong bahan yang mahal, sehingga kurang cocok digunakan dalam praktikum di SMA.

2. Survei Lapangan

Selanjutnya, pada tahap survei lapangan diperoleh hasil bahwa hampir seluruh sekolah tersebut pernah melakukan praktikum mengenai materi penentuan

perubahan entalpi reaksi menggunakan alat kalorimeter yang secara umum berbahan dasar *styrofoam* dengan rangkaian yang berbeda. Namun, hanya dua sekolah yang selalu melakukan praktikum pada materi ini setiap tahunnya.

Sedangkan untuk prosedur praktikum yang digunakan, pada umumnya hanya berasal dari buku pegangan guru dan LKS yang diberikan kepada siswa di awal tahun pelajaran. Dalam LKS yang diberikan kepada siswa tersebut, hanya berisi pertanyaan-pertanyaan yang tidak menuntun siswa dalam melakukan praktikum dan menggali pengetahuan siswa lebih dalam.

Berdasarkan hasil identifikasi beberapa prosedur praktikum baik yang digunakan di sekolah maupun yang beredar pada buku-buku standar dan website, diperoleh hasil bahwa setiap prosedur yang dianalisis memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Sehingga diperlukan optimasi variabel percobaan untuk memperoleh kondisi optimum untuk prosedur praktikum penentuan perubahan entalpi (ΔH) reaksi. Hal inilah yang menjadi salah satu acuan untuk mengembangkan prosedur praktikum alternatif pada materi penentuan ΔH reaksi menggunakan kalorimeter sederhana yang mudah dan aman dilakukan oleh siswa serta dapat dilaksanakan dalam pembelajaran praktikum di sekolah.

3. Penyusunan Produk Awal

Pada tahap ini, diawali dengan optimasi kondisi percobaan dan penyusunan prosedur praktikum serta penyusunan LKS sebagai bentuk penyajian prosedur praktikum hasil optimasi.

a. Optimasi kondisi percobaan dan penyusunan prosedur praktikum

Hasil optimasi kondisi percobaan penentuan perubahan entalpi (ΔH) reaksi menggunakan kalorimeter ini, terbagi menjadi dua bagian, yakni hasil optimasi rangkaian alat kalorimeter sederhana dan variasi jenis asam dan basa serta konsentrasinya. Penjelasan mengenai optimasi secara lebih rinci adalah sebagai berikut :

1) Struktur alat kalorimeter

Pada tahap optimasi ini, dilakukan variasi pada rangkaian alat kalorimeter sederhana. Seperti telah disebutkan sebelumnya, bahwa kalorimeter merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengukur kalor yang dihasilkan oleh suatu reaksi (Q_{reaksi}). Kalorimeter memiliki kapasitas kalor, yakni besarnya kalor yang diserap atau dilepaskan oleh kalorimeter. Untuk mendapatkan harga kalor reaksi yang mendekati data teoritis dibutuhkan alat kalorimeter yang memiliki kapasitas kalor paling kecil, sehingga sebagian besar kalor reaksi yang terukur selama pengukuran merupakan kalor yang berasal dari zat yang bereaksi. Oleh karena itu, pada tahap ini dilakukan optimalisasi berbagai macam rangkaian alat kalorimeter sederhana untuk memperoleh alat dengan kapasitas kalor terkecil.

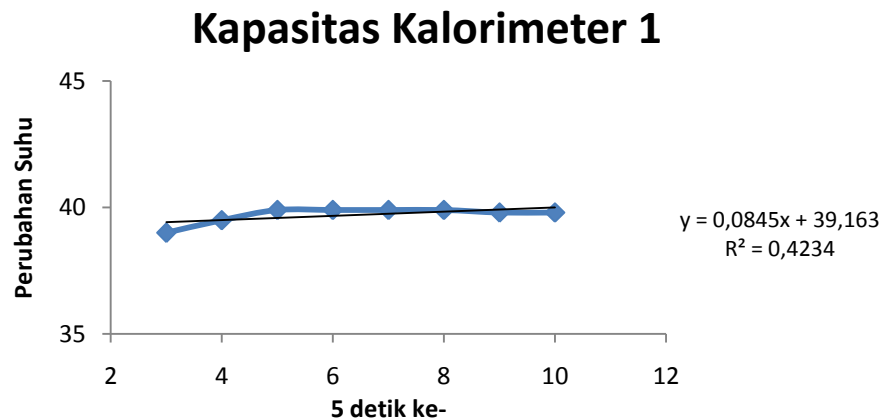
Terdapat lima jenis susunan alat kalorimeter sederhana yang dioptimalisasi. Pada alat kalorimeter 1, susunan alat terdiri dari sebuah bejana *styrofoam* besar, sebuah gelas *styrofoam* 200 mL, gelas plastik, batang pengaduk ujung bulat, dan termometer berskala 50 °C. Kemudian, bagian sisi bejana *styrofoam* diberi potongan-potongan *styrofoam* dengan tujuan agar tidak ada kalor yang lepas

selama reaksi berlangsung di dalam alat kalorimeter. Gambar susunan alat kalorimeter 1 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Rangkaian alat kalorimeter 1

Harga kapasitas kalorimeter 1 tersebut kemudian diukur. Hasil pengukurannya adalah :



Gambar 4.2 Grafik perubahan suhu setiap 5 detik pada kalorimeter 1
($T_{ad} = 23,1^{\circ}\text{C}$; $T_{ap} = 57^{\circ}\text{C}$)

Kapasitas kalor alat kalorimeter, dihitung berdasarkan perubahan suhu yang terjadi ketika air dingin dan air panas dicampurkan dalam alat tersebut. Suhu konstan yang tercapai oleh campuran tersebut disebut suhu campuran (T_c).

Kemudian untuk menghitung harga kapasitas kalor alat dengan cara sebagai berikut :

$$Ck = \frac{m.ap (T.ap - T_c) - m.ad (T_c - T.ad)}{(T_c - T.ad)} \dots\dots\dots (1)$$

dengan m.ap = massa air panas ; m.ad = massa air dingin ; T.ap = suhu air panas ; T.ad = suhu air dingin ; T_c = suhu campuran. Suhu campuran ini diperoleh dari ekstrapolasi grafik.

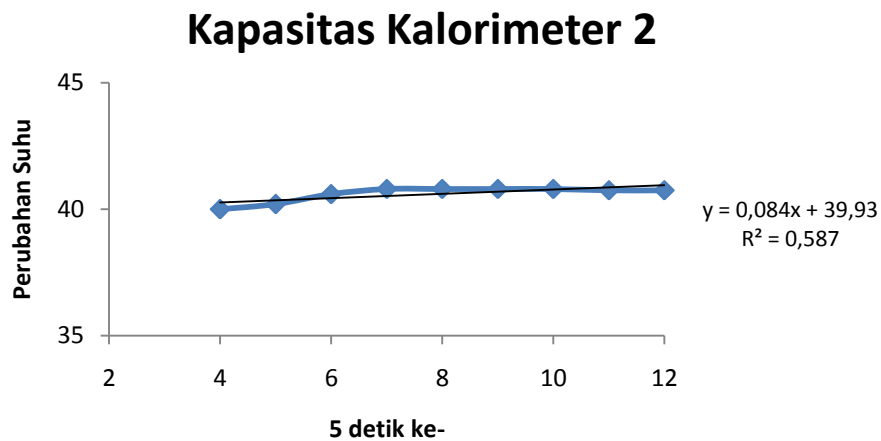
Suhu awal air dingin saat dilakukan pengukuran sebesar 23,1 °C. Pembacaan suhu dilakukan setiap 5 detik selama ± 3 menit. Suhu campuran (T_c) yang diperoleh dari grafik sebesar 39,163°C. Dengan demikian diperoleh kapasitas kalor kalorimeter 1 sebesar 0,005522 kJ.

Pada alat kalorimeter 2, susunan alat terdiri dari dua buah gelas *styrofoam* 200 mL, gelas plastik + tutup, sumbat karet, batang pengaduk, dan termometer 50°C. Gambar susunan alat kalorimeter 2 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Rangkaian alat kalorimeter 2

Seperti yang dilakukan pada rangkaian alat kalorimeter 1, alat ini pun diukur kapasitas kalornya menggunakan cara yang sama. Hasil pengukurannya dituangkan dalam grafik berikut ini :



Gambar 4.4 Grafik perubahan suhu tiap 5 detik pada alat kalorimeter 2
($T_{ad}= 24,3^{\circ}\text{C}$; $T_{ap}= 57,1^{\circ}\text{C}$)

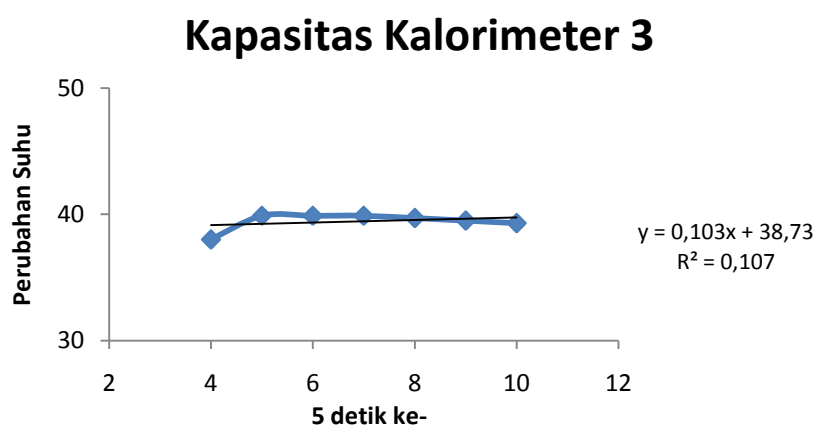
Pembacaan perubahan suhu dilakukan setiap 5 detik selama ± 3 menit. Suhu campuran (T_c) yang diperoleh dari grafik adalah sebesar $39,94^{\circ}\text{C}$. Dengan cara perhitungan kapasitas yang sama dengan kalorimeter 1, maka diperoleh harga kapasitas kalor alat kalorimeter 2 sebesar $0,004859 \text{ kJ}$.

Selanjutnya, rangkaian alat kalorimeter 3 memiliki susunan alat yang terdiri dari sebuah gelas kimia 600 mL, dua buah gelas *styrofoam* 200 mL, gelas plastik + tutup, sumbat karet, batang pengaduk, dan termometer 50°C . Gambar susunan alat kalorimeter 3 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.5 Rangkaian alat kalorimeter 3

Grafik hasil pengukuran kapasitas kalor alat tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.6 Grafik perubahan suhu tiap 5 detik pada alat kalorimeter 3
($T_{ad} = 24,7^{\circ}\text{C}$; $T_{ap} = 57^{\circ}\text{C}$)

Pembacaan perubahan suhu dilakukan setiap 5 detik selama ± 3 menit. Berdasarkan pengukuran tersebut, diperoleh suhu campuran (T_c) sebesar $38,73^{\circ}\text{C}$. Kemudian harga kapasitas kalor rangkaian alat kalorimeter 3 yang diperoleh dari perhitungan adalah sebesar $0,06459$ kJ.

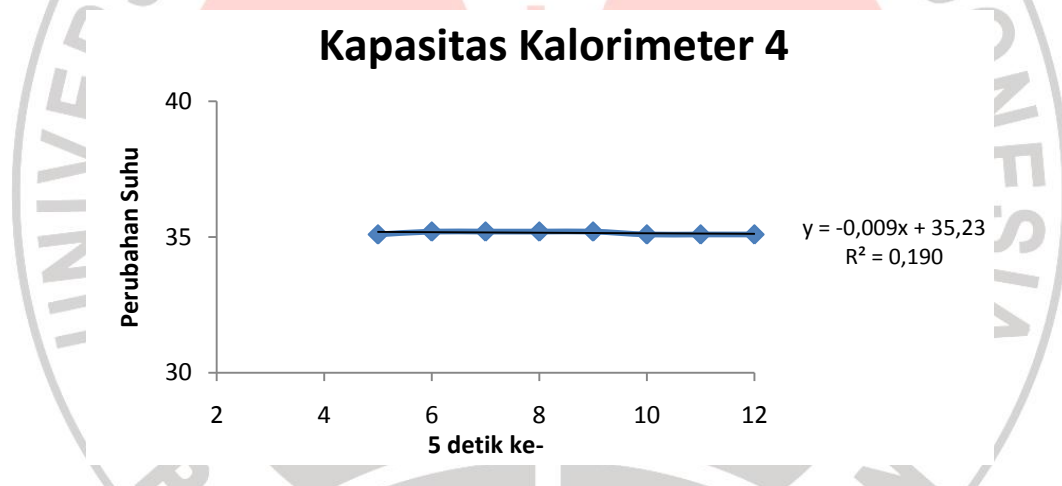
Rangkaian alat pada kalorimeter 4 terdiri dari sebuah gelas styrofoam, gelas plastik + tutup, sumbat karet, batang pengaduk, dan termometer 50°C . Gambar set alat kalorimeter 4 adalah sebagai berikut :

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana



Gambar 4.7 Rangkaian alat kalorimeter 4

Data perubahan suhu yang terjadi selama pengukuran kapasitas kalor alat kalorimeter 4 ini, dituangkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4.8 Grafik perubahan suhu setiap 5 detik pada alat kalorimeter 4 ($T_{ad}= 26^{\circ}\text{C}$; $T_{an}= 50^{\circ}\text{C}$).

Suhu air dingin saat dilakukan pengukuran adalah sebesar 26°C . Pembacaan perubahan suhu dilakukan setiap 5 detik selama ± 3 menit. Suhu campuran (T_c) yang diperoleh dari grafik adalah sebesar $35,23^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan perhitungan dan data pengamatan, kapasitas kalor alat kalorimeter adalah sebesar $0,02910$ kJ.

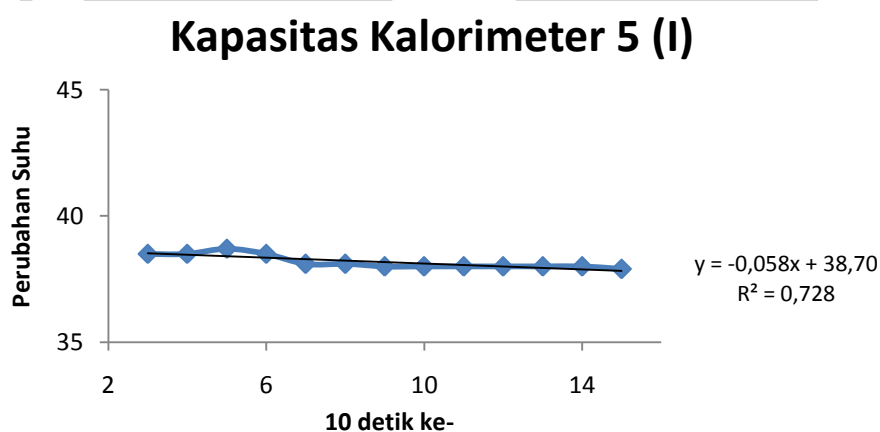
Kemudian, rangkaian alat kalorimeter 5 yang terdiri dari dua buah gelas *styrofoam* 200 mL, tutup gelas yang terbuat dari bahan *styrofoam*, batang

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

pengaduk, dan termometer 50°C . Gambar susunan alat kalorimeter 5 yang digunakan adalah sebagai berikut :



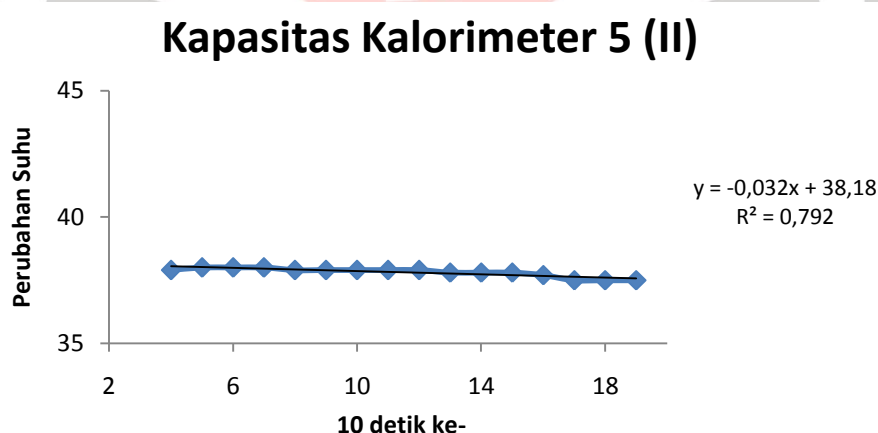
Pengukuran **Gambar 4.9** Rangkaian alat kalorimeter 5 ini dilakukan sebanyak dua kali untuk mengetahui konstanta tidaknya hasil pengukuran. Hasil pengukuran berupa perubahan suhu yang diamati setiap 10 detik dan dituangkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya, grafik tersebut diekstrapolasi untuk memperoleh suhu campuran (T_c). Grafik hasil pengukuran tersebut, adalah sebagai berikut :



Gambar 4.10 Grafik perubahan suhu setiap 10 detik pada alat kalorimeter 5 (I)
($T_{ad}= 27^{\circ}\text{C}$; $T_{ap}= 50,1^{\circ}\text{C}$)

Suhu air dingin pada saat percobaan adalah sebesar 27°C sedangkan suhu air panas adalah sebesar $50,1^{\circ}\text{C}$. Pembacaan perubahan suhu dilakukan setiap 5 detik selama ± 3 menit. Suhu campuran (T_c) yang diperoleh dari grafik adalah sebesar $38,71^{\circ}\text{C}$. Dari hasil pengukuran pertama, diperoleh kapasitas kalor alat kalorimeter 5 sebesar 0 kJ.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran yang kedua untuk memastikan konstan tidaknya hasil pengukuran. Alat yang digunakan sama, yaitu alat kalorimeter 5. Hasil pengukuran suhu yang teramati dituangkan dalam bentuk grafik. Sama halnya seperti pada pengukuran yang pertama, grafik tersebut lalu diekstrapolasi untuk menentukan suhu campuran (T_c). Grafik hasil pengukuran kapasitas kalor yang kedua untuk alat kalorimeter 5 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.11 Grafik perubahan suhu setiap 10 detik pada alat kalorimeter 5 (II)
($T_{ad} = 27^{\circ}\text{C}$; $T_{ap} = 50^{\circ}\text{C}$)

Suhu air dingin yang digunakan dalam pengukuran yang kedua ini sama dengan pengukuran pertama yaitu sebesar 27°C . Pembacaan perubahan suhu dilakukan setiap 5 detik selama ± 3 menit. Suhu campuran (T_c) yang diperoleh dari grafik adalah sebesar $38,19^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan data pengamatan dan juga hasil



Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

perhitungan, diperoleh harga kapasitas kalor untuk pengukuran yang kedua adalah sebesar 0,002862.




Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan sebanyak dua kali pada alat kalorimeter 5, diperoleh harga kapasitas kalor sebesar 0,002862. Hal ini dikarenakan, apabila kapasitas kalor mencapai harga 0 kJ berarti kalorimeter sama tidak menyerap maupun melepas kalor selama pengukuran, dan keadaan ini sangat sulit dicapai dengan menggunakan kalorimeter sederhana.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, variasi rangkaian alat kalorimeter dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh rangkaian alat kalorimeter sederhana yang mudah dalam pembuatannya, mudah dalam memperoleh bahan, dapat dilakukan oleh siswa dan yang terpenting adalah hasil pengukurannya cukup akurat. Berdasarkan hasil variasi rangkaian alat kalorimeter yang telah dilakukan, harga kapasitas kalor untuk masing-masing alat kalorimeter dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.2 Hasil Optimalisasi Rangkaian Alat Kalorimeter

No.	Rangkaian Alat Kalorimeter	Kapasitas Kalor
1.	Kalorimeter 1 : 	0,005522 kJ
2.	Kalorimeter 2 : 	0,004859 kJ

Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

3.	Kalorimeter 3 :		0,06459 kJ
4.	Kalorimeter 4 :		0,029997 kJ
5.	Kalorimeter 5 :		0,002862 kJ

Data hasil perhitungan kapasitas kalorimeter dapat dilihat dalam lampiran A.13.

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa rangkaian alat kalorimeter yang memiliki kapasitas kalor terkecil adalah rangkaian alat kalorimeter 5 yaitu sebesar 0,002862 kJ. Hal ini dikarenakan, seluruh rangkaian alatnya terdiri dari *styrofoam* yang merupakan bahan yang sangat sedikit menyerap panas dibandingkan plastik atau gelas. Selain itu, alat ini terdiri dari dua buah gelas *styrofoam*, gelas luar membantu menyekat campuran reaksi dari lingkungan. Sehingga meminimalisir pertukaran energi dari sistem ke lingkungan maupun sebaliknya.

2) Pengukuran kalor netralisasi asam-basa

Setelah diperoleh alat kalorimeter yang memiliki kapasitas kalor terendah, selanjutnya dilakukan optimalisasi konsentrasi zat yang akan diukur kalor reaksinya menggunakan kalorimeter sederhana. Sebelum pengukuran, dilakukan pembuatan larutan stok untuk masing-masing pereaksi asam-basa yang

digunakan. Kemudian, seluruh larutan stok tersebut distandarisasi dengan hasil sebagai berikut :

a. Standarisasi larutan NaOH

Tabel 4.3 Hasil standarisasi larutan NaOH

Titration ke-	Volume NaOH Awal (mL)	Volume NaOH Akhir (mL)	Volume Used (mL)
I	0	22,86	22,86
II	23	45,90	22,90

Larutan NaOH ini distandarisasi menggunakan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Berdasarkan hasil titrasi yang dilakukan, konsentrasi larutan NaOH yang diperoleh adalah sebesar 1,0933 M.

b. Standarisasi larutan HCl

Tabel 4.4 Hasil standarisasi larutan HCl

Titration ke-	Volume NaOH Awal (mL)	Volume NaOH Akhir (mL)	Volume Used (mL)
I	0	22,75	22,75
II	23	45,89	22,89

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, larutan HCl distandarisasi menggunakan larutan NaOH yang terstandarisasi. Konsentrasi HCl yang diperoleh adalah sebesar 1,1204 M.

c. Standarisasi larutan CH_3COOH

Tabel 4.5 Hasil standarisasi larutan CH_3COOH

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

Titration ke-	Volume NaOH Awal (mL)	Volume NaOH Akhir (mL)	Volume Terpakai (mL)
I	0	11,21	11,21
II	14	25,31	11,31

Seperti halnya standarisasi larutan HCl, larutan CH_3COOH dititrasi menggunakan larutan NaOH 1,0933 M. Konsentrasi yang diperoleh sebesar 0,9980 M.

d. Standarisasi larutan NH_3

Tabel 4.6 Hasil standarisasi larutan NH_3

Titration ke-	Volume NH_3 Awal (mL)	Volume NH_3 Akhir (mL)	Volume Terpakai (mL)
I	0	23,92	23,92
II	25	48,94	23,94

Larutan NH_3 ini distandarisasi menggunakan larutan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Konsentrasi larutan NH_3 yang diperoleh adalah sebesar 1,0452 M. Data perhitungan standarisasi masing-masing larutan asam-basa terdapat pada lampiran A.14.

Setelah masing-masing larutan stok distandarisasi, selanjutnya dilakukan optimasi terhadap berbagai macam zat asam-basa. Baik asam kuat-basa kuat maupun asam lemah-basa lemah. Selain itu, dilakukan variasi konsentrasi untuk setiap pasang asam-basa. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum yang dibutuhkan untuk memperoleh hasil pengukuran perubahan entalpi reaksi

(ΔH) netralisasi asam-basa yang paling mendekati data handbook atau memiliki penyimpangan terendah. Rentang konsentrasi yang digunakan dari 1 M-0,6 M dengan pertimbangan tingkat keamanan penggunaan bahan oleh siswa.

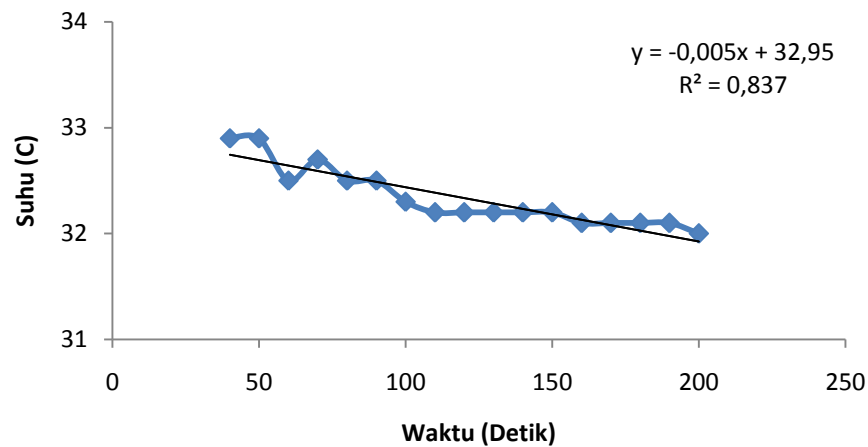
Hasil optimasi variasi bahan asam dan basa serta konsentrasinya adalah sebagai berikut :

a) Asam kuat-Basa kuat

Pengukuran kalor reaksi yang pertama dilakukan, menggunakan asam kuat dan basa kuat, yaitu asam klorida (HCl) dan natrium hidroksida (NaOH). Pengukuran tersebut, menggunakan alat kalorimeter hasil optimasi yaitu alat kalorimeter 5 yang memiliki kapasitas kalor terendah.

Kedua pereaksi tersebut merupakan larutan stok yang distandarisasi dengan metode titrasi asam-basa. Sebelum direaksikan dalam alat kalorimeter, suhu awal kedua larutan tersebut diukur menggunakan termometer. Setelah suhu awal diukur, kedua pereaksi tersebut dicampurkan dalam rangkaian alat kalorimeter dan diaduk secara kontinu. Perubahan suhu yang terjadi selama reaksi berlangsung dicatat setiap sepuluh detik. Pengukuran suhu dihentikan saat suhu campuran konstan dan turun kembali.

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan alat kalorimeter, grafik hasil pengukuran perubahan suhu yang terjadi selama reaksi HCl dan NaOH 1 M dalam selang waktu 10 detik adalah sebagai berikut :



Gambar 4.12 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NaOH 1 M
(T_a HCl = 27,7 °C ; T_a NaOH = 27,5 °C)

Suhu awal larutan (T_a) yang digunakan pada pengukuran adalah 27,7 °C dan berdasarkan hasil ekstrapolasi grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.12, suhu akhir reaksi (T_f) adalah 32,95 °C. Kemudian, kalor reaksi HCl dan NaOH dapat dihitung dengan cara :

$$Q_{\text{reaksi}} = Q_{\text{larutan}} + Q_{\text{kalorimeter}}$$

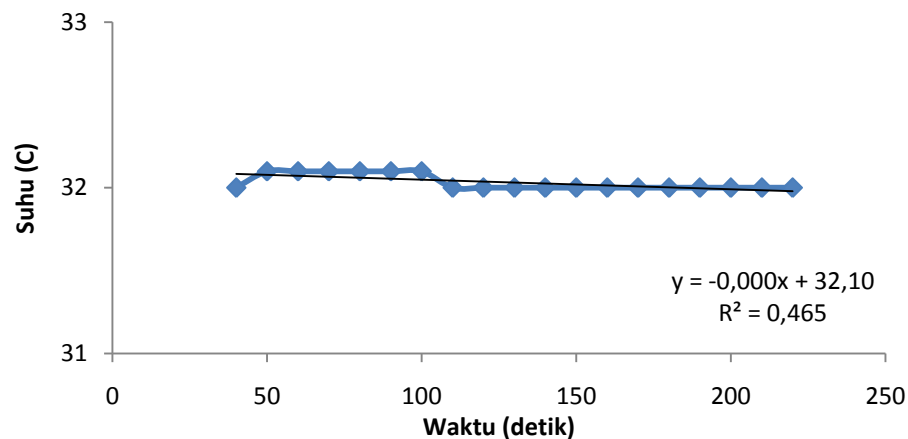
Karena reaksi HCl dan NaOH ini merupakan reaksi eksoterm (melepaskan kalor), maka Q_{reaksi} bertanda negatif (-). Untuk menghitung perubahan entalpi (ΔH) reaksi dapat digunakan cara sebagai berikut :

$$\Delta H = \frac{-Q_{\text{reaksi}}}{n_{\text{larutan}}} \dots \dots \dots (2)$$

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan alat kalorimeter dan perhitungan, maka harga ΔH reaksi HCl-NaOH pada konsentrasi 1 M sebesar -43,8903 kJ/mol.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran kalor reaksi HCl dan NaOH 0,9 M dengan alat kalorimeter yang sama dengan sebelumnya. Larutan HCl dan NaOH

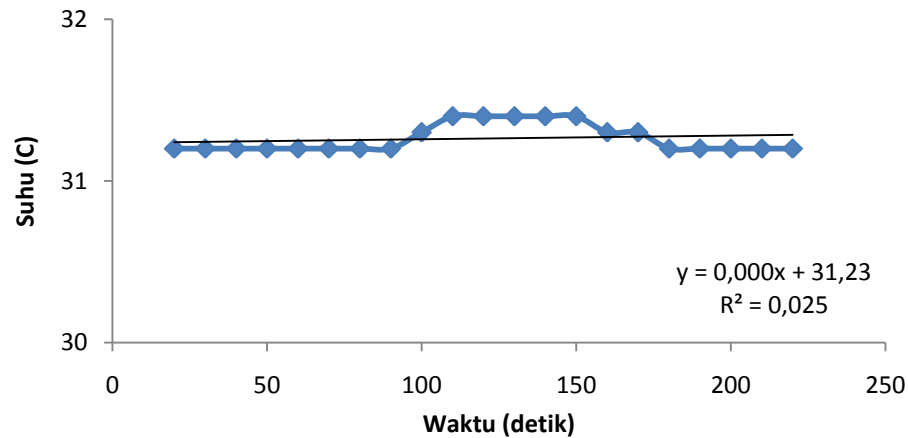
0,9 M ini berasal dari pengenceran larutan stok yang telah distandarisasi. Prosedur pengukurannya pun sama dengan reaksi HCl dan NaOH 1 M, data hasil pengukurannya dituangkan dalam grafik berikut :



Gambar 4.13 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NaOH 0,9 M (Ta HCl = 27,2 °C ; Ta NaOH = 27,5 °C)

Berdasarkan hasil ekstrapolasi grafik di atas, suhu akhir reaksi HCl dan NaOH 0,9M adalah sebesar 32,1 °C. Kemudian, dari hasil perhitungan diperoleh harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi HCl dan NaOH pada konsentrasi 0,9M adalah - 43,937 kJ/mol.

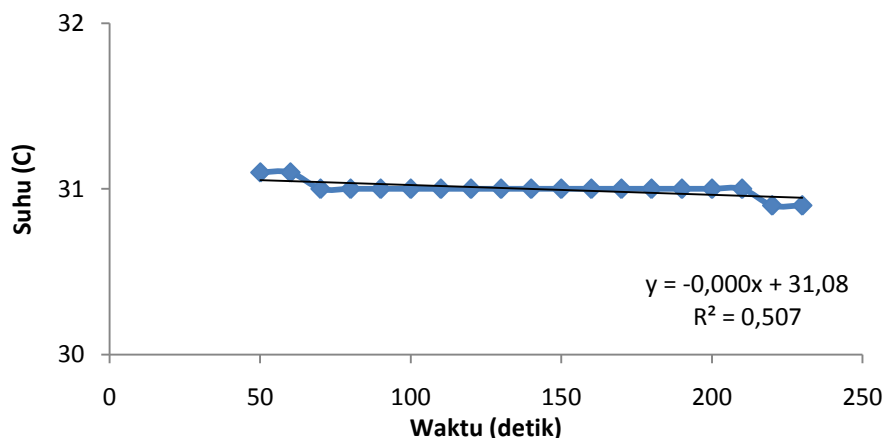
Pengukuran selanjutnya dilakukan dengan menggunakan larutan HCl dan NaOH 0,8M. Sama seperti pengukuran sebelumnya, yang diamati dalam percobaan adalah perubahan suhu yang terjadi tiap 10 detik, setelah kedua larutan dicampurkan. Data perubahan suhu campuran yang diukur menggunakan alat kalorimeter dituangkan dalam Gambar 4.14 berikut ini :



Gambar 4.14 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NaOH 0,8 M
(T_a HCl = 27,2 °C ; T_a NaOH = 27,1 °C)

Dari grafik di atas, suhu akhir yang diperoleh berdasarkan hasil ekstrapolasi grafik data perubahan suhu adalah sebesar 31,2°C. Berdasarkan data hasil pengukuran kemudian dilakukan perhitungan dan diperoleh harga ΔH reaksi HCl - NaOH pada konsentrasi 0,8 M sebesar - 42,114 kJ/mol.

Selanjutnya, pengukuran dilakukan untuk mengetahui harga kalor reaksi HCl dan NaOH pada konsentrasi 0,7M. Pengukuran dilakukan dengan cara yang sama dengan pengukuran pada konsentrasi-konsentrasi sebelumnya. Suhu awal masing-masing pereaksi asam dan basa diukur menggunakan termometer, lalu dicampurkan dalam alat kalorimeter. Perubahan suhu pada rentang waktu 10 detik yang terjadi selama reaksi asam-basa berlangsung disajikan dalam bentuk grafik, yang kemudian diekstrapolasi untuk menentukan suhu akhir campuran. Data perubahan suhu tersebut, dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut :

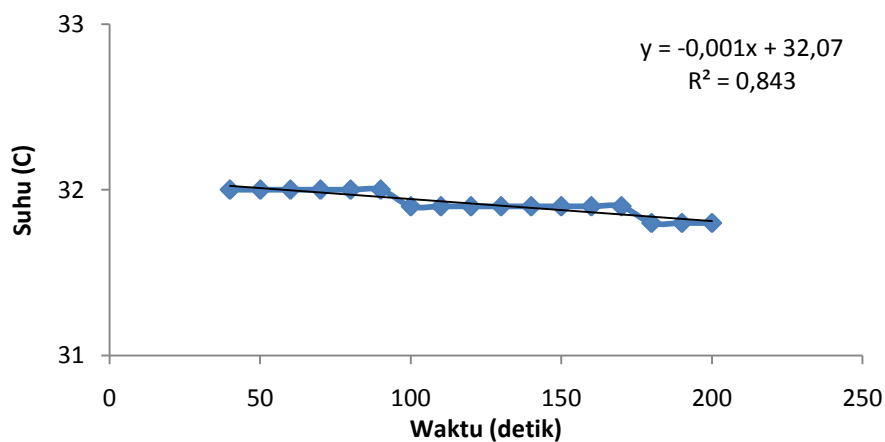


Gambar 4.15 Grafik perubahan suhu reaksi HCl-NaOH 0,7 M
($T_a \text{ HCl} = 27,5 \text{ } ^\circ\text{C}$; $T_a \text{ NaOH} = 27,5 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Dari hasil ekstrapolasi grafik tersebut, diperoleh suhu akhir reaksi yaitu sebesar $31,08 \text{ } ^\circ\text{C}$. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan, harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi HCl dan NaOH 0,7M adalah $-42,756 \text{ kJ/mol}$.

Selanjutnya, variasi konsentrasi larutan HCl dan NaOH 0,6 M dilakukan dengan prosedur yang sama. Perubahan suhu yang teramati selama pengukuran semakin rendah bila dibandingkan dengan konsentrasi-konsentrasi sebelumnya.

Data perubahan suhu dituangkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 4.16 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NaOH 0,6 M

$$(T_a \text{ HCl} = 28,8 \text{ } ^\circ\text{C} ; T_a \text{ NaOH} = 28,9 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Berdasarkan hasil ekstrapolasi grafik perubahan suhu tersebut, suhu akhir yang dicapai oleh campuran adalah $32,07 \text{ } ^\circ\text{C}$. Kemudian dari hasil perhitungan, harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi HCl dan NaOH 0,6 M adalah sebesar $-44,169 \text{ kJ/mol}$.

Dari hasil variasi konsentrasi HCl dan NaOH, harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi yang diperoleh kemudian dibandingkan, untuk menentukan konsentrasi optimum larutan yang dibutuhkan dalam pengukuran harga ΔH reaksi HCl-NaOH. Kondisi optimum tersebut, selain ditinjau dari harga ΔH reaksi yang diperoleh, juga dilihat dari data perubahan suhu yang terjadi. Karena prosedur praktikum diperuntukkan bagi siswa, maka perubahan suhu yang terjadi harus dapat teramati. Jika perubahan suhu terlalu rendah, maka akan sulit bagi siswa untuk mengamatinya.

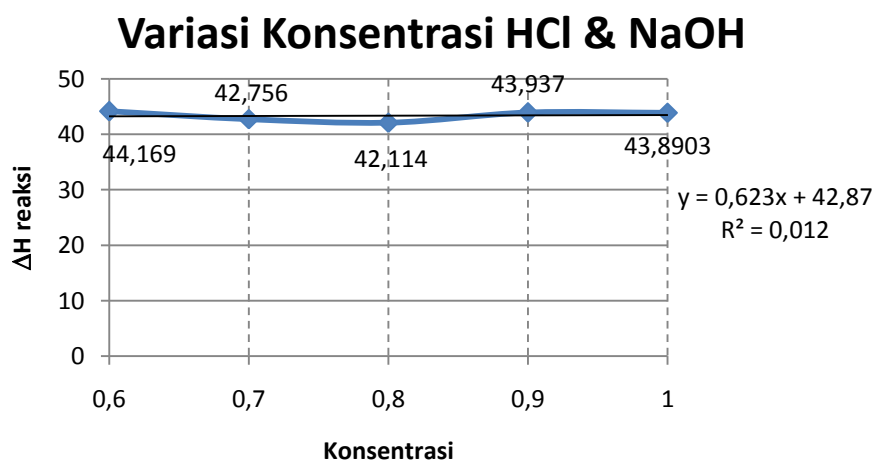
Hasil optimasi variasi konsentrasi larutan HCl dan NaOH secara keseluruhan, dituangkan dalam Tabel 4.7 berikut ini :

Tabel 4.7 Hasil Optimalisasi Variasi Konsentrasi untuk HCl-NaOH

No.	Variasi Konsentrasi HCl-NaOH	ΔH reaksi percobaan (kJ/mol)	ΔH reaksi teoritis (kJ/mol)	% kesalahan
1.	1M	-43,8903	- 56,2	21,90
2.	0,9 M	- 43,937	- 56,2	21,82
3.	0,8 M	- 42,114	- 56,2	25,06

4.	0,7 M	- 42,756	- 56,2	23,92
5.	0,6 M	- 44,169	- 56,2	21,41

Hasil optimasi konsentrasi juga dituangkan dalam bentuk diagram berikut :



Gambar 4.17 Grafik Variasi Konsentrasi HCl dan NaOH

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa perubahan entalpi (ΔH) reaksi HCl dan NaOH yang paling mendekati harga ΔH teoritis dan memiliki % kesalahan terendah adalah pada konsentrasi 0,6 M. Seperti telah disebutkan sebelumnya, bahwa selain ditinjau dari harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi yang paling mendekati data teoritis, juga ditinjau dari perubahan suhu yang terjadi pada masing-masing konsentrasi. Pada konsentrasi 0,6 seperti dapat dilihat dalam Tabel 4.7, perubahan suhu yang terjadi sangat rendah dan bagi siswa, perubahan suhu tiap 10 detiknya sulit teramati.

Oleh karena itu, berdasarkan tinjauan tersebut, konsentrasi yang digunakan dalam prosedur adalah sebesar 1 M. Hal ini dikarenakan perubahan suhu yang terjadi setiap 10 detik lebih teramati dibandingkan perubahan suhu pada campuran

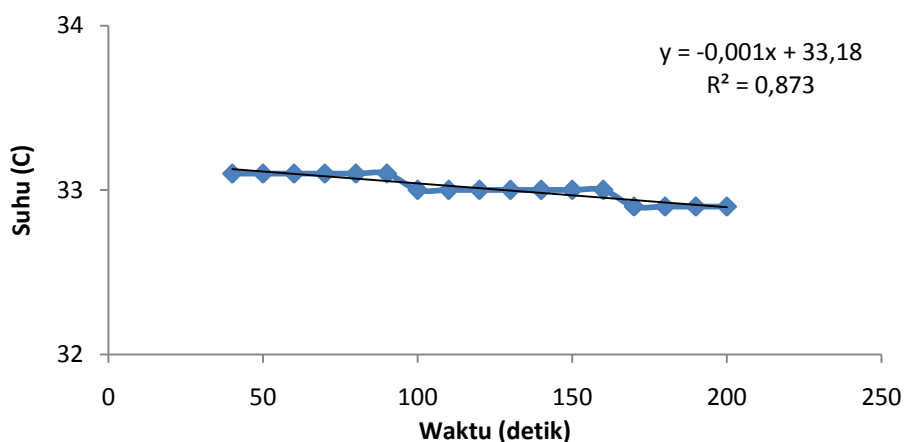
Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning*
 Cycle 7e Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan
 Kalorimeter Sederhana

dengan konsentrasi 0,6 M yang cenderung konstan atau sangat kecil perubahan suhunya.

b) Asam lemah-Basa kuat

Setelah dilakukan variasi konsentrasi untuk larutan asam kuat dan basa kuat, selanjutnya dilakukan variasi jenis asam maupun basa. Asam asetat (CH_3COOH) sebagai asam lemah direaksikan dengan basa kuat natrium hidroksida (NaOH). Kalor reaksi antara keduanya diukur melalui cara yang sama dengan HCl dan NaOH yaitu menggunakan rangkaian alat kalorimeter 5.

Konsentrasi kedua larutan ini juga divariasikan dari konsentrasi 1M hingga 0,6M. Pengukuran pertama yang dilakukan antara larutan CH_3COOH dan NaOH yang telah distandarisasi dengan konsentrasi masing-masing sebesar 1,2310 M dan 1,0933 M. Seperti halnya pada pengukuran kalor reaksi HCl dan NaOH , perubahan suhu yang terjadi selama reaksi dicatat tiap 10 detik. Perubahan suhu yang terjadi pada reaksi CH_3COOH dan NaOH 1M dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut :

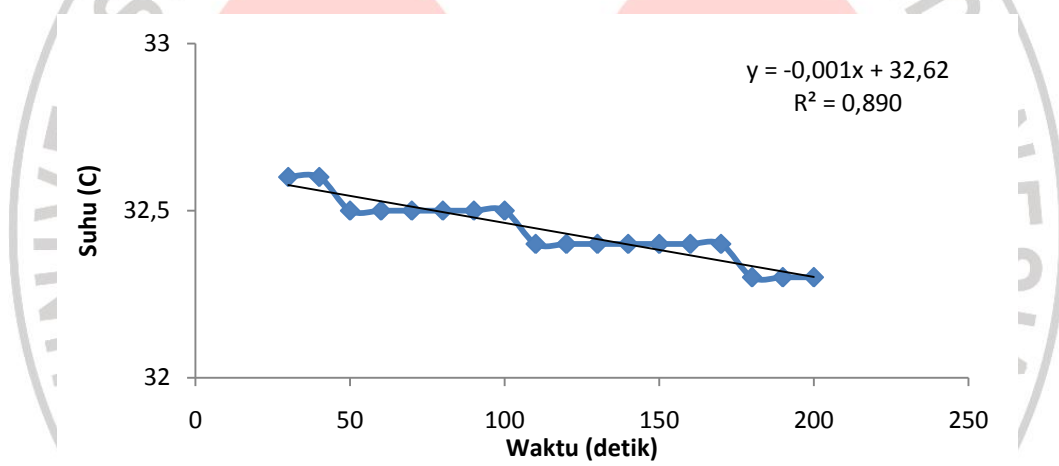


Gambar 4.18 Grafik perubahan suhu pada reaksi $\text{CH}_3\text{COOH-NaOH}$ 1 M
($T_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 28^\circ\text{C}$; $T_a \text{ NaOH} = 28,2^\circ\text{C}$)

Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

Dari hasil ekstrapolasi grafik tersebut, diperoleh suhu akhir (T_f) reaksi sebesar 33,18 °C. Berdasarkan hasil data pengukuran, dilakukan perhitungan dan diperoleh harga ΔH reaksi yang diperoleh adalah sebesar – 42,469 kJ/mol.

Selanjutnya, pengukuran kalor reaksi CH_3COOH dan NaOH dengan konsentrasi masing-masing larutan 0,9M. Pengenceran kedua pereaksi asam dan basa ini berasal dari larutan stok CH_3COOH dan NaOH yang telah distandarisasi. Data hasil pengukuran perubahan suhu reaksi pada 0,9 M dengan alat kalorimeter adalah sebagai berikut :

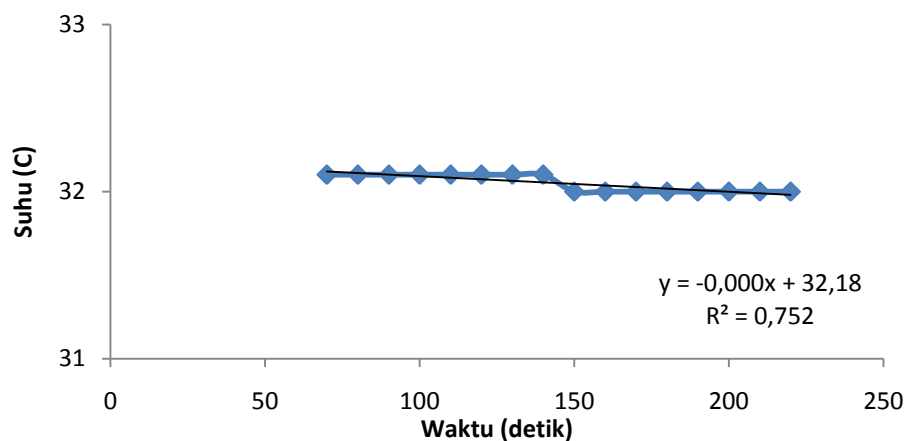


Gambar 4.19 Grafik perubahan pada reaksi $\text{CH}_3\text{COOH-NaOH}$ 0,9 M ($T_a \text{CH}_3\text{COOH} = 28^\circ\text{C}$; $T_a \text{NaOH} = 28,3^\circ\text{C}$)

dicapai reaksi adalah sebesar 32,6 °C. Kemudian dari hasil perhitungan, diperoleh harga ΔH reaksi $\text{CH}_3\text{COOH-NaOH}$ pada konsentrasi 0,9 M sebesar – 41,057 kJ/mol.

Variasi konsentrasi larutan CH_3COOH dan NaOH selanjutnya adalah 0,8M. Kedua larutan ini, diperoleh dari pengenceran larutan stok hasil standarisasi. Prosedur pengukuran yang dilakukan sama pada setiap variasi konsentrasi. Data

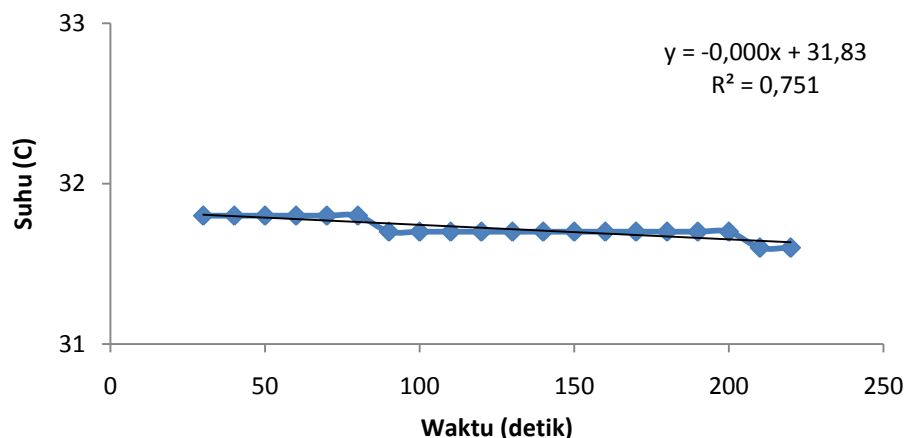
hasil pengukuran perubahan suhu reaksi CH_3COOH dan NaOH pada konsentrasi 0,8 M adalah sebagai berikut :



Gambar 4.20 Grafik perubahan suhu pada reaksi CH_3COOH - NaOH 0,8 M ($T_a \text{CH}_3\text{COOH} = 28,1 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_a \text{NaOH} = 28,5 \text{ }^\circ\text{C}$)

Suhu akhir reaksi yang diperoleh dari hasil ekstrapolasi grafik adalah sebesar $32,18 \text{ }^\circ\text{C}$. Kemudian, berdasarkan hasil data tersebut dilakukan perhitungan dan diperoleh harga ΔH reaksi CH_3COOH - NaOH pada konsentrasi 0,8 M sebesar $-40,621 \text{ kJ/mol}$.

Apabila dilihat dari harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi pada konsentrasi 1M hingga 0,8M yang terus menurun, dapat disimpulkan sementara bahwa semakin rendah konsentrasi maka semakin rendah pula kalor reaksi yang dihasilkan. Namun, untuk lebih meyakinkan percobaan dilanjutkan dengan menggunakan larutan CH_3COOH dan NaOH 0,7 M. Alat kalorimeter yang digunakan tetap sama karena alat ini merupakan variabel kontrol. Perubahan suhu yang terjadi selama reaksi CH_3COOH - NaOH 0,7 M berlangsung, disajikan dalam Gambar 4.21 berikut ini :



Gambar 4.21 Grafik perubahan suhu pada reaksi $\text{CH}_3\text{COOH-NaOH}$ 0,7 M ($T_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 28^\circ\text{C}$; $T_a \text{ NaOH} = 28,3^\circ\text{C}$)

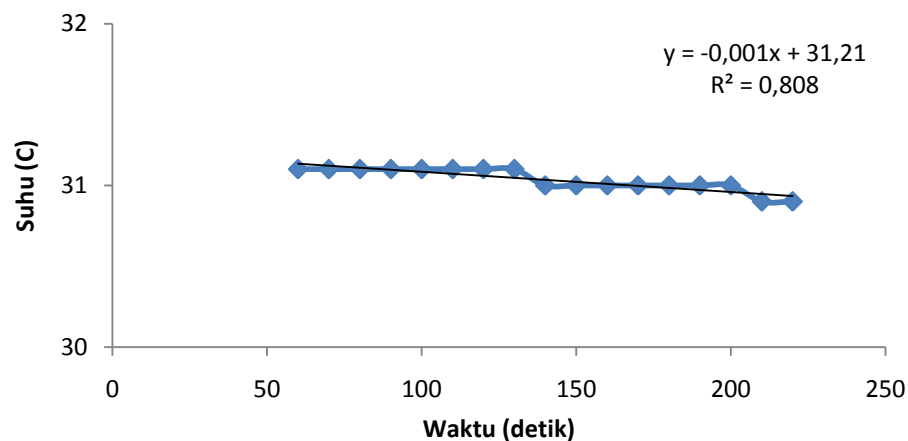
Dari data hasil pengukuran di atas diperoleh suhu akhir (T_f) yang dicapai reaksi adalah $31,83^\circ\text{C}$. Kemudian dari hasil perhitungan, diperoleh harga ΔH reaksi $\text{CH}_3\text{COOH-NaOH}$ pada konsentrasi 0,7 M sebesar $-43,533 \text{ kJ/mol}$.

Berdasarkan pengukuran terakhir, pada konsentrasi 0,7 M ternyata harga perubahan entalpi (ΔH) reaksinya lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 1M hingga 0,8M. Hal ini dapat disebabkan karena semakin kecil jumlah mol zat maka semakin besar harga ΔH reaksi. Perubahan entalpi (ΔH) reaksi berbanding lurus dengan kalor reaksi, namun berbanding terbalik dengan jumlah mol campuran. Seperti dapat dilihat pada Persamaan (2) yang telah dijelaskan sebelumnya.

Dari keempat variasi konsentrasi tersebut, didapatkan hasil bahwa harga perubahan entalpi maksimum diperoleh pada konsentrasi larutan CH_3COOH dan NaOH 0,7M. Namun, terdapat kemungkinan harga ΔH reaksi pada konsentrasi yang lebih rendah dari 0,7M akan lebih tinggi. Untuk membuktikan hal tersebut, maka dilakukan pengukuran pada konsentrasi yang lebih rendah yaitu 0,6M. Hal ini

bertujuan untuk menentukan kondisi maksimum, khususnya konsentrasi larutan dalam pengukuran kalor reaksi CH_3COOH dan NaOH .

Perubahan suhu yang terjadi selama pengukuran kalor reaksi CH_3COOH dan NaOH 0,6M dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut :



Gambar 4.22 Grafik perubahan suhu pada reaksi CH_3COOH - NaOH 0,6 M ($T_a \text{CH}_3\text{COOH} = 28^\circ\text{C}$; $T_a \text{NaOH} = 28,2^\circ\text{C}$)

Berdasarkan data hasil pengukuran tersebut dilakukan perhitungan dan diperoleh harga ΔH reaksi CH_3COOH - NaOH pada konsentrasi 0,6 M sebesar $-43,333 \text{ kJ/mol}$. Dengan suhu akhir (T_f) reaksi yang diperoleh adalah sebesar $31,21^\circ\text{C}$.

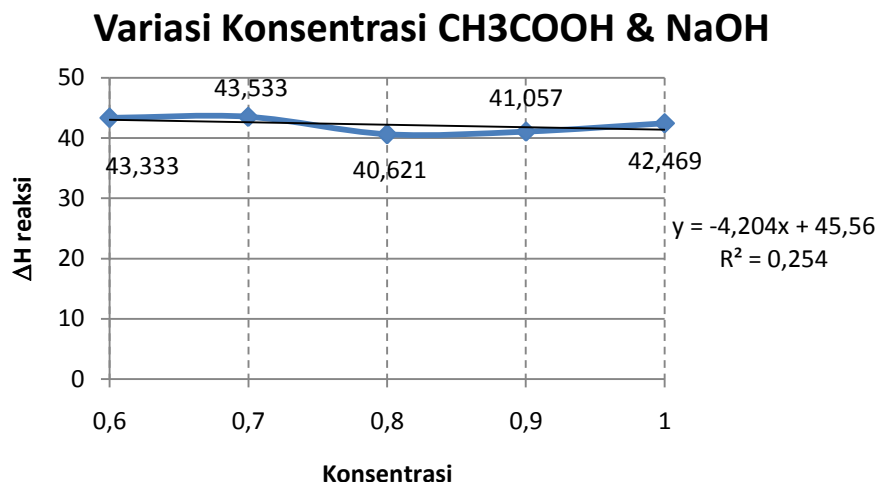
Harga perubahan ΔH reaksi CH_3COOH dan NaOH pada konsentrasi 0,6 M ternyata lebih rendah dibandingkan pada 0,7 M. Hal ini dapat disebabkan karena perubahan suhu yang sangat rendah sehingga ketelitian saat membaca suhu pun dapat menjadi faktor kesalahan pengukuran. Harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi larutan CH_3COOH dan NaOH pada berbagai variasi konsentrasi secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Hasil Optimalisasi Variasi Konsentrasi CH_3COOH dan NaOH

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

No.	Konsentrasi CH ₃ COOH- NaOH	ΔH reaksi Percobaan (kJ/mol)	ΔH reaksi Teoritis (kJ/mol)	% kesalahan
1	1 M	- 42,469	- 55,6	23,62
2	0,9 M	- 41,057	- 55,6	26,16
3	0,8 M	- 40,621	- 55,6	26,94
4	0,7 M	- 43,533	- 55,6	21,70
5	0,6 M	- 43,333	- 55,6	22,06

Dari data pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum pengukuran harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi CH₃COOH dan NaOH adalah pada konsentrasi 0,7 M. Hal ini dikarenakan, pada konsentrasi tersebut diperoleh persen kesalahan yang terendah yaitu 21,70 %. Selain disajikan dalam bentuk tabel, kondisi optimum yang memperlihatkan harga ΔH reaksi tertinggi berada pada konsentrasi 0,7M juga disajikan dalam bentuk grafik. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.23 sebagai berikut :



Gambar 4.23 Grafik Variasi Konsentrasi CH₃COOH dan NaOH

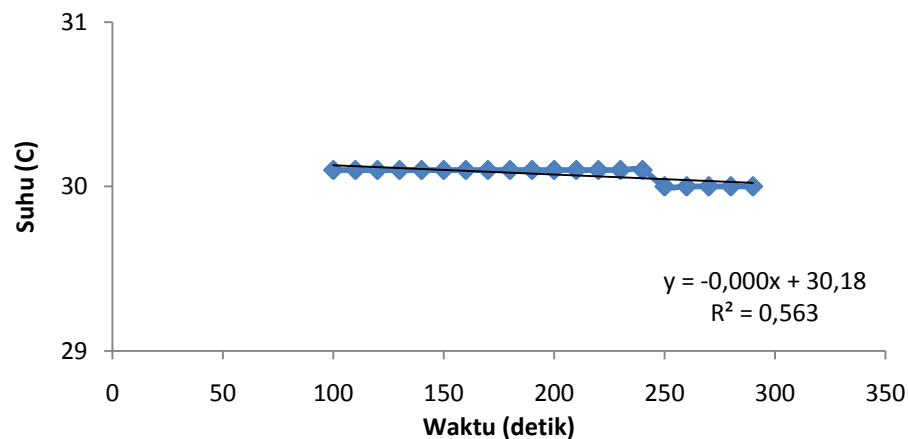
Pada grafik di atas lebih jelas memperlihatkan bahwa pada konsentrasi 1M hingga 0,6M tidak terdapat perbedaan harga ΔH reaksi yang signifikan. Namun, harga ΔH reaksi maksimum diperoleh pada konsentrasi larutan CH₃COOH dan NaOH masing-masing adalah 0,7M.

c) Asam kuat-Basa lemah

Setelah melakukan pengukuran harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi asam kuat-basa kuat dan asam lemah-basa kuat, selanjutnya pengukuran dilakukan terhadap asam kuat-basa lemah. Pereaksi asam-basa yang digunakan adalah HCl dan NH₃ dalam air yang telah distandarisasi dengan konsentrasi masing-masing sebesar 1,1204 M dan 1,0452 M. Penggunaan larutan NH₃ dalam air ini, berdasarkan pertimbangan bahwa larutan basa lemah tersebut umumnya terdapat di sekolah, mudah diperoleh dan murah dari segi biaya.

Larutan HCl dan NH₃ yang direaksikan pertama dengan konsentrasi 1M hasil standarisasi. Variabel kontrol pada percobaan ini adalah rangkaian alat

kalorimeter yaitu alat kalorimeter 5 yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Variabel yang divariasikan adalah konsentrasi larutan HCl dan NH₃. Grafik perubahan suhu hasil pengukuran tiap 10 detik adalah sebagai berikut :

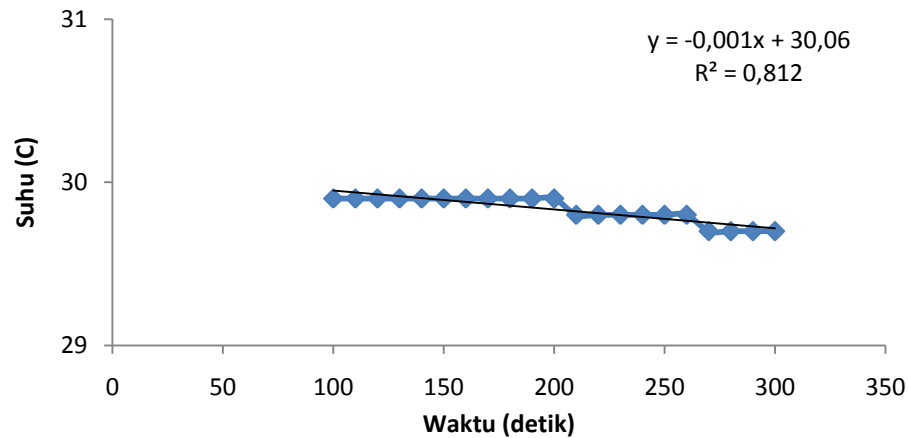


Gambar 4.24 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NH₃ 1 M (T_a HCl = 28 °C ; T_a NH₃ = 28 °C)

Perubahan suhu yang terjadi selama pengukuran sangat rendah dan konstan dalam waktu yang cukup lama bila dibandingkan dengan perubahan suhu reaksi HCl-NaOH dan CH₃COOH-NaOH. Dari grafik tersebut, diperoleh suhu akhir (T_f) sebesar 30,18 °C. Kemudian dari hasil perhitungan, harga ΔH reaksi HCl – NH₄OH pada konsentrasi 1 M sebesar – 18,225 kJ/mol.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran kalor yang dihasilkan oleh reaksi HCl dan NH₃ pada konsentrasi 0,9 M. Sama halnya dengan pengukuran kalor reaksi HCl-NH₃ pada konsentrasi 1 M, alat kalorimeter yang digunakan dalam pengukuran ini juga terdiri dari dua buah cangkir *styrofoam*. Perubahan suhu yang terjadi selama reaksi berlangsung diamati tiap 10 detik. Data perubahan suhu ini, dituangkan dalam bentuk grafik yang kemudian diekstrapolasi untuk menentukan suhu akhir reaksi. Grafik tersebut adalah sebagai berikut:

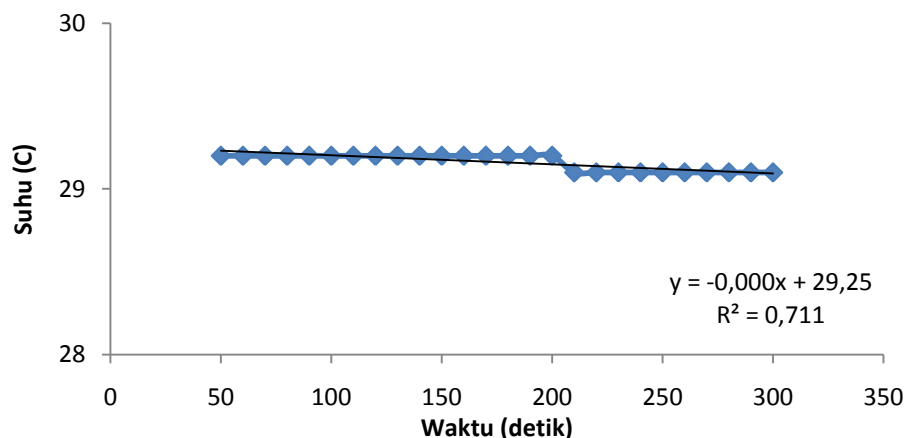
Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana



Gambar 4.25 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NH₃ 0,9 M
(T_a HCl = 28,1 °C ; T_a NH₃ = 28,1 °C)

Dari hasil ekstrapolasi grafik tersebut, diperoleh suhu akhir (T_f) yang dicapai reaksi adalah 30 °C. Berdasarkan data perubahan suhu tersebut, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2) dan diperoleh harga ΔH reaksi HCl dan NH₃ pada konsentrasi 0,9 M sebesar – 19,135 kJ/mol.

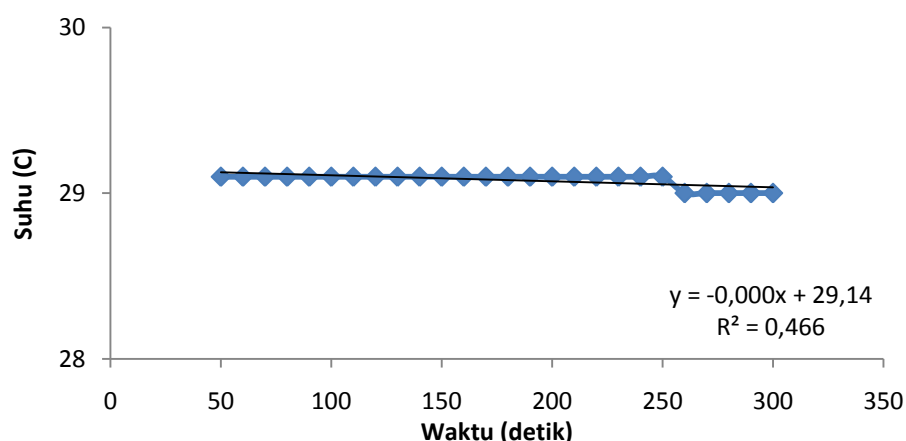
Pengukuran dilanjutkan pada larutan HCl dan NH₃ konsentrasi 0,8 M. Apabila dilihat dari dua pengukuran sebelumnya, kecenderungan harga ΔH reaksi dari konsentrasi 1 M ke 0,9 M cenderung meningkat. Namun, untuk membuktikan kecenderungan tersebut dilakukan pengukuran ΔH reaksi larutan HCl-NH₃ pada konsentrasi yang lebih rendah yaitu 0,7 M. Perubahan suhu yang terjadi selama reaksi HCl dan NH₃ 0,7 M berlangsung, diamati dalam rentang waktu 10 detik. Data perubahan suhu ini juga dituangkan dalam bentuk grafik yang kemudian diekstrapolasi untuk menentukan suhu akhir campuran. Hasil pengolahan data perubahan suhu dalam bentuk grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.26 berikut :



Gambar 4.26 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NH₃ 0,8 M
(T_a HCl = 28,1 °C ; T_a NH₃ = 28 °C)

Berdasarkan hasil ekstrapolasi grafik tersebut, diperoleh suhu akhir (T_f) sebesar 29,25 °C. Kemudian, harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi HCl-NH₃ pada konsentrasi 0,8M adalah sebesar – 13,063 kJ/mol.

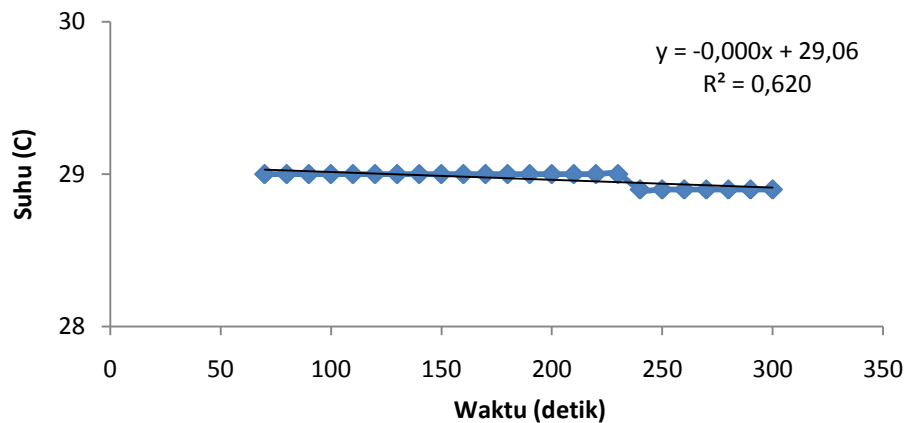
Kemudian, pengukuran dilanjutkan pada larutan HCl dan NH₃ 0,7 M. Perubahan suhu yang terukur setiap 10 detik dapat dilihat pada Gambar 4.27 berikut :



Gambar 4.27 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NH₃ 0,7 M
(T_a HCl = 28 °C ; T_a NH₃ = 28 °C)

Berdasarkan hasil ekstrapolasi grafik tersebut, suhu akhir (T_f) yang dicapai oleh reaksi adalah sebesar $29,14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Apabila ditinjau dari grafik di atas, perubahan suhu yang terjadi tiap 10 detik sangat kecil dan cenderung konstan. Kemudian harga perubahan entalpi ΔH reaksi yang diperoleh pada konsentrasi 0,7 M adalah $-13,615\text{ kJ/mol}$.

Dari keempat variasi konsentrasi yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi dari konsentrasi 1 M hingga 0,7 M cenderung naik turun. Oleh karena itu, pengukuran dilanjutkan pada konsentrasi larutan yang lebih rendah yaitu 0,6 M. Hasil pengukurannya dituangkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.28 berikut :



Gambar 4.28 Grafik perubahan suhu pada reaksi HCl-NH₃ 0,6 M
($T_a\text{ HCl} = 27,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_a\text{ NH}_3 = 27,8\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Dari grafik hasil ekstrapolasi di atas, diperoleh suhu akhir reaksi (T_f) sebesar $29,06\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kemudian, dari hasil perhitungan, diperoleh harga ΔH reaksi HCl-NH₃ pada konsentrasi 0,6 M sebesar $-16,163\text{ kJ/mol}$.

Berdasarkan hasil variasi konsentrasi larutan HCl dan NH₃ dalam air yang telah dilakukan, maka harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi yang diperoleh untuk setiap konsentrasi pereaksi HCl dan NH₃ secara keseluruhan dapat dilihat dalam Tabel 4.9

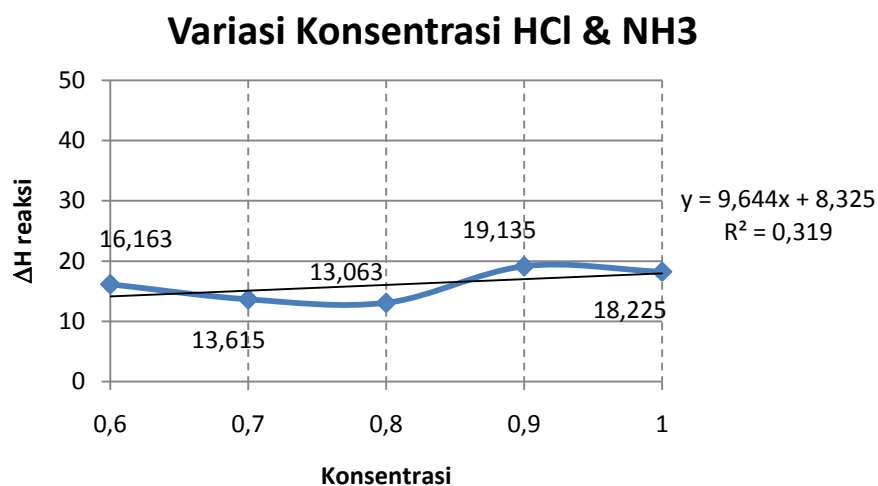
Tabel 4.9 Hasil Optimalisasi Variasi Konsentrasi HCl dan NH₃

No.	Konsentrasi HCl-NH ₃	ΔH reaksi Percobaan (kJ/mol)	ΔH reaksi Teoritis (kJ/mol)
1	1 M	- 18,225	-52
2	0,9 M	- 19,135	-52
3	0,8 M	- 13,063	-52
4	0,7 M	- 13,615	-52
5	0,6 M	- 16,163	-52

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi maksimum berada pada konsentrasi 0,9 M. Ini dikarenakan pada konsentrasi tersebut, persen kesalahannya paling rendah. Selain itu, dapat dilihat pula bahwa tidak ada kecenderungan harga ΔH reaksi dari konsentrasi 1M hingga 0,6 M. Kemungkinan penyebab keadaan ini, diantaranya karena larutan NH₃ merupakan basa lemah yang terionisasi sebagian dalam larutan. Sehingga dalam larutan NH₃ tidak hanya terdapat ion NH₄⁺ tetapi juga masih terdapat molekul NH₃. Seperti diketahui, bahwa larutan NH₃ mudah menguap sehingga kemungkinan sebelum direaksikan jumlah molekul NH₃ dan konsentrasi larutannya telah berkurang.

Oleh karena itu, besarnya kalor yang dihasilkan oleh reaksi HCl dan NH₃ sangat rendah dan menyimpang jauh dari harga perubahan entalpi (ΔH) teoritisnya.

Kondisi optimum untuk pengukuran kalor reaksi HCl dan NH₃ juga ditunjukkan dalam bentuk grafik berikut ini :



Gambar 4.29 Grafik variasi konsentrasi HCl dan NH₃

Berdasarkan tabel, grafik serta penjelasan tersebut, maka kondisi optimum untuk pengukuran harga kalor reaksi antara HCl dan NH₃ menggunakan kalorimeter sederhana adalah pada konsentrasi 0,9 M. Setelah harga kalor reaksi diperoleh, maka harga perubahan entalpi (ΔH) reaksi pun dapat diperoleh. Data hasil perhitungan ΔH reaksi asam-basa pada berbagai rentang konsentrasi terdapat pada lampiran A.15.

d) Asam lemah-Basa lemah

Selain, pengukuran perubahan entalpi (ΔH) reaksi asam kuat-basa kuat, asam lemah-basa kuat maupun sebaliknya juga dilakukan pengukuran asam lemah dan basa lemah. Larutan asam dan basa lemah yang digunakan adalah asam asetat

(CH₃COOH) dan ammonia (NH₃). Seperti pada pengukuran sebelumnya, konsentrasi kedua larutan divariasikan. Campuran larutan tersebut diukur perubahan suhunya menggunakan alat kalorimeter sederhana pada Gambar 4.11.

Hasil pengukuran perubahan entalpi yang diperoleh sangat rendah dibandingkan dengan pengukuran campuran asam dan basa sebelumnya. Perubahan suhu yang terjadi pun sangat rendah, sehingga sulit untuk diamati. Hal ini dikarenakan pada asam lemah dan basa lemah berlaku reaksi kesetimbangan. Pada larutan CH₃COOH, spesi yang ada di dalamnya tidak hanya ion CH₃COO⁻ dan H⁺ melainkan juga CH₃COOH dalam bentuk molekulnya. Hal ini sesuai dengan persamaan reaksi berikut :



Dari persamaan reaksi tersebut, dapat terlihat bahwa dalam larutannya CH₃COOH mengalami kesetimbangan dinamis. Dengan kata lain, laju pembentukan ion CH₃COO⁻ dan H⁺ serta laju pembentukan molekul CH₃COOH sama besar. Sehingga spesi yang ada dalam larutan CH₃COOH, diantaranya ion CH₃COO⁻, H⁺ dan molekul CH₃COOH itu sendiri. Reaksi kesetimbangan ini juga berlaku dalam larutan NH₃.


Seperti diketahui, bahwa pada reaksi netralisasi terjadi pembentukan molekul H₂O dari reaksi antara H⁺ yang berasal dari asam dan OH⁻ yang berasal dari basa. Ketika molekul H₂O terbentuk, dilepaskan sejumlah energi dalam bentuk kalor. Inilah yang disebut kalor reaksi netralisasi. Pada kasus CH₃COOH dan NH₃, keduanya tidak terionisasi sempurna dalam larutan sehingga energi yang

dilepaskan saat terbentuk molekul H_2O menjadi sangat rendah bila dibandingkan dengan larutan yang terionisasi sempurna seperti pada asam kuat dan basa kuat.

Oleh karena itu, pengukuran perubahan entalpi (ΔH) reaksi menggunakan kalorimeter sederhana kurang memadai untuk asam lemah dan basa lemah. Untuk pengukuran ini, dibutuhkan alat dengan kepekaan suhu dan ketelitian tinggi untuk mengukur kalor reaksi yang sangat kecil, contohnya dengan menggunakan kalorimeter volume konstan atau kalorimeter bom.

Setelah kondisi optimum untuk setiap variabel yang dioptimasi ditentukan, kemudian prosedur praktikum penentuan perubahan entalpi (ΔH) reaksi asam dan basa menggunakan kalorimeter sederhana disusun. Kondisi optimum sebagai dasar penyusunan prosedur praktikum ditunjukkan pada Tabel 4.10 berikut :

Tabel 4.10 Kondisi optimum untuk setiap variabel optimasi

No.	Variabel Optimasi			ΔH reaksi (kJ/mol)	% Kesalahan
	Rangkaian Alat Kalorimeter	Jenis Asam dan Basa	Konsentrasi		
1		HCl - NaOH	1 M	-43,8903	21,41
2		CH ₃ COOH - NaOH	0,7 M	- 43,533	21,70
3		HCl - NH ₃	0,9 M	- 19,135	63,20

Dari data dalam tabel tersebut, dapat dilihat bahwa pada pengukuran perubahan entalpi (ΔH) menggunakan alat kalorimeter yang sama, kondisi optimum dengan persen kesalahan terendah adalah dengan menggunakan larutan

HCl dan NaOH pada konsentrasi masing-masing larutan sebesar 1 M. Kemudian setelah kondisi optimum ditentukan, setiap variabel optimum tersebut dituangkan dalam bentuk prosedur praktikum.

b. Penyusunan lembar kerja siswa

Selanjutnya, prosedur praktikum yang telah disusun berdasarkan kondisi optimum yang diperoleh dari hasil optimasi disajikan dalam bentuk LKS berbasis *learning cycle 7e*. Dalam menyusun LKS ini, disesuaikan dengan tahap-tahap model *learning cycle 7e* diantaranya *elicit, engage, explore, explain, elaborate, evaluate and extend*. Seluruh tahap tersebut dituangkan dalam bentuk lembar kerja siswa yang dilengkapi dengan prosedur praktikum di dalamnya.

Pada tahap *elicit*, diharapkan LKS dapat menggali pengetahuan awal siswa dan membantu siswa agar lebih siap melaksanakan praktikum. Dengan demikian dalam LKS yang dikembangkan ini, dilengkapi dengan pertanyaan *pre lab* yang dijawab oleh siswa sebelum melaksanakan praktikum. Kemudian, pada tahap *extend* diharapkan siswa dapat mengaitkan konsep yang baru diperoleh melalui praktikum dengan konsep-konsep kimia lain yang relevan. Oleh karena itu, LKS juga dilengkapi dengan pertanyaan *post lab* yang dijawab siswa setelah melaksanakan praktikum. Dengan adanya *post lab* ini, konsep yang diperoleh oleh siswa melalui pembelajaran khususnya praktikum menjadi lengkap dan utuh.

Selain itu, di dalam LKS yang dikembangkan juga dilengkapi dengan perhitungan pada setiap akhir percobaan. Seperti diketahui bahwa LKS yang

dikembangkan ini terdiri dari dua percobaan, yaitu penentuan kapasitas kalorimeter dan penentuan perubahan entalpi (ΔH) reaksi asam-basa. Sehingga setelah mencatat data pengamatan, siswa dapat menghitung harga kapasitas kalorimeter dan ΔH reaksi menggunakan persamaan-persamaan yang terdapat dalam pengantar praktikum. Kemudian setelah melengkapinya seluruh tahap-tahap *learning cycle 7e* dalam LKS ini, siswa dilatih untuk menyimpulkan konsep yang telah diperoleh berdasarkan hasil percobaan dan jawaban dalam LKS.

B. Pengembangan Model

Pada tahap ini, dilakukan uji coba LKS yang telah disusun secara terbatas di sekolah. Uji coba terbatas ini, meliputi uji keterlaksanaan prosedur praktikum, penilaian guru kimia SMA/MA terhadap LKS berbasis *learning cycle 7e*, dan respons siswa terhadap LKS serta pelaksanaan praktikum. Adapun hasil uji coba terbatas tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tingkat keterlaksanaan prosedur praktikum

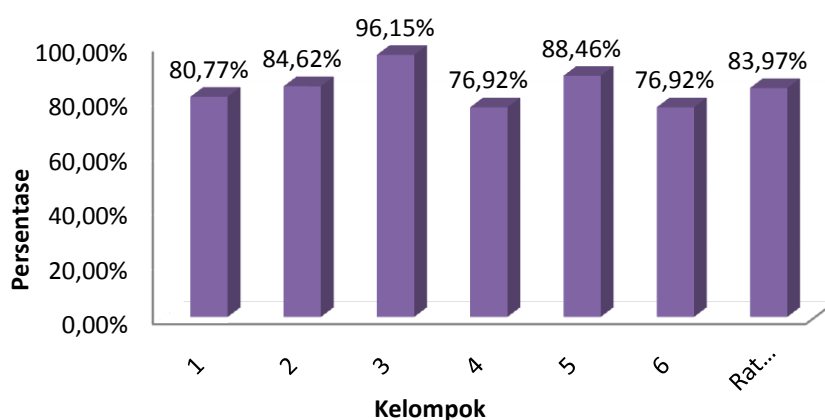
Uji keterlaksanaan prosedur praktikum bertujuan untuk mengetahui seberapa besar siswa mampu melaksanakan praktikum sesuai dengan prosedur yang dikembangkan dan seberapa besar keahaman siswa mengenai materi yang dipraktikkan menggunakan LKS yang di dalamnya terdapat prosedur hasil optimasi, sehingga dapat diperkirakan mudah atau tidaknya prosedur praktikum untuk dilakukan dan dipahami oleh siswa.

Format penilaian untuk menguji keterlaksanaan ini berupa lembar observasi. Lembar observasi ini diisi oleh para observer yang mengamati kegiatan siswa

Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

selama melaksanakan praktikum. Lembar observasi untuk menguji keterlaksanaan ini dilengkapi dengan rubrik penilaian yang dijadikan panduan oleh observer untuk menilai kegiatan siswa.

Pengolahan hasil uji keterlaksanaan praktikum terbagi menjadi dua, yaitu uji keterlaksanaan praktikum penentuan kapasitas kalorimeter dan uji keterlaksanaan praktikum penentuan perubahan entalpi reaksi HCl dan NaOH menggunakan kalorimeter sederhana. *Pertama*, untuk hasil pengolahan tingkat keterlaksanaan praktikum penentuan kapasitas kalorimeter dapat dilihat pada gambar 4.30



Gambar 4.30 Diagram Persentase Skor Tingkat Keterlaksanaan Praktikum Penentuan Kapasitas Kalor Tiap Kelompok

Dari gambar 4.30, dapat dilihat bahwa kelompok siswa yang melaksanakan praktikum dengan tingkat keterlaksanaan paling tinggi yaitu 96,15%. Sedangkan, kelompok siswa yang melaksanakan praktikum dengan tingkat keterlaksanaan paling rendah adalah sebesar 76,92%. Apabila dilihat secara rata-rata, keseluruhan siswa melaksanakan praktikum dengan tingkat keterlaksanaan sebesar 83,97%. Tingkat keterlaksanaan ini termasuk ke dalam kategori sangat tinggi. Berdasarkan

pengolahan data tersebut, dapat disimpulkan hampir seluruh siswa mampu melakukan praktikum penentuan kapasitas kalorimeter.

Selain menganalisis tingkat keterlaksanaan prosedur praktikum setiap kelompok secara keseluruhan, dilakukan pula analisis tingkat keterlaksanaan untuk tiap langkah kerja. Hasil uji tingkat keterlaksanaan prosedur praktikum penentuan kapasitas kalorimeter untuk setiap langkah kerja dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Tingkat Keterlaksanaan Prosedur Praktikum Penentuan Kapasitas Kalorimeter

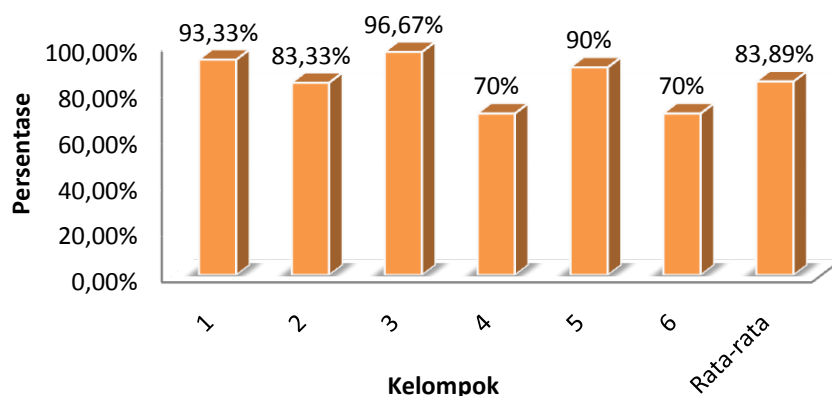
No.	Langkah Kerja	Persentase (%)
1	Menyiapkan alat-alat yang dibutuhkan dalam percobaan sesuai dengan prosedur.	83
2	Mencuci alat-alat gelas yang akan digunakan.	33
3	Mengukur 50 mL aquadest menggunakan gelas ukur.	92
4	Mengukur temperatur air dingin (T_{ad}) dalam gelas ukur menggunakan termometer.	83
5	Mencatat temperatur awal air dingin (T_{ad}).	83
6	Menyalakan pembakar spirtus dengan benar.	100
7	Memanaskan 50 mL aquadest dan mengukur suhunya hingga mencapai $45^{\circ} - 50^{\circ} C$.	83
8	Mencatat temperatur air panas (T_{ap}).	83
9	Mematikan pembakar spirtus dengan benar.	100
10	Mengaduk campuran air panas dan air panas dalam alat kalorimeter dengan batang pengaduk.	92
11	Mengukur perubahan suhu yang terjadi dalam selang waktu 10 detik.	100
12	Menghentikan pengadukan suhu setelah suhu campuran konstan dan turun kembali.	83

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

13	Mencatat temperatur campuran (T_c)	92
Rata-Rata		85

Dari Tabel 4.11 di atas, dapat dilihat bahwa persentase rata-rata tingkat keterlaksanaan pada prosedur praktikum penentuan kapasitas kalorimeter adalah sebesar 85%. Dapat dikatakan bahwa secara umum tingkat keterlaksanaan prosedur penentuan kapasitas kalorimeter sudah sangat tinggi. Dari tiga belas langkah kerja pada prosedur praktikum ini, langkah kedua yaitu membersihkan alat-alat gelas yang akan digunakan menjadi langkah kerja yang memiliki tingkat keterlaksanaan terendah. Hal ini dikarenakan, siswa pada umumnya kurang teliti dalam memperhatikan kondisi awal alat-alat yang akan digunakan selama praktikum. Selain itu, siswa juga kurang teliti dalam mengukur dan mencatat suhu. Dapat dilihat dari tabel pengamatan dalam LKS yang diisi oleh siswa, sebagian besar siswa mencatat suhu tanpa angka di belakang koma.

Selanjutnya dilakukan analisis tingkat keterlaksanaan prosedur penentuan ΔH reaksi HCl dan NaOH. Sama halnya seperti pada analisis prosedur sebelumnya, tingkat keterlaksanaan prosedur ini ditinjau dari keterlaksanaan setiap kelompok dan setiap langkah kerja. Hasil pengolahan tingkat keterlaksanaan prosedur praktikum penentuan ΔH reaksi HCl dan NaOH untuk setiap kelompok dapat dilihat pada Gambar 4.31



Gambar 4.31 Diagram Persentase Skor Tingkat Keterlaksanaan Praktikum Penentuan ΔH Reaksi Tiap Kelompok

Berdasarkan diagram tersebut, dapat dilihat bahwa hampir keseluruhan kelompok siswa melaksanakan praktikum dengan tingkat keterlaksanaan rata-rata sebesar 83,89% dan tergolong ke dalam kategori sangat tinggi. Kelompok dengan tingkat keterlaksanaan tertinggi adalah sebesar 96,67% dan kelompok terendah adalah sebesar 70%.

Selain ditinjau dari keterlaksanaan setiap kelompok secara keseluruhan, tingkat keterlaksanaan prosedur juga ditinjau dari setiap langkah kerja yang dilaksanakan oleh siswa. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kemudahan pelaksanaan langkah kerja dalam prosedur praktikum. Hasil uji tingkat keterlaksanaan prosedur penentuan ΔH reaksi HCl dan NaOH menggunakan kalorimeter disajikan dalam Tabel 4.12 berikut :

Tabel 4.12 Tingkat Keterlaksanaan Prosedur Praktikum Penentuan ΔH reaksi HCl & NaOH menggunakan Kalorimeter Sederhana

No.	Langkah Kerja	Persentase (%)
1	Menyiapkan alat-alat yang dibutuhkan dalam percobaan sesuai dengan prosedur.	83

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

2	Mencuci alat-alat gelas yang akan digunakan.	50
3	Mengukur 50 mL HCl menggunakan gelas ukur.	83
4	Mengukur temperatur awal larutan HCl dengan menggunakan termometer.	75
5	Mencatat temperatur awal larutan HCl (T_a HCl).	83
6	Mengukur 50 mL larutan NaOH dalam gelas ukur.	75
7	Membersihkan ujung termometer sebelum mengukur temperatur larutan NaOH.	92
8	Mengukur temperatur awal larutan NaOH dengan menggunakan termometer.	75
9	Mencatat temperatur awal larutan NaOH (T_a NaOH).	83
10	Mencampurkan larutan HCl dan NaOH dalam alat kalorimeter dan menutupnya.	100
11	Mengaduk campuran dalam alat kalorimeter dengan batang pengaduk.	100
12	Mengukur perubahan suhu campuran dalam selang waktu 10 detik.	100
13	Menghentikan pengadukan setelah suhu konstan dan turun kembali.	83
14	Mencatat suhu tertinggi yang dicapai oleh campuran sebagai T_f .	92
15	Mencuci alat-alat yang telah digunakan.	83
Rata-Rata		84

Berdasarkan Tabel 4.12 di atas, diperoleh hasil bahwa tingkat keterlaksanaan rata-rata setiap langkah kerja dalam prosedur penentuan ΔH reaksi HCl dan NaOH menggunakan kalorimeter adalah sebesar 84%. Dapat dikatakan bahwa tingkat keterlaksanaan untuk setiap langkah kerja dalam prosedur ini tergolong sangat tinggi. Hal ini menunjukkan, bahwa seluruh langkah kerja dalam prosedur tersebut dapat dilaksanakan dengan baik oleh siswa.

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

Namun apabila ditinjau dari tingkat keterlaksanaan masing-masing langkah kerja, dari kelima belas langkah kerja, langkah kedua yaitu membersihkan alat-alat gelas memiliki persentase terendah yaitu sebesar 50%. Sama halnya seperti pada uji keterlaksanaan prosedur penentuan kapasitas kalorimeter bahwa siswa kurang teliti dalam memperhatikan kondisi awal alat-alat yang akan digunakan untuk praktikum. Selain itu, langkah keempat dan kedelapan yaitu mengukur temperatur awal kedua larutan juga memiliki persentase yang cukup rendah. Hal ini dikarenakan, siswa kelas XI baru pertama melakukan praktikum pengukuran suhu menggunakan termometer sehingga siswa belum terampil dalam membaca skala pada termometer.

2. Penilaian guru terhadap lembar kerja siswa

Setelah meninjau keterlaksanaan prosedur praktikum, selanjutnya LKS yang dikembangkan juga dinilai oleh guru SMA/MA. Penilaian oleh guru ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan LKS berbasis *learning cycle 7e* yang dikembangkan dan juga prosedur praktikum yang terdapat dalam LKS. Hal ini dikarenakan guru merupakan subjek yang nantinya akan menggunakan LKS tersebut dalam praktikum di sekolah.

Penilaian guru terhadap LKS ini dilakukan dengan cara mewawancarai tiga orang guru SMA/MA di tiga sekolah yang berbeda. Indikator yang menjadi aspek penilaian guru, diantaranya mengenai isi LKS berbasis *learning cycle 7e*, kurikulum dalam LKS berbasis *learning cycle 7e*, alat dan bahan yang digunakan dalam prosedur praktikum, alokasi waktu untuk praktikum dan mengisi LKS, serta pertanyaan-pertanyaan dalam LKS.

Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa hampir di setiap sekolah pernah melakukan praktikum penentuan perubahan entalpi (ΔH) reaksi menggunakan alat kalorimeter. Prosedur praktikum yang digunakan oleh guru setiap sekolah berbeda-beda, diantaranya berasal dari buku kimia yang digunakan di sekolah, LKS praktikum dari tahun-tahun sebelumnya dan hasil musyawarah guru (MGMP). Oleh karena itu, rangkaian alat kalorimeter yang digunakan di setiap sekolah pun berbeda-beda.

LKS berbasis *learning cycle 7e* ini, merupakan jenis LKS yang baru untuk guru-guru SMA khususnya. Hal ini dikarenakan LKS yang biasa digunakan di sekolah adalah LKS standar yang berisi prosedur praktikum dan pertanyaan-pertanyaan yang hanya berhubungan dengan hasil percobaan.

Berdasarkan hasil penilaian guru terhadap LKS secara keseluruhan, diperoleh hasil bahwa LKS yang dikembangkan secara tampilan sudah sangat baik karena dapat menarik minat dan motivasi siswa dalam melakukan praktikum. Selain itu, LKS juga dilengkapi dengan gambar animasi sehingga saat siswa tidak merasa bosan saat mengerjakan LKS tersebut. Kemudian, keterbacaan prosedur praktikum yang terdapat dalam LKS juga mudah dimengerti dan dapat dilaksanakan oleh siswa. Menurut guru, kalimat-kalimat dalam prosedur praktikum yang dikembangkan sudah membentuk suatu pola kerja yang mudah untuk diikuti oleh siswa. Untuk ukuran huruf dan spasi pun sudah cukup memudahkan siswa dalam mengerjakan LKS karena ukurannya tidak terlalu kecil. Namun, untuk sampul LKS sebaiknya ditampilkan gambar alat-alat yang berhubungan dengan praktikum yang akan dilaksanakan.

Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

Indikator penilaian guru selanjutnya mengenai kurikulum dalam LKS berbasis *learning cycle 7e* yang dikembangkan. Materi penentuan perubahan entalpi (ΔH) reaksi menggunakan kalorimeter sudah sesuai dengan standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang tertera dalam silabus yang ada di sekolah-sekolah. Kemudian, penyajian pengantar praktikum dalam LKS menurut guru sudah memadai. Selain itu persamaan-persamaan yang tercantum dalam pengantar praktikum juga sudah cukup jelas sehingga dapat membantu siswa dalam melakukan perhitungan.

Apabila ditinjau dari segi alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum sudah tersedia di setiap sekolah. Konsentrasi larutan yang digunakan pun tergolong aman digunakan oleh siswa, tidak terlalu pekat. Namun, tetap dibutuhkan pengarahan penggunaan keselamatan kerja sebelum siswa melakukan praktikum di laboratorium. Selain itu, menurut guru sebelum siswa melakukan praktikum penentuan perubahan entalpi ini, sebelumnya diperlukan pengarahan cara membaca skala termometer. Sebab, praktikum ini berhubungan dengan perubahan suhu yang diukur menggunakan termometer dan untuk siswa kelas XI belum terbiasa menggunakan termometer, khususnya termometer alkohol.

Untuk pertanyaan-pertanyaan dalam LKS yang terdiri dari *pre lab* dan *post lab*, tingkat kesulitan pertanyaan sudah cukup seimbang diantaranya pertanyaan mudah, sedang, dan sulit. Dalam LKS standar, tidak terdapat pertanyaan *pre lab* dan *post lab* melainkan hanya pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan hasil praktikum. Sedangkan, dalam LKS berbasis *learning cycle 7e* ini terdapat

pertanyaan *pre lab*. Menurut guru *pre lab* ini sudah cukup memadai untuk menggali pengetahuan awal siswa sebelum melakukan praktikum.

Kemudian dalam pertanyaan *post lab*, sebaiknya dikaitkan juga dengan materi yang telah dipelajari siswa di kelas X agar siswa dapat mengaitkan materi yang telah dipelajari sebelumnya dengan materi yang akan dipelajari. Sehingga konsep yang diperoleh siswa menjadi lebih lengkap dan utuh.

Secara umum, berdasarkan hasil wawancara guru, kelebihan LKS berbasis *learning cycle 7e* ini diantaranya, prosedur praktikum yang terdapat di dalamnya tidak hanya mengenai penentuan ΔH reaksi melainkan juga penentuan kapasitas kalorimeter, sehingga konsep yang diperoleh siswa menjadi lebih utuh dan lengkap. Selain itu, adanya pertanyaan *pre lab* sebelum siswa melakukan praktikum sangat baik untuk menggali pengetahuan awal siswa. Namun, terdapat beberapa kekurangan dari segi tampilan gambar-gambar yang sebaiknya disesuaikan dengan rangkaian alat yang akan digunakan dalam praktikum, kemudian kalimat dalam pertanyaan-pertanyaan dibuat lebih baku dan sistematis serta simbol-simbol dalam persamaan reaksi disesuaikan dengan standar yang seharusnya.

3. Respon siswa terhadap lembar kerja siswa

Selain dinilai oleh guru, prosedur praktikum dalam bentuk LKS ini juga dinilai oleh siswa sebagai subyek yang nantinya akan menggunakan LKS ini dalam pembelajaran di sekolah. Secara umum, ada dua aspek yang dinilai oleh siswa, diantaranya penggunaan LKS berbasis *learning cycle 7e* dan pelaksanaan praktikum menggunakan prosedur praktikum yang terdapat dalam LKS yang

Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

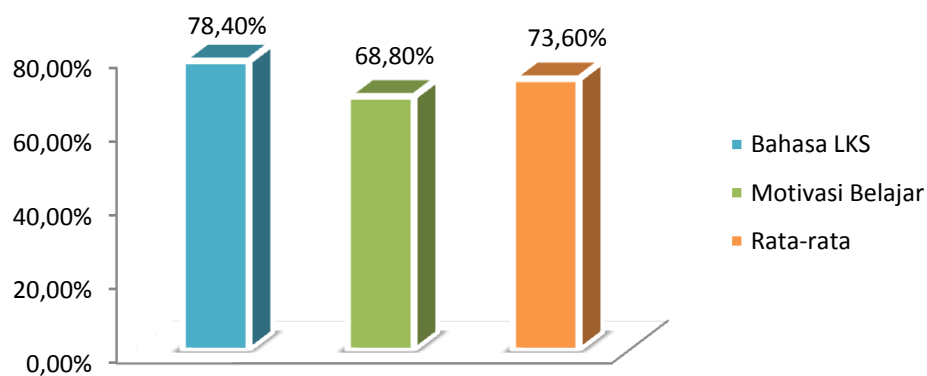
dikembangkan. Penilaian ini dilakukan dengan menggunakan angket yang diisi oleh siswa setelah melaksanakan praktikum dan menjawab seluruh pertanyaan-pertanyaan dalam LKS.

a. Respon siswa terhadap prosedur praktikum dalam bentuk LKS

Secara lebih rinci indikator penilaian siswa terhadap LKS berbasis *learning cycle 7e* adalah sebagai berikut :

1) Respon siswa terhadap LKS secara keseluruhan

Penilaian LKS berbasis *learning cycle 7e* yang dilakukan oleh siswa terdiri dari dua aspek, yaitu ditinjau dari segi bahasa yang digunakan dalam LKS dan apakah LKS dapat mendorong minat dan motivasi siswa untuk belajar. Siswa yang menjadi responden sebanyak 25 orang yang dibagi ke dalam enam kelompok. Hasil penjarangan respon siswa terhadap LKS secara keseluruhan ini, dapat dilihat pada Gambar 4.32



Gambar 4.32 Diagram persentase respon siswa terhadap LKS secara keseluruhan

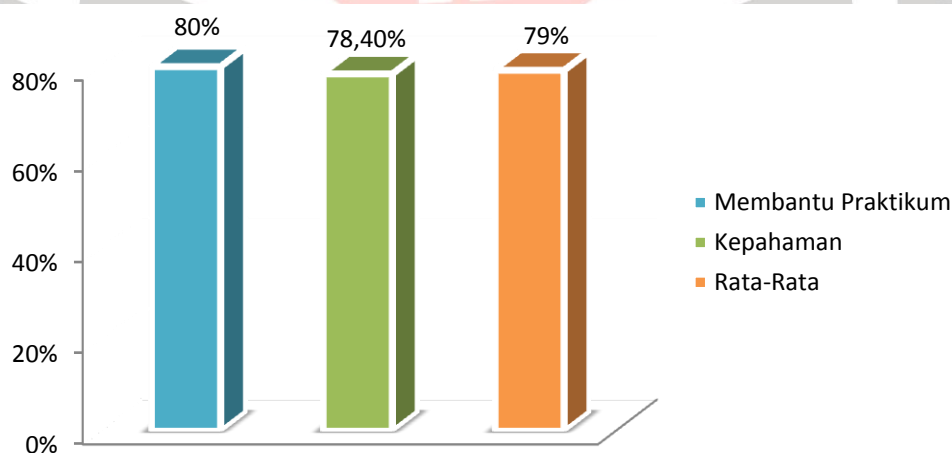
Dari Gambar 4.32 dapat dilihat bahwa rata-rata (73,60%) siswa memberikan respon yang tergolong kuat terhadap LKS secara keseluruhan. Berdasarkan persentase dan pengolahan skor angket, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

siswa setuju bahwa bahasa yang digunakan dalam LKS mudah dipahami serta LKS yang digunakan dapat mendorong minat dan motivasi belajar siswa. Hal ini sesuai dengan hasil wawancara yang dilakukan pada tiga orang siswa, bahwa kalimat yang digunakan dalam LKS yang dikembangkan mudah dimengerti.

2) Respon siswa terhadap pengantar praktikum

Indikator penilaian selanjutnya adalah respon siswa terhadap pengantar praktikum yang tercantum dalam LKS yang dikembangkan. Penilaian tersebut ditinjau dari apakah pengantar praktikum dapat membantu siswa dalam melakukan percobaan serta kemudahan pengantar praktikum untuk dipahami oleh siswa. Persentase hasil respon siswa terhadap pengantar praktikum yang tercantum dalam LKS dapat dilihat pada Gambar 4.33



Gambar 4.33 Diagram persentase respon siswa terhadap pengantar praktikum dalam LKS

Dari Gambar 4.33 tersebut, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan (79%) siswa memberi respon yang tergolong kuat terhadap pengantar praktikum dalam LKS yang dikembangkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sebanyak 80%

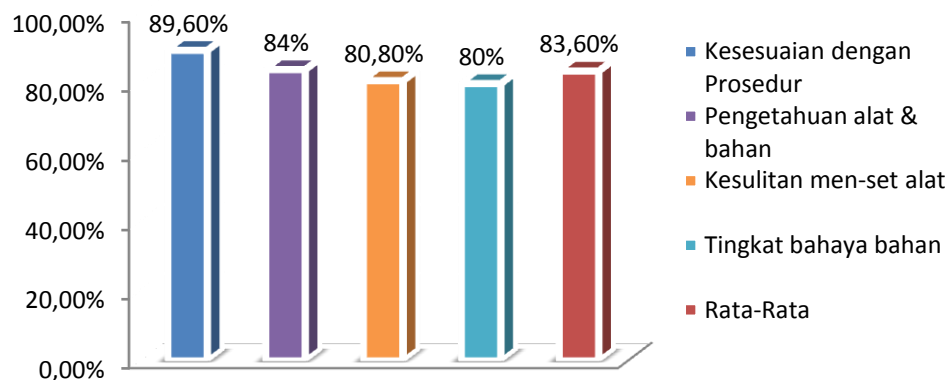
siswa setuju pengantar praktikum dalam LKS dapat membantu siswa dalam

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

melakukan praktikum dan sebanyak 78,40% siswa setuju isi dari pengantar praktikum mudah dipahami.

3) Respon siswa terhadap alat dan bahan yang digunakan

Selanjutnya, alat dan bahan yang digunakan oleh siswa dalam praktikum juga menjadi salah satu indikator respon siswa. Aspek yang dinilai pada indikator ini meliputi, kesesuaian alat dan bahan dengan prosedur praktikum, pengetahuan siswa mengenai alat dan bahan yang digunakan, kesulitan siswa dalam merangkai alat, serta tingkat keamanan alat dan bahan menurut siswa. Persentase hasil respon siswa terhadap alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.34



Gambar 4.34 Diagram persentase respon siswa terhadap alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum

Dari Gambar 4.34, dapat dilihat bahwa hampir seluruh (83,60%) siswa yang menjadi responden memberikan respon yang tergolong sangat kuat terhadap alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum. Sehingga dapat disimpulkan secara rinci bahwa sebanyak 89,60% siswa sangat setuju alat dan bahan yang digunakan sesuai dengan petunjuk praktikum, 84% siswa mengenal semua alat dan bahan

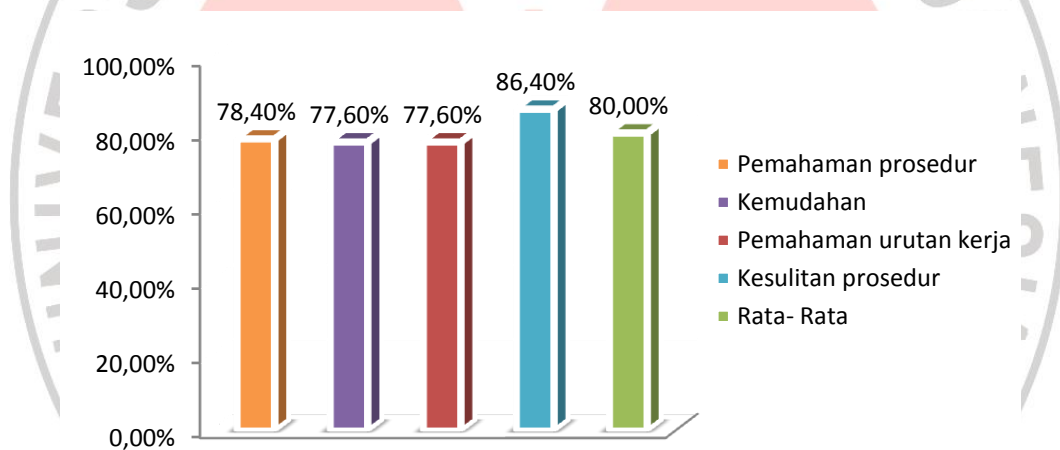
yang digunakan, kemudian 80,8% siswa tidak menemui kesulitan dalam

Utari Nurul Fathiyah, 2012
 Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

merangkai alat, dan 80% siswa tidak menemukan alat dan bahan yang berbahaya selama praktikum berlangsung.

4) Respon siswa terhadap prosedur praktikum

Indikator selanjutnya adalah respon siswa terhadap prosedur praktikum yang dalam LKS. Aspek-aspek yang dinilai oleh siswa meliputi pemahaman petunjuk dalam prosedur praktikum, kemudahan pelaksanaan prosedur, kemudahan urutan kerja dalam prosedur, dan kesulitan siswa dalam melaksanakan prosedur. Hasil penjarangan respon siswa terhadap prosedur praktikum dalam LKS dapat dilihat pada Gambar 4.35



Gambar 4.35 Diagram persentase respon siswa terhadap prosedur praktikum yang tercantum dalam LKS

Dari Gambar 4.35 di atas, dapat dilihat bahwa rata-rata persentase respon siswa terhadap prosedur praktikum adalah sebesar 80%. Hal ini menunjukkan bahwa respon siswa tergolong sangat kuat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, sejumlah 78,4% siswa setuju bahwa petunjuk dalam prosedur mudah dipahami, 77,6% siswa berpendapat prosedur praktikum mudah dilaksanakan, 77,6% siswa

setuju bahwa urutan kerja dalam praktikum mudah diikuti, dan 86,4% siswa tidak menemukan kesulitan dalam melaksanakan prosedur.

Hal ini sejalan dengan hasil wawancara yang telah dilakukan pada siswa bahwa prosedur praktikum yang tercantum dalam LKS sangat membantu mereka dalam bereksperimen dan juga kalimat dalam prosedur praktikum tersebut mudah dipahami sehingga mudah untuk diikuti dan dilaksanakan.

5) Respon siswa terhadap data pengamatan

Data pengamatan menjadi indikator selanjutnya yang dinilai oleh siswa. Aspek yang menjadi fokus penilaian adalah kesulitan yang dialami siswa dalam pengisian tabel pengamatan hasil percobaan. Berdasarkan hasil angket, sebanyak 76% responden, setuju bahwa siswa tidak mengalami kesulitan dalam mencatat hasil percobaan.

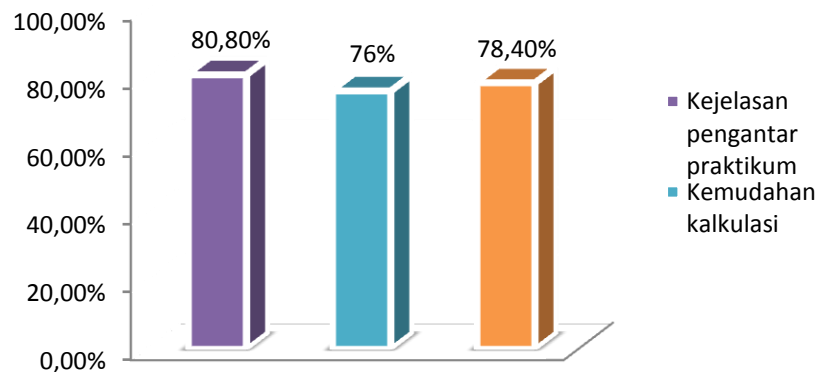
Namun, dari persentase tersebut dapat disimpulkan pula bahwa sebanyak 24% siswa masih mengalami kesulitan dalam mencatat hasil percobaan dalam tabel pengamatan. Hal ini dikarenakan pengamatan terhadap perubahan suhu yang terjadi selama reaksi berlangsung dilakukan setiap 10 detik, sedangkan beberapa siswa masih mengalami kesulitan yang dalam membaca skala pada termometer sehingga dibutuhkan cukup banyak waktu bagi siswa untuk membaca dan mencatat suhu dalam tabel pengamatan.

6) Respon siswa terhadap kalkulasi

Selanjutnya, penjarangan respon siswa dilakukan terhadap perhitungan yang dalam LKS. Perhitungan (kalkulasi) ini dilakukan oleh siswa setelah mengumpulkan data melalui percobaan menggunakan alat kalorimeter sederhana.

Utari Nurul Fathiyah, 2012
Pengembangan Prosedur Praktikum Dan Lembar Kerja Siswa *Berbasis Learning Cycle 7e* Pada Subtopik Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Menggunakan Kalorimeter Sederhana

Data yang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan kemudian dikonversi menggunakan rumus yang telah tersedia dalam pengantar praktikum. Hasil respon siswa terhadap kalkulasi dalam LKS dapat dilihat pada Gambar 4.36



Gambar 4.36 Diagram persentase respon siswa terhadap kalkulasi dalam LKS

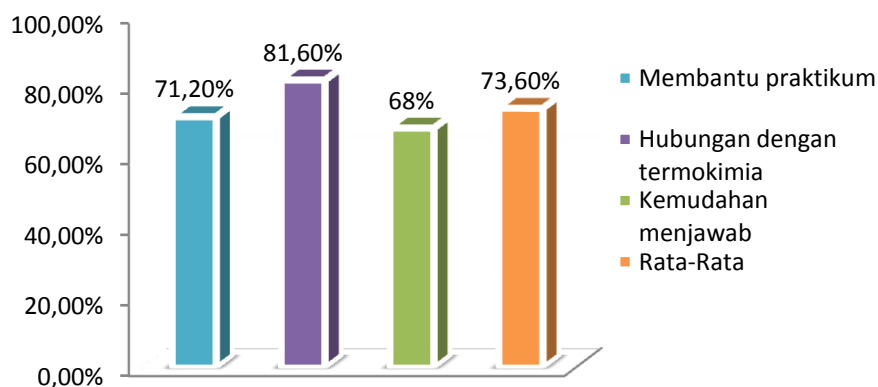
Aspek yang menjadi penilaian adalah kejelasan pengantar praktikum dan kesulitan siswa dalam melakukan kalkulasi. Dari Gambar 4.36 dapat dilihat bahwa rata-rata siswa memberikan respon yang tergolong kuat terhadap kalkulasi dalam LKS, yaitu sebanyak 78,40% siswa. Berdasarkan hasil respon, dapat disimpulkan secara rinci bahwa sebanyak 80,80% siswa setuju penjelasan dalam pengantar praktikum memberi petunjuk yang jelas untuk melakukan kalkulasi dan sebanyak 76% siswa tidak mengalami kesulitan dalam melakukan kalkulasi.

Hasil pengolahan angket ini, sesuai dengan hasil wawancara siswa yang berpendapat bahwa rumus-rumus yang terdapat dalam pengantar praktikum sudah lengkap dan jelas sehingga dapat membantu dalam melakukan kalkulasi dan siswa tidak mengalami kesulitan yang berarti dalam melakukan kalkulasi. Selain itu, berdasarkan hasil tinjauan terhadap hasil kalkulasi siswa dalam LKS, penggunaan rumus pada seluruh kelompok sudah tepat. Namun, sebagian besar siswa tidak

mengetahui satuan harga kapasitas kalorimeter, sehingga berpengaruh terhadap perhitungan harga ΔH reaksi percobaan beberapa kelompok yang memiliki tingkat kesalahan sebesar 20-60%..

7) Respon siswa terhadap pertanyaan-pertanyaan *pre lab*

Pertanyaan-pertanyaan yang terdapat dalam LKS pun menjadi salah satu indikator respon siswa terhadap LKS yang dikembangkan. Pertanyaan-pertanyaan tersebut terbagi menjadi dua, yaitu pertanyaan *pre lab* dan *post lab*. Dalam pertanyaan *pre lab*, yang menjadi aspek penilaian siswa adalah apakah pertanyaan *pre lab* dalam LKS dapat membantu siswa dalam melakukan praktikum, kesesuaian pertanyaan *pre lab* dengan materi termokimia, dan kesulitan yang dialami siswa dalam menjawab pertanyaan *pre lab*. Hasil respon siswa terhadap pertanyaan-pertanyaan *pre lab* dalam LKS dapat dilihat pada Gambar 4.37



Gambar 4.37 Diagram persentase respon siswa terhadap pertanyaan-pertanyaan *pre lab* dalam LKS

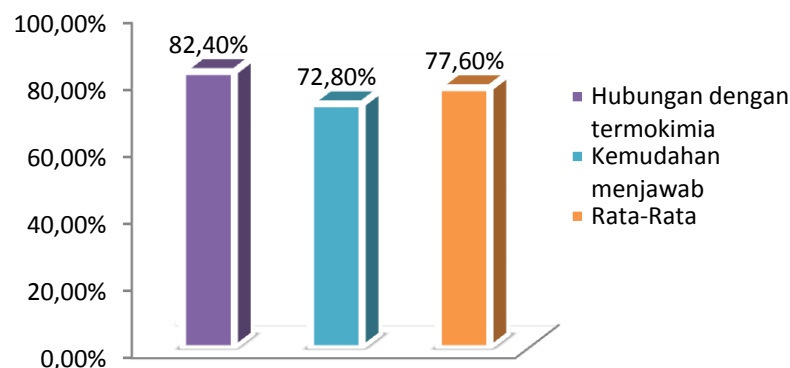
Dari Gambar 4.37 di atas, dapat dilihat bahwa sebanyak 73,60% siswa yang menjadi responden memberikan respon yang terdorong kuat terhadap pertanyaan-pertanyaan *pre lab* dalam LKS yang dikembangkan. Secara lebih rinci, dapat

disimpulkan bahwa sebanyak 71,20% siswa setuju bahwa pertanyaan *pre lab* membantu kesiapan dalam melaksanakan praktikum, kemudian sebanyak 81,60% siswa setuju bahwa pertanyaan *pre lab* sesuai dengan materi termokimia, serta hanya 68% siswa tidak mengalami kesulitan dalam menjawab pertanyaan *pre lab*.

Dari hasil pengolahan data angket tersebut, dapat terlihat bahwa hanya 68% siswa yang tidak mengalami kesulitan dalam menjawab pertanyaan *pre lab*. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa siswa masih mengalami kesulitan dalam menjawab pertanyaan *pre lab*. Berdasarkan hasil analisis jawaban siswa dalam LKS, secara umum sebagian besar siswa menjawab dengan benar setiap pertanyaan *pre lab* walaupun tidak secara lengkap. Namun, beberapa siswa memberikan jawaban yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya tingkat kesulitan pertanyaan yang belum seimbang, buku sumber yang dimiliki siswa kurang lengkap, serta karena peneliti melakukan uji coba LKS pada siswa yang telah mempelajari materi termokimia, sehingga kemungkinan siswa tidak mengingat beberapa bahasan yang dipelajari dalam termokimia sehingga jawaban yang dituliskan dalam LKS kurang sesuai dengan yang diharapkan.

8) Respon siswa terhadap pertanyaan-pertanyaan *post lab*

Sama halnya dengan pertanyaan *pre lab*, aspek penilaian siswa terhadap pertanyaan *post lab* diantaranya adalah kesesuaian pertanyaan-pertanyaan *post lab* dengan materi termokimia serta kesulitan yang dialami siswa dalam menjawab pertanyaan *post lab*. Hasil respon siswa terhadap pertanyaan *post lab* dapat dilihat pada Gambar 4.38



Gambar 4.38 Diagram persentase respon siswa terhadap pertanyaan-pertanyaan *pre lab* dalam LKS

Dari Gambar 4.38 dapat dilihat bahwa sebanyak 77,60% siswa memberikan respon yang kuat terhadap pertanyaan-pertanyaan *post lab* dalam LKS yang dikembangkan. Secara lebih rinci, sebanyak 82,40% siswa setuju bahwa pertanyaan-pertanyaan *post lab* berhubungan dengan materi termokimia dan sebanyak 72,80% siswa tidak menemui kesulitan dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan *post lab*.

Hal ini sejalan dengan hasil wawancara yang telah dilakukan, siswa berpendapat bahwa secara umum siswa tidak mengalami kesulitan dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan *post lab*. Berdasarkan jawaban siswa dalam pertanyaan *post lab* pun secara umum sudah benar. Hanya pada beberapa pertanyaan, jawaban siswa kurang lengkap dan tidak sesuai dengan maksud dari pertanyaan yang diharapkan. Secara umum, siswa menjawab kurang tepat pada pertanyaan *post lab* nomor 5 dimana pertanyaan tersebut mengaitkan kalor reaksi asam lemah-basa kuat dengan faktor kesetimbangan. Hal ini menunjukkan bahwa

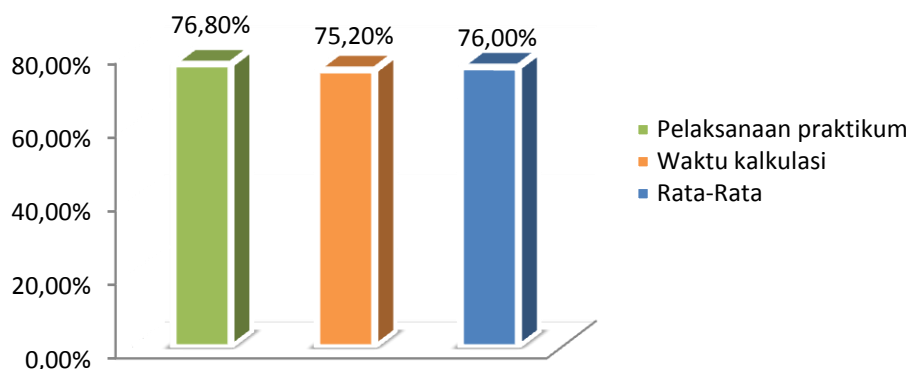
beberapa siswa masih belum bisa mengaitkan antara konsep termokimia dengan konsep kimia lainnya.

b. Respon siswa terhadap pelaksanaan praktikum menggunakan prosedur praktikum dalam bentuk LKS

Selain respon siswa terhadap LKS yang dikembangkan, pelaksanaan praktikum menggunakan prosedur praktikum dalam LKS pun menjadi indikator respon siswa. Berdasarkan wawancara yang dilakukan terhadap beberapa siswa, diperoleh hasil bahwa siswa sebelumnya pernah melakukan praktikum penentuan ΔH menggunakan kalorimeter sederhana dengan susunan yang berbeda dengan rangkaian alat kalorimeter yang digunakan oleh peneliti. Namun, bahan dasar alat kalorimeter yang digunakan sama yaitu *styrofoam*.

Menurut siswa, kesulitan yang dialami saat melaksanakan praktikum adalah dalam merangkai alat kalorimeter. Cangkir *styrofoam* yang digunakan dalam prosedur praktikum yang dikembangkan berjumlah dua buah. Sebagian besar siswa menganggap bahwa cangkir *styrofoam* yang digunakan hanya satu buah sehingga dibutuhkan pengarahan terlebih dahulu yang dilakukan oleh peneliti.

Waktu yang dialokasikan untuk pelaksanaan praktikum penentuan kapasitas kalorimeter dan penentuan ΔH reaksi asam dan basa ini adalah selama 2x45 menit atau dua jam pelajaran. Tanggapan siswa terhadap alokasi waktu ini terbagi ke dalam dua aspek penilaian, yaitu pelaksanaan praktikum sesuai dengan waktu yang dialokasikan dan alokasi waktu untuk kalkulasi. Hasil respon siswa terhadap alokasi waktu ini, dapat dilihat pada Gambar 4.39



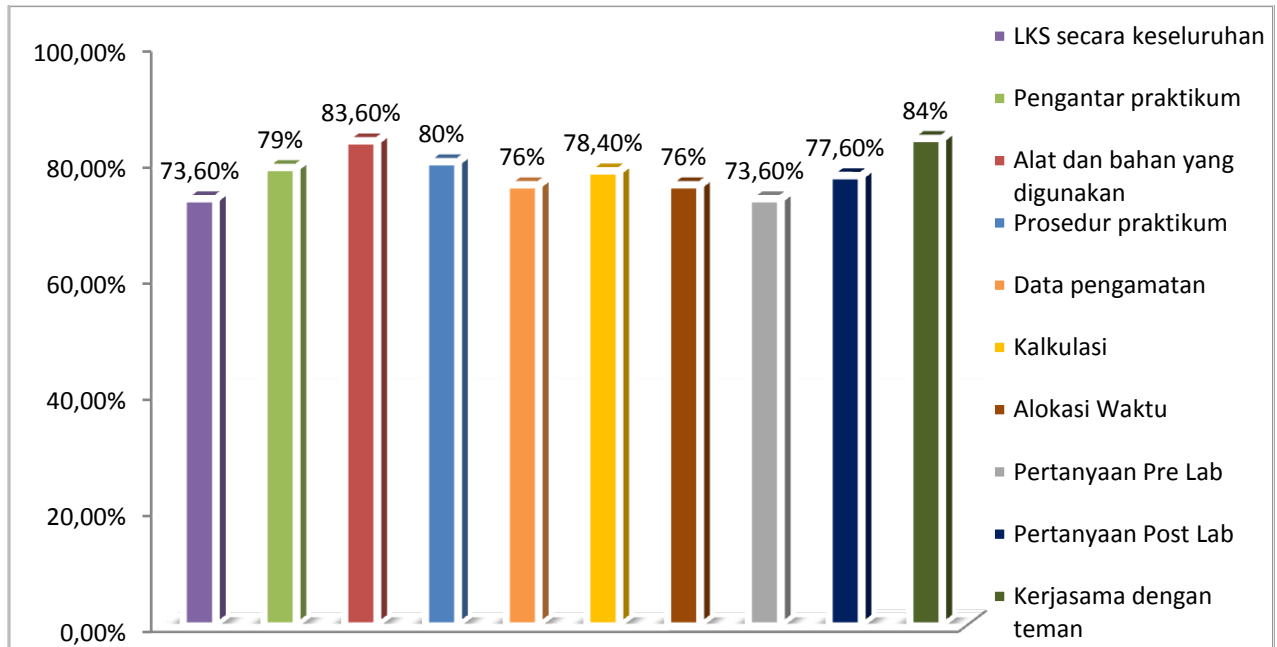
Gambar 4.39 Diagram persentase respon siswa terhadap alokasi waktu praktikum

Berdasarkan Gambar 4.39 di atas, dapat dilihat bahwa sebanyak 76% siswa yang menjadi responden memberikan respon yang tergolong kuat terhadap alokasi waktu pelaksanaan praktikum menggunakan LKS yang dikembangkan. Apabila respon siswa tersebut ditinjau untuk masing-masing aspek, maka sebanyak 76,80% setuju bahwa pelaksanaan praktikum sesuai dengan waktu yang tersedia dan sebanyak 75,20% siswa setuju bahwa waktu untuk kalkulasi sudah memadai.

Secara umum, respon siswa terhadap pelaksanaan praktikum sudah baik dan siswa dapat melaksanakan praktikum sesuai dengan prosedur praktikum yang terdapat dalam LKS dan juga sesuai dengan waktu yang dialokasikan oleh peneliti. Siswa juga tidak menemui banyak kesulitan selama melaksanakan praktikum, baik praktikum penentuan kapasitas kalorimeter maupun penentuan ΔH reaksi menggunakan kalorimeter sederhana.

Berdasarkan hasil pengolahan wawancara dan skor angket respon siswa baik terhadap LKS berbasis *learning cycle 7e* maupun pelaksanaan praktikum menggunakan prosedur yang terdapat dalam LKS yang dikembangkan, diperoleh hasil bahwa pada setiap indikator penilaian siswa memberikan respon yang

tergolong kuat. Persentase repon siswa secara keseluruhan untuk setiap indikator penilaian dapat dilihat pada Gambar 4.40



Gambar 4.40 Diagram persentase respon siswa pada seluruh indikator penilaian prosedur praktikum dalam bentuk LKS

Dari Gambar 4.40 di atas, dapat dilihat bahwa persentase respon siswa pada setiap indikator hampir seimbang. Indikator dengan persentase respon tertinggi adalah pada alat dan bahan yang digunakan serta prosedur praktikum dengan persentase sebesar 83,60% dan 80%. Respon siswa pada kedua indikator ini tergolong sangat kuat. Indikator lainnya memiliki persentase yang hampir sama, Namun, indikator dengan persentase respon terendah yaitu pada pertanyaan *pre lab* yaitu sebesar 73,60%. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya hal ini dapat disebabkan karena beberapa faktor, diantaranya tingkat kesulitan pertanyaan yang kurang seimbang.

Hal ini dapat menjadi bahan perbaikan LKS berbasis *learning cycle 7e* yang dikembangkan. Selain itu, hasil respon siswa pada indikator lainnya pun akan menjadi bahan perbaikan, seperti pada kalkulasi dimana siswa masih kesulitan dalam mengkonversi satuan hasil perhitungan, sehingga diperlukan petunjuk kalkulasi yang lebih rinci untuk lebih mempermudah siswa.

C. Revisi lembar kerja siswa

Revisi dilakukan dengan pertimbangan hasil uji coba terbatas terhadap LKS berbasis *learning cycle 7e*. Berdasarkan hasil uji coba tersebut, secara umum LKS yang dikembangkan memperoleh respon positif baik dari guru SMA/MA maupun siswa. Namun, masih terdapat kekurangan pada beberapa bagian, yang harus disesuaikan dengan kondisi siswa yang tidak dapat disamakan untuk setiap sekolah.

Beberapa bagian tersebut, diantaranya dari segi tampilan sampul depan LKS dimana menurut guru sebaiknya gambar yang ditampilkan, disesuaikan dengan alat-alat yang akan digunakan dalam praktikum. Sehingga meningkatkan rasa ingin tahu siswa mengenai materi yang akan dipelajari. Kemudian, dalam hal kalkulasi masih banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam mengkonversi satuan. Oleh karena itu, diperlukan petunjuk kalkulasi setelah pengantar praktikum sehingga memudahkan siswa dalam melakukan perhitungan dan mengkonversi satuan sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diharapkan.

Kemudian dalam prosedur praktikum yang terdapat dalam LKS, diperlukan penjelasan mengenai cara merangkai alat kalorimeter. Hal ini dikarenakan berdasarkan hasil observasi tingkat keterlaksanaan prosedur praktikum, sebagian besar siswa menganggap bahwa cangkir *styrofoam* yang digunakan hanya satu buah, semestinya cangkir *styrofoam* yang digunakan sebagai bahan alat kalorimeter berjumlah dua buah.

Selanjutnya, pada bagian *post lab* ditambahkan pertanyaan-pertanyaan yang mengaitkan materi termokimia khususnya penentuan ΔH reaksi dengan materi kimia lainnya yang dipelajari di kelas X, dikarenakan LKS ini diperuntukkan bagi siswa SMA kelas XI. Dengan demikian, diharapkan konsep yang diperoleh siswa menjadi lengkap, utuh dan tidak terpisah-pisah. Selain itu, kalimat dalam pertanyaan-pertanyaan, pengantar praktikum dan sebagainya dibuat lebih baku dan sistematis serta simbol-simbol dalam persamaan reaksi disesuaikan dengan standar yang seharusnya.