

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Termokimia adalah ilmu kimia yang mempelajari tentang perubahan kalor atau panas suatu zat yang menyertai suatu reaksi atau proses kimia dan fisika (Ruscic & Bross, 2019; Zumdahl, 2018). Konsep-konsep dalam termokimia berperan penting dalam kehidupan sehari-hari dan berkaitan dengan proses industri dan lingkungan (Liu, D., Xin-Feng, L., Bo, L., Si-quan, Z., & Yan, 2018). Penguasaan konsep termokimia yang mendalam dapat membuka wawasan global dan kemampuan peserta didik untuk menghadapi tantangan pada era industri 4.0 (Eshiemogie, S. O., Ighalo, J. O., & Banji, T. I., 2022). Pada akhir-akhir ini, krisis energi merupakan fenomena utama dan dirasakan nyata pada semua kalangan masyarakat (Peter, 2018), terutama pada kondisi dunia setelah menghadapi Covid-19 (Brosemer, K., Schelly, C., Gagnon, V., Arola, K. L., Pearce, J. M., Bessette, D., & Schmitt Olabisi, L., 2020). Solusi krisis energi dunia ini seharusnya dapat diselesaikan oleh kimiawan (Li, S., Li, X., & Ho, 2022). Oleh sebab itu, materi termokimia menjadi perhatian dalam penelitian ini.

Pembelajaran abad ke-21 berhubungan dengan pengembangan kemampuan pemecahan masalah, kolaborasi, komunikasi, kreativitas, dan inovasi (Kennedy & Sundberg, 2020; Short & Keller-Bell, 2021). Kemampuan-kemampuan ini harus dapat dikembangkan untuk dapat menunjang pemahaman siswa pada materi termokimia yang luas, dimana berkaitan erat dengan konsep perubahan fasa, stoikiometri, asam-basa, kesetimbangan kimia, dan aspek termodinamika reaksi kimia. Secara keseluruhan,

materi ini merupakan materi kimia yang kompleks dan penuh dengan tantangan (Febriyanti et al. 2019). Seiring dengan penjelasan dari B. R. Wakeford (1985, hal. 23) dalam buku yang berjudul, '*Why Has Thermodynamics Become a "Difficult" Subject. Teaching Thermodynamics*', karakter materi termokimia membutuhkan dukungan kemampuan pembuatan grafik, komputasional, dan perbendaharaan terminologi yang cukup agar dapat menjelaskan suatu fenomena dengan tepat. Goedhart & Kaper (2002, hal. 340), menegaskan bahwa peserta didik sudah memiliki konsep dan pengalaman awal tentang proses termokimia yang dilihatnya dari aktivitas kehidupan sehari-hari. Dalam kacamata pedagogi, hal ini dapat dijadikan sebagai modal awal untuk membangun konsep berpikir siswa dalam menjelaskan suatu fenomena termokimia. Terhubung dengan hal tersebut, Aguiar, Sevian, & El-Hani (2018) memberikan bukti pemetaan pemahaman siswa tentang fenomena energi di dalam termokimia. Hasil dari penelitian tersebut merekomendasikan agar guru dapat mengakomodasi pemahaman peserta didik dengan cara bersinggungan dengan konsep fisika dan *engineering*. Dengan demikian, konsep pada materi termokimia tidak terisolasi dari konsep sains lainnya, dimana seharusnya merupakan satu kesatuan konteks (Quílez, 2019). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sansom, R. L., Suh, E., & Plummer, K. J. pada tahun 2019, pembelajaran termokimia dapat difasilitasi dengan melibatkan suatu program komputer. Dalam hal ini, media pembelajaran dalam bentuk kit yang melibatkan pemrograman dapat menjadi jembatan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Sekolah Penyelenggara Kerja Sama (SPK) SMAK PENABUR KELAPA GADING merupakan sekolah bertaraf internasional yang menggunakan kurikulum Cambridge (A-level Cambridge), tempat penelitian dilakukan. Hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan melalui *Focus Group Discussion (FGD)* dengan lima guru kimia yang

mengajar di SPK SMAK PENABUR KELAPA GADING, menunjukkan dua hal. Pertama, termokimia merupakan salah satu topik yang bersifat *hard science*, dimana membutuhkan observasi secara sistematis, pendekatan eksperimen, dan penggunaan matematika untuk mendapatkan pengetahuan. Temuan ini sesuai dengan penelitian pendidikan terdahulu yang dilakukan oleh Deli, E., Peters, J., & Kisvárdy pada tahun 2021. Beban kognitif siswa dapat ditopang dengan penggunaan media pembelajaran yang tepat. Responden guru melihat adanya peningkatan popularitas *Makerspace* dan *Do-It-Yourself (DIY)* pada dunia pendidikan akhir-akhir ini. Hal ini didukung dengan hasil penelitian tentang kebutuhan teknologi pembelajaran melalui implementasi robotika berbasis mikrokontroler pada pelajaran kimia di kelas maupun praktikum di laboratorium (Sarpong, D., Ofosu, G., Botchie, D., & Clear, F., 2020).

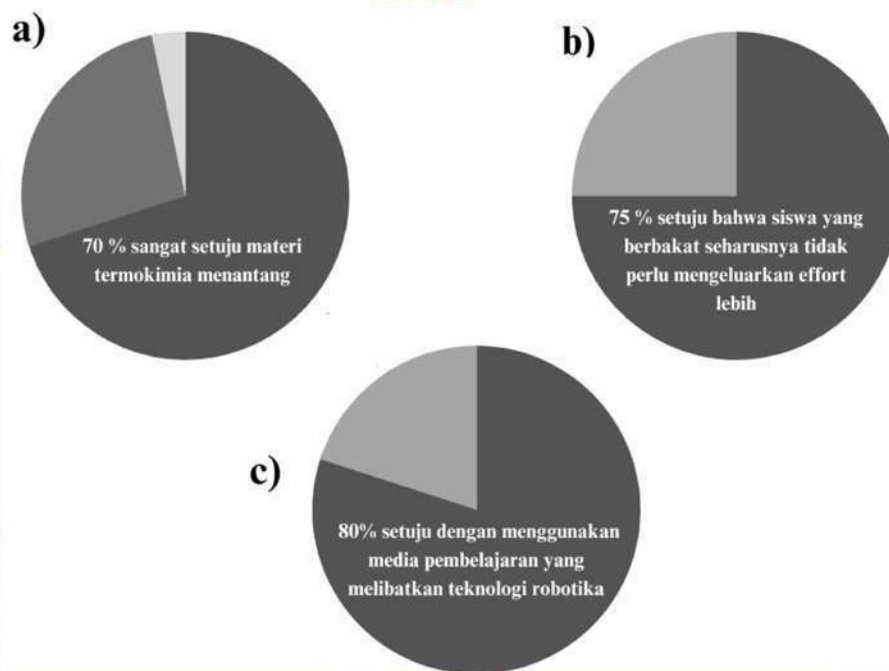
Penggunaan media berbasis mikrokontroler ke dalam pedagogi di dalam kelas sebagai media pembelajaran alternatif dapat memperkuat dan meningkatkan daya berpikir analitis dan kemampuan komputasional (Fidai, A., Capraro, M. M., & Capraro, R. M., 2020; Sierra, 2019). Salah satu bagian dalam robotika yang berhubungan langsung dengan kimia adalah mikrokontroler papan Arduino (Prabhu & Urban, 2020). Beberapa penelitian pendidikan kimia baru-baru ini memperlihatkan bagaimana papan Arduino dapat dipakai untuk melakukan berbagai pengukuran pH (Kubínová & Slégr, 2015; Papadimitropoulos, N., Dalacosta, K., & Pavlatou, E. A., 2021), suhu (Vallejo, W., Diaz-Uribe, C., & Fajardo, C., 2020), elektrokimia *solar cell* (Enciso, P., Luzuriaga, L., & Botasini, S., 2018), dan volume larutan secara otomatis (Famularo, Nicole, Yana Kholod, & Dmytro Kosenkov, 2016) untuk penyelesaian permasalahan kimia melalui sensor elektronik dan melakukan pengambilan data otomatis pada saat praktikum. Sensor-sensor elektronik ini menjanjikan kemudahan pengukuran dan reliabilitas yang

baik.

Di sisi lain, praktikum termokimia di sekolah biasanya menggunakan termometer analog yang memiliki sejumlah keterbatasan dibandingkan dengan sensor elektronik. Sensor elektronik (*digital*) memiliki berbagai kelebihan, seperti kemudahan kalibrasi, dan sensitivitas yang baik (Amare, A., Kiros, D., & Ramya, S., 2021). Pada topik termokimia, penggunaan sensor suhu yang akurat dan *reliable* menjadi sangat krusial. Penggunaan sensor suhu elektronik diharapkan mampu memberikan keakuratan dan fleksibilitas di dalam metode kalorimetri sederhana tekanan tetap. Salah satu sensor elektronik yang *cost-effective* adalah sensor suhu *water-proof* Arduino. Rangkaian papan Arduino dan sensor ini mampu mengkonversi data analog menjadi digital yang kemudian dapat direkam langsung di dalam komputer (*Data Acquisition System*).

Hal yang kedua yang ditemukan pada *Focus Group Discussion (FGD)* adalah dalam pembelajaran di kelas, masalah awal yang timbul adalah rendahnya persepsi siswa akan keberhasilan dirinya dan siswa cenderung memandang rendah akan kemampuan diri sendiri pada saat memulai pembelajaran. Siswa sering berpikir bahwa kegagalan dapat diminimalkan dengan menghindari proses belajar yang menurutnya sulit. Berdasarkan pengalaman dari responden guru, kondisi ini semakin diperkuat dengan rendahnya pemahaman konsep dasar siswa, rendahnya rata-rata nilai pretest, dan rendahnya persentase siswa yang mencapai kriteria ketuntasan belajar minimal pada materi termokimia. Terkait dengan hal tersebut, beberapa kemungkinan indikator telah ditemukan menjadi penyebab yang berkontribusi, yaitu rendahnya efikasi diri, pola pikir siswa yang berfokus hanya pada nilai akhir, dan pola pikir siswa yang berusaha menghindari adanya tantangan. Beberapa penelitian terdahulu telah mengemukakan bahwa rendahnya hasil belajar siswa pada topik termokimia berhubungan dengan

rendahnya motivasi siswa, proses berpikir siswa, dan adanya persepsi awal siswa bahwa materi termokimia adalah materi yang sulit (Donnelly & Winkelmann, 2021).



Gambar 1.1. Hasil Kuesioner Analisis Kebutuhan Dari 60 Siswa

Memperkuat temuan di atas, hasil kuesioner pada Gambar 1.1.a dari 60 siswa di SPK SMAK PENABUR KELAPA GADING menunjukkan sebesar 70% siswa sangat setuju bahwa termokimia merupakan topik yang menantang. Gambar 1.1.b menunjukkan lebih dari 50% siswa memiliki persepsi bahwa untuk dapat sukses mempelajari topik perlu adanya bakat dan orang yang berbakat seharusnya tidak perlu mengeluarkan *extra effort* seperti halnya orang yang kurang berbakat dalam kimia. Lebih dari 70% siswa sangat setuju, jika pembelajaran dapat melibatkan teknologi robotika (Gambar 1.1.c). Hasil analisis ini mendasari pembuatan kuesioner yang didistribusikan pada 60 siswa di SPK SMAK PENABUR KELAPA GADING. Hasilnya

adalah seluruh siswa belum pernah mendengar istilah mikrokontroler Arduino. Siswa juga belum pernah menggunakannya. Oleh sebab itu, peneliti ingin melakukan penelitian yang melibatkan rangkaian Arduino untuk digunakan sebagai media pembelajaran pada topik termokimia, sehingga mampu merubah mindset kimia siswa.

Dengan adanya kebutuhan dari latar belakang di atas, peneliti berupaya untuk melakukan studi pendahuluan tentang pengembangan Arduino kit yang diharapkan dapat melakukan perubahan mindset kimia siswa. Peneliti telah melakukan studi pendahuluan dengan melakukan penelitian analisis bibliometrik tentang penggunaan Arduino pada bidang sains (Teknik, Kimia, Fisika, dan Biologi). Hal ini memberikan *mapping* penelitian-penelitian papan Arduino selama beberapa dekade terakhir yang berkaitan dengan teknologi dan sains. Pada studi tersebut, peneliti menemukan bahwa perkembangan penelitian pendidikan kimia yang menggunakan papan Arduino masih sangat sedikit dibandingkan dengan cabang sains lainnya, seperti fisika, dan biologi. Teknologi papan Arduino sudah dapat diakses secara luas sejak tahun 2008. Akan tetapi, peneliti menemukan bahwa publikasi penelitian pendidikan kimia terkait Arduino baru diterima dan masuk ke dalam pedagogi pendidikan kimia pada tahun 2015 dengan kemunculan istilah *ChemDuino*, yaitu penggabungan kata “*Arduino*” dan “*Chemistry*”. Sejak tahun 2015, kata kunci “*Arduino*” dan “*Kimia*” terus meningkat di dalam *database* Scopus. Hal ini membuktikan minat dan *trend* penelitian pada topik ini.

ChemDuino didefinisikan oleh Štěpánka Kubínová and Jan Šlégr (2015) sebagai suatu praktik umum penerapan perangkat keras dan perangkat lunak Arduino (misalnya, *Wiring* dan *OneWire*) untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kimia. Penggunaan papan Arduino ke dalam pelajaran kimia sangat dipengaruhi oleh tingkat kesiapan

teknologi dan kebutuhan akan media pembelajaran. Peneliti juga menemukan *research gap* dimana belum ada penelitian pendidikan kimia yang menggabungkan kit dengan situs pembelajaran. Hal ini memberikan peluang penelitian dengan menggunakan perangkat lunak *Parallax Data Acquisition* (PLX-DAQ) untuk pengambilan data otomatis dan analisis grafik termogram pada topik termokimia di dalam media pembelajaran berbasis kit. Hal tersebut yang menjadi *state of the art* di dalam penelitian ini.

Hasil kuesioner pada Gambar 1 mendeskripsikan bagaimana kondisi persepsi siswa yang berkaitan dengan mindset. Faktor mindset ini merupakan variabel yang penting sebagai motor penggerak untuk melakukan perubahan akademik di sekolah (Gallagher & Thordarson, 2018). Pada ruang lingkup di luar pendidikan, pengaruh mindset juga ditemukan memberikan efek signifikan terhadap perubahan perilaku dari para pelaku industri kimia dan lingkungan (Kosmas, 2017). Pada penelitian psikologi pendidikan yang dilakukan Prof. Dweck sejak tahun 1983, salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan pada proses belajar adalah mindset (Dweck, 2006; Fink, A., Cahill, M. J., McDaniel, M. A., Hoffman, A., & Frey, R. F., 2018).

Sesuai perkembangannya pada tahun 2022, beberapa peneliti pendidikan telah melakukan *theoretical grounding* dan validasi konstruk pada variabel mindset khususnya untuk bidang kimia (Deborah L. Santos, Jack Barbera, and Suazette R. Mooring, 2022). Hasil dari penelitian ini adalah pemetaan konstruk atau domain yang mempengaruhi mindset kimia dan cara melakukan pengukuran dengan instrumen mindset kimia (CHeMI) (Santos et al. 2022). Kesulitan belajar kimia yang terus menerus diterima oleh siswa berkorelasi negatif pada perkembangan psikologis, motivasi belajar, dan performa akademis siswa (Bedford, 2017; Limeri, L. B., Carter, N.

T., Choe, J., Harper, H. G., Martin, H. R., Benton, A., & Dolan, E. L., 2020). Siswa yang selalu gagal dalam belajar kimia membentuk pola pikir tetap atau yang disebut dengan *fixed mindset*. Siswa memahami kecerdasan kimia bersifat tetap (*not malleable*) dan tidak ada hal yang bisa dilakukan untuk merubahnya, jika sejak lahir dirinya tidak memiliki bakat kimia. Siswa yang sudah memiliki pola pikir *fixed mindset* cenderung mudah menyerah, phobia terhadap kegagalan, dan menghindari proses belajar menantang. Berlawanan dengan hal tersebut, siswa dengan pola pikir bertumbuh atau yang disebut dengan *growth mindset* melihat kecerdasan dan kemampuan kimianya sebagai suatu yang fleksibel dan dapat ditingkatkan dengan usaha secara bertahap. Siswa dengan pola pikir ini cenderung melihat kegagalan sebagai kesempatan untuk belajar, berfokus pada proses, dan memiliki daya tahan dalam menghadapi tantangan untuk melakukan pemecahan masalah-masalah kimia (Karlen Y., Suter F., Hirt C. and Maag Merki K., 2019).

Berdasarkan temuan-temuan pada studi pendahuluan dan analisis kebutuhan, permasalahan dalam pembelajaran termokimia ini kemungkinan disebabkan oleh rendahnya mindset kimia siswa. Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan mindset kimia siswa melalui pengembangan dan implementasi media pembelajaran Arduino kit pada topik termokimia. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan media pembelajaran Arduino kit dan menggunakannya dalam pembelajaran termokimia, sehingga meningkatkan mindset kimia siswa. Keterbaruan penelitian ini berada pada penggunaan media pembelajaran Arduino kit, yang merupakan integrasi antara peralatan elektronik papan Arduino, sensor, aspek pemrograman, dan situs pendukung pembelajaran dengan topik termokimia. Maka, judul penelitian ini adalah “Pengembangan Arduino Kit dan Penggunaannya dalam

Pembelajaran Termokimia (Pengaruhnya terhadap Mindset Kimia Siswa).’’

B. Fokus Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pengembangan Arduino Kit dan penggunaannya dalam pembelajaran termokimia, serta pengaruhnya terhadap mindset kimia siswa.

C. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Siswa menganggap termokimia merupakan topik yang *challenging*.
2. Materi termokimia tergolong ke dalam *hard science*, dimana membutuhkan kontrol terhadap banyak variabel di dalam eksperimen, dukungan kemampuan pembuatan grafik, komputasional, dan perbendaharaan terminologi.
3. Mindset merupakan salah satu faktor yang sangat memengaruhi kemampuan berpikir siswa.
4. Sebagian besar siswa cenderung memiliki *fixed mindset* pada topik termokimia.
5. Mayoritas siswa setuju untuk menggunakan teknologi robotik di dalam pembelajaran.
6. Guru belum memiliki gambaran bagaimana menerapkan pembelajaran Kimia dengan menggunakan media mikrokontroler Arduino atau teknologi robotik.
7. Perlunya sebuah *kit* yang dapat menunjang proses pembelajaran termokimia sesuai kebutuhan di dalam kelas dan di laboratorium.
8. Guru kurang memperhatikan mindset kimia siswa dalam proses pembelajaran.

D. Batasan Masalah

Luasnya cakupan masalah yang muncul, maka diperlukan pembatasan masalah.

Penelitian ini dibatasi oleh :

1. Pengukuran variabel laten (mindset kimia) mengacu pada skor di dalam *Chemistry Mindset Instrument (CHeMI)* (Santos et al. 2022).
2. Pengembangan Arduino kit dimaksudkan agar dapat mempengaruhi mindset kimia siswa.

E. Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan dan fokus permasalahan yang telah dijabarkan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan media pembelajaran Arduino Kit pada materi termokimia?
2. Apakah penggunaan media pembelajaran Arduino Kit dapat meningkatkan mindset kimia siswa?

F. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui bagaimana mengembangkan media pembelajaran Arduino Kit pada materi termokimia.
2. Mengetahui apakah terdapat peningkatan mindset kimia siswa setelah menggunakan media pembelajaran Arduino kit pada materi termokimia.

G. Manfaat Penelitian

Hasil pengembangan Arduino Kit dan penggunaannya dalam pembelajaran

termokimia, serta pengaruh implementasinya pada mindset kimia siswa, diharapkan dapat bermanfaat bagi peserta didik, guru dan peneliti sebagai berikut:

1. Bagi peserta didik

Manfaatnya bagi peserta didik adalah peserta didik dapat dengan mudah memahami materi termokimia dan dapat belajar untuk mengimplementasikan konsep-konsep termokimia, sehingga siswa dapat memiliki pola pikir bertumbuh (*growth mindset*) sebagai *lifelong-learners* dan ulet dalam belajar kimia.

2. Bagi guru

Manfaatnya adalah agar guru dapat menggunakan produk ini untuk dijadikan sebagai media sekaligus sumber belajar peserta didik di dalam dan di luar kelas. Dengan demikian, diharapkan guru mampu mendapatkan gambaran tentang implementasi mikrokontroler papan Arduino.

3. Bagi peneliti

Manfaatnya bagi peneliti adalah dapat menambah wawasan mengenai Arduino Kit dan penggunaannya dalam pembelajaran termokimia dan mengetahui pengaruhnya terhadap mindset kimia siswa.