

Pengembangan Prototype Reaktor Dan Prosedur Eksperimen Pembuatan Biogas Skala Rumah Tangga Dari Sampah Organik Untuk Pembelajaran Kimia

Ida Farida Ch^{a)}, Imelda Helsy dan Miya Nurmelati

Prodi Pendidikan Kimia – Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Gunung Djati Bandung

^{a)}penulis yang berkorespondensi: farchemia65@uinsgd.ac.id

Abstrak

Penelitian pengembangan ini bertujuan menghasilkan produk berupa prototype reaktor dan prosedur eksperimen pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik yang dapat diterapkan untuk pembelajaran kimia baik di tingkat sekolah maupun perguruan tinggi. Prosedur eksperimen berupa lembar kerja yang dikembangkan mencakup tiga aspek: 1) tugas kinerja berorientasi ketrampilan proses sains dan berpikir kreatif, 2) desain pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik, dan 3) format penilaian otentik. Tahap-tahap penelitian yang dilakukan: 1) Studi pendahuluan, 2) Perancangan desain reaktor biogas skala rumah tangga dan pembuatan prosedur eksperimen/lembar kerja, 3) validasi ahli dan uji coba terbatas untuk menjangkau pendapat tanggapan dan saran perbaikan terkait kelayakan prototype reaktor dan perangkat lembar kerja eksperimen yang telah dibuat. Berdasarkan hasil validasi dan uji coba diperoleh kesimpulan bahwa prototype reaktor dan prosedur eksperimen yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran kimia. Hasil penelitian menyarankan perlunya penerapan produk dalam pembelajaran kimia dengan mengadopsi pembelajaran berbasis proyek.

Kata kunci: Prosedur eksperimen, Prototype reaktor biogas skala rumah tangga, Pembelajaran kimia

Pendahuluan

Kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang erat kaitannya dengan lingkungan, sehingga dalam pembelajarannya perlu ditingkatkan dalam pemahaman siswa terhadap pemanfaatan dan penerapannya di masyarakat. Belajar kimia tidak cukup hanya dengan teori tetapi harus diintegrasikan dengan eksperimen agar dapat peserta didik mampu mengembangkan keterampilan proses, pemecahan masalah dan berpikir tingkat tinggi [1].

Oleh karena itu, penting bagi peserta didik mempelajari ilmu kimia dengan memperhatikan isu lingkungan hidup. Topik pembuatan biogas berhubungan dengan penanggulangan masalah sampah dan bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Topik pembuatan biogas berkaitan dengan konsep hidrokarbon yang menjadi salah satu materi kimia di SMA berdasarkan kurikulum yang berlaku. Pembelajaran kimia dengan melakukan percobaan biogas akan sangat bermanfaat bagi peserta didik di tingkat SMA maupun perguruan tinggi, karena melalui topik itu diharapkan dapat memberikan kesadaran pada peserta didik mengenai upaya pelestarian alam dan lingkungan hidup.

Penelitian mengenai biogas sudah banyak dilakukan [2]. Kebanyakan penelitian tentang pembuatan biogas berada pada skala besar dengan biaya yang tidak sedikit serta membutuhkan lahan yang luas [3]. Namun untuk diintegrasikan menjadi salah satu topik bahasan dalam praktikum pada pembelajaran kimia memerlukan desain alat dan rancangan lembar kerja atau eksperimen pembuatan biogas yang tepat, mengingat selama ini reaktor biogas berukuran besar dan membutuhkan lahan yang luas.

Berdasarkan pemikiran di atas, makalah ini mendeskripsikan penelitian yang ditujukan untuk menghasilkan produk berupa prototype reaktor dan prosedur eksperimen pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik yang dapat diterapkan untuk pembelajaran kimia baik di tingkat sekolah maupun perguruan tinggi. Rancangan lembar kerja atau format prosedur tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai contoh untuk pembekalan terhadap calon guru kimia dalam menyusun model praktikum yang kontekstual.

Metode

Untuk menemukan karakteristik alat dan prosedur, sehingga menghasilkan produk berupa prototype reaktor dan prosedur eksperimen pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik digunakan desain penelitian dan pengembangan yang diadaptasi dari Borg et.al [4]. (2003). Tahap-tahap penelitian yang dilakukan: 1) Studi pendahuluan, 2) Perancangan desain reaktor biogas skala rumah tangga dan pembuatan prosedur eksperimen/lembar kerja, 3) validasi ahli dan uji coba terbatas untuk menjangkau pendapat tanggapan dan saran perbaikan terkait kelayakan prototype reaktor dan perangkat lembar kerja eksperimen yang telah dibuat.

Subjek uji coba pada penelitian ini adalah mahasiswa Pendidikan Kimia UIN Sunan Gunung Djati Bandung semester IV yang berjumlah 15 orang. Sedangkan validator produk dipilih 3 orang ahli untuk menguji kelayakan prosedur kerja pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik. Data mengenai kelayakan prosedur pembuatan biogas diperoleh dari hasil angket atau kuesioner yang diberikan kepada para ahli dan mahasiswa. Data yang berupa komentar dan saran perbaikan selama proses uji coba dianalisis secara deskriptif kualitatif dan disimpulkan sebagai masukan untuk merevisi produk yang dikembangkan. Sedangkan data yang berupa skor tanggapan responden yang diperoleh melalui kuesioner, diolah secara deskriptif kuantitatif dengan mengubah frekuensi jawaban dalam bentuk persentase dan kategorisasi. Hasil pengolahan kemudian dianalisis dan dijadikan alat untuk menilai kelayakan dan pedoman untuk melakukan perbaikan.

Hasil dan Pembahasan

Berikut ini dideskripsikan hasil penelitian dan pembahasan:

1. Karakterisasi dan optimasi prototype alat dan prosedur eksperimen pembuatan biogas

Pada bagian ini dideskripsikan karakterisasi dan optimasi prototype alat dan prosedur eksperimen pembuatan biogas. Untuk mendapatkan komposisi bahan yang tepat untuk pembuatan biogas skala rumah tangga, dilakukan percobaan awal menggunakan balon sebagai penampung gas. Hasil dari percobaan awal, selanjutnya digunakan untuk merancang prototype alat dan pembuatan lembar kerja eksperimen.

Percobaan awal ditujukan untuk mengamati pengaruh tiga jenis sampah organik terhadap waktu dan jumlah biogas yang dihasilkan. Sampah organik yang terdiri dari tiga jenis yaitu sampah buah, sampah sayuran, dan sisa nasi. Bahan baku sampah organik diperoleh dari pasar tradisional dan rumah tangga yakni berupa sampah sayuran, sampah buah, dan sisa nasi. Sampah dicacah/dipotong ukuran kecil-kecil kemudian ditambahkan air dan EM4, kemudian dimasukkan ke dalam wadah ukuran 1,5 L (reaktor biogas skala kecil) yang dihubungkan dengan balon penampung gas. Variasi komposisi sampah dan air dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel.1. Variasi Bahan Isian Reaktor 1,5 L

Variasi Bahan											
Sisa Nasi : Air				Sampah Buah : Air				Sampah Sayuran : Air			
Tanpa EM4		Dengan EM4		Tanpa EM4		Dengan EM4		Tanpa EM4		Dengan EM4	
R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
1:1	1:2	1:1	1: 2	1:1	1: 2	1:1	1: 2	1:1	1: 2	1:1	1: 2

Keterangan: R = Reaktor

Volume gas yang dihasilkan diukur diameter balon yang mengembang (gambar 1). Proses fermentasi dihentikan sampai bahan tidak menghasilkan gas lagi.



Gambar 1. Pembuatan biogas skala kecil

Berdasarkan hasil penelitian pada percobaan awal, sampah sayuran menghasilkan biogas paling banyak dengan rata-rata diameter balon 19,26.

Hal tersebut karena sampah sayuran yang banyak mengandung serat dan selulosa yang berikatan kuat telah ditambah air yang dapat membantu dalam proses pendegradasian. Peningkatan kadar air substrat dari 36% menjadi 99% dapat meningkatkan produksi gas sampai 670%. Kadar air yang terlalu besar dapat menghambat aktivitas bakteri metanogenik karena akan meningkatkan konsentrasi oksigen yang bersifat racun bagi bakteri anaerob. Sebaliknya bila kadar air yang terlalu rendah akan mengakibatkan terjadinya akumulasi asam asetat yang bersifat menghambat [5]. Pada percobaan pembuatan biogas awal digunakan starter EM4 (*Effective Microorganism-4*) untuk mempercepat proses fermentasi.

Percobaan selanjutnya adalah pembuatan biogas skala rumah tangga menggunakan reactor biogas dengan bahan jerigen plastic berukuran 20 L. Rangkaian reactor biogas terbuat dari bahan yang murah dan mudah didapat, yaitu terbuat dari jerigen berukuran 20 L yang biasa digunakan sebagai tempat penyimpanan minyak tanah. Alat ini terdiri atas tiga komponen utama, yaitu tangki pencerna (*biodigester*), tangki pemasukan bahan, dan tangki keluaran. Rangkaian reactor biogas dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Rangkaian reactor hasil pengembangan

Persiapan bahan baku pada biogas skala rumah tangga ini berdasarkan hasil pengamatan dan pilihan perlakuan yang sudah dilakukan pada percobaan awal. Sampah yang digunakan sebelumnya dihaluskan atau dipotong kecil-kecil terlebih dahulu. Bahan baku yang dibuat dengan perbandingan bahan isian dan

air 1 : 1 dengan komposisi 3 kg sampah yang dicampur dengan 3 kg kotoran sapi dan 6 liter air. Campuran kotoran sapi dan air diaduk terlebih dahulu secara merata agar pemasukan bahan ke digester dapat berlangsung baik. Campurkan sampah organik yang telah dihaluskan/dipotong, lalu saring campuran tersebut sambil membuang benda-benda keras yang mungkin tercampur. Tambahkan 1 L BOM (*Balancer of Microorganism*) sebagai *starter*. Selanjutnya, isian yang telah dibuat dimasukkan ke dalam tabung pencerna melalui tempat pemasukan bahan. Pemasukan isian dihentikan setelah tabung pencerna terisi tiga perempat bagiannya yang terlihat pada jerigen yang berwarna putih. Pada lubang saluran pemasukan dan pengeluaran ditutup untuk mengkondisikan digester *anaerob*.

Berdasarkan rincian prosedur kerja yang dikembangkan pada percobaan yang dipaparkan di atas, selanjutnya dirancang lembar kerja pembuatan biogas. Langkah kerja yang tersaji dalam prosedur percobaan biogas memiliki karakteristik yang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan proses sains dan keterampilan berpikir kreatif, yaitu sebagai berikut :

1. Keterampilan Proses Sains, dengan indikator-indikator berikut ini:

- a) Kemampuan pengamatan; berdasarkan pengamatan dalam percobaan pembuatan biogas, peserta didik dapat: mengamati gas yang dihasilkan, memeriksa tidak adanya kebocoran reaktor, mengumpulkan data tentang pengaruh jenis sampah organik, komposisi masukan, dan penambahan starter terhadap volume gas yang dihasilkan dan kecepatan terbentuknya gas dan mengukur diameter balon dari setiap jenis sampah organik
- b) Menafsirkan hasil pengamatan; berdasarkan data pengamatan percobaan pembuatan biogas, peserta didik dapat: mencatat komposisi bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biogas dan waktu dilakukannya pengamatan, menghubungkan-hubungkan hasil pengamatan yang diperoleh, menginferensi pengaruh jenis sampah organik, komposisi masukan, dan penambahan starter terhadap volume gas yang dihasilkan dan kecepatan terbentuknya gas.
- c) Merumuskan hipotesis: pengaruh jenis sampah, pengaruh penambahan starter dan komposisi bahan dengan air terhadap volume biogas yang dihasilkan.
- d) Merencanakan Percobaan: menentukan alat/bahan/sumber yang akan digunakan dalam percobaan, menentukan variabel/ faktor penentu yang harus dibuat tetap dan variabel yang berubah, menentukan apa yang akan diukur, diamati, dan dicatat, merancang kegiatan percobaan untuk menguji hipotesis, merancang percobaan yang mungkin berbeda dengan prosedur
- e) Menggunakan Alat / bahan; menjelaskan alasan mengapa memilih alat dan bahan tersebut, enjelaskan bagaimana menggunakan alat dan bahan tersebut. menimbang bahan baku (sampah organik dan kotoran sapi), mengukur bahan baku (campuran air), memotong bahan sesuai ukuran yang dikehendaki.
- f) Menerapkan Konsep; Berdasarkan prosedur percobaan pembuatan biogas, peserta didik dapat: menggunakan konsep-konsep hidrokarbon dan pengolahan limbah untuk menerangkan apa yang diamatinya, membuktikan sendiri kebenaran suatu teori dalam konsep hidrokarbon dan pengolahan limbah
- g) Mengelompokkan / klasifikasi; Berdasarkan data hasil percobaan pembuatan biogas, peserta didik dapat: menemukan perbedaan dari penggunaan bahan baku sampah sayur, sampah buah, dan sisa nasi terhadap volume gas yang dihasilkan dan kecepatan terbentuknya gas, engurutkan perlakuan sampah organik mana yang menghasilkan biogas dengan waktu yang relatif cepat.

2. Keterampilan Berpikir Kreatif, dengan indikator-indikator berikut ini:

- a) *Fluency* (Berpikir lancar, menurunkan banyak ide); Berdasarkan data hasil percobaan pembuatan biogas, peserta didik dapat mencetuskan banyak gagasan, jawaban, atau pertanyaan. Misalnya ketika biogas tidak dihasilkan dalam waktu tertentu.
- b) *Flexibility* (Berpikir luwes, mengubah perspektif dengan mudah); Berdasarkan data hasil percobaan pembuatan biogas, peserta didik dapat memberikan macam-macam penafsiran terhadap suatu masalah dan biasanya memikirkan cara yang berbeda untuk menyelesaikannya. Misalnya siswa akan mencari tahu dan mengatasi permasalahan ketika gas tidak dihasilkan.
- c) *Originality* (Berpikir asli, menyusun sesuatu yang baru); Berdasarkan prosedur percobaan biogas, peserta didik dapat membuat suatu rangkaian reaktor yang mungkin berbeda dari rangkaian reaktor dalam prosedur dan memodifikasi alat atau bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biogas sesuai dengan ide baru yang mereka rencanakan.
- d) *Elaboration* (Berpikir rinci, mengembangkan ide lain dari suatu ide) ; Berdasarkan prosedur percobaan biogas, peserta didik dapat membuat rangkaian reaktor biogas skala rumah tangga dan mendesign rangkaian reaktor tersebut ke dalam suatu gambar yang dilengkapi dengan keterangannya secara detail dan rinci.

B. Hasil validasi dan uji kelayakan

Berdasarkan hasil pengembangan format prosedur kerja pembuatan biogas skala rumah tangga dapat dihasilkan suatu produk prosedur percobaan pembuatan biogas yang dapat mengukur keterampilan proses sains dan keterampilan berpikir kreatif peserta didik. Format prosedur kerja pembuatan biogas skala rumah tangga divalidasi kepada validator dengan tujuan menguji sejauh mana prosedur percobaan pembuatan biogas yang dikembangkan dapat digunakan dalam pembelajaran kimia. Dari validasi dapat diketahui kelemahan dari prosedur yang telah disusun dan kemudian dilakukan perbaikan. Uji validitas dilakukan dengan penyebaran angket kepada tiga dosen Kimia sehingga diperoleh penilaian dan saran perbaikan. Uji coba terbatas dilakukan untuk mengetahui kelayakan prosedur percobaan pembuatan biogas. Pelaksanaan uji coba terbatas dilakukan kepada 15 orang mahasiswa pendidikan kimia yang di ambil secara acak. Pengumpulan data dilakukan dengan penyebaran angket uji kelayakan. Pengisian angket dilakukan setelah mahasiswa melihat demonstrasi pembuatan biogas yang dilakukan oleh salah satu mahasiswa yang dibantu oleh peneliti dan membaca prosedur percobaan pembuatan biogas yang diberikan kepada masing-masing mahasiswa. Respon validator dan mahasiswa dapat dilihat pada tabel 2.

Berdasarkan tabel 2, sebesar 82,06% validator yang berjumlah tiga orang menyatakan setuju terhadap pernyataan dalam prosedur percobaan pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik. Hal tersebut menunjukkan bahwa secara umum prosedur ini layak digunakan sebagai penuntun praktikum dalam pembelajaran kimia agar peserta didik lebih mudah dalam melakukan percobaan pembuatan biogas. Tabel 2 juga memberikan gambaran penilaian mahasiswa terhadap prosedur percobaan biogas skala rumah tangga dari sampah organik. Sekitar 88,6% dari jumlah 15 orang mahasiswa pendidikan kimia menyatakan setuju.

Prosedur kerja pembuatan biogas ini dapat menilai aspek dalam keterampilan proses sains dan keterampilan berpikir kreatif peserta didik sehingga dibuat format penilaian berorientasi keterampilan proses sains dan keterampilan berpikir kreatif berdasarkan prosedur pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik. Hal tersebut dilandasi oleh pernyataan Farida [6], ketika siswa ditugaskan untuk membuat suatu produk, guru melakukan penilaian kinerja siswa dalam membuat produk mulai dari tahap persiapan, pembuatan, hingga dihasilkan produk itu sendiri.

Tabel 2. Respon validator dan mahasiswa terhadap produk

No	Pernyataan	% Respon persetujuan	
		Validator (N=3)	Mahasiswa (N=15)
1.	Kalimat dalam prosedur cukup jelas, mudah dimengerti dan dipahami	66,7	100
2.	Penggunaan istilah dalam prosedur yang berkaitan dengan bidang keilmuan sudah sesuai dan tepat	100	100
3.	Percobaan dapat dilakukan dengan mudah	66,7	93,3
4.	Tahapan dalam prosedur disusun secara runtut	100	93,3
5.	Pembelajaran kimia dengan melakukan percobaan berkaitan dengan kehidupan sehari-hari dapat memberi umpan balik terhadap motivasi siswa	66,7	93,3
6.	Konsep hidrokarbon dan pengolahan limbah dapat dijelaskan melalui eksperimen biogas sederhana menggunakan bahan-bahan alam yang ada disekitar	100	93,3
7.	Percobaan biogas dari sampah organik dapat melatih peserta didik untuk cepat tanggap terhadap situasi lingkungan dan terampil menyelesaikan masalah menggunakan pengetahuan dan konsep-konsep kimia	100	86,7
8.	Pembuatan biogas dari sampah organik dapat memberikan pengaruh terhadap lingkungan dan masyarakat	100	86,7
9.	Alat dan bahan konstruksi mudah tersedia dan didapatkan	66,7	100
10.	Bahan baku yang digunakan umumnya terdapat dalam kehidupan sehari-hari	33,3	100
11.	Bahan baku yang digunakan dapat mengurangi potensi limbah	100	93,3
12.	Alat dan bahan yang digunakan terlalu tidak mahal jika harus dibeli	66,7	13,3
13.	Rangkaian reaktor bisa dibuat secara mandiri	100	66,7
Persentase Rata-rata		82,06	88,6

Prosedur percobaan biogas skala rumah tangga juga dapat menilai keterampilan berpikir kreatif peserta didik sehingga peserta didik diberikan kebebasan untuk dapat membuat inovasi baru dari prosedur yang telah disusun. Peserta didik dapat mengeksplor ide-ide baru mereka dengan cara merancang suatu percobaan yang mungkin berbeda dari prosedur yang telah disediakan. Melalui prosedur percobaan biogas ini, peserta didik mungkin menemukan suatu permasalahan ketika melakukan percobaan dan mereka sendiri yang akan berusaha menyelesaikan dan memecahkan masalah yang ditemukan, karena guru hanya menjadi fasilitator.

Secara umum dari hasil penelitian baik dari tahap validasi dan tahap uji coba kepada para mahasiswa, prosedur kerja pembuatan biogas yang dibuat layak digunakan sebagai penuntun praktikum dalam pembelajaran kimia. Pembelajaran kimia kontekstual yang dihubungkan dengan permasalahan dalam kehidupan selain dapat mempermudah siswa memahami materi yang disampaikan juga dapat membuat praktikum kimia menjadi lebih menarik dan menyenangkan.

Kesimpulan

Format prosedur kerja pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik memiliki karakteristik: (1) Penggunaan alat dan bahan baku yang cukup mudah diperoleh dalam kehidupan, (2) Prosedur kerja pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik yang mudah dilakukan, dan (3) Format penilaian berorientasi keterampilan proses sains dan keterampilan berpikir kreatif. Berdasarkan hasil validasi dan uji coba diperoleh kesimpulan bahwa prototype reaktor dan prosedur eksperimen yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran kimia. Hasil penelitian menyarankan perlunya penerapan produk dalam pembelajaran kimia dengan mengadopsi pembelajaran berbasis proyek

Referensi

- [1] Arifin, M., dkk. (2003). *Strategi Belajar Mengajar Kimia. Common Text Book (Edisi Revisi)*. Bandung: Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI
- [2] Fairus, S., Salafudin, Rahman, L., dan Emma A., dkk. (2011). Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu Menjadi Alternatif Energi: Biogas dan Precursor Briket. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknonogi Nasional.
- [3] Wardahni dan Marsono. (2008). Perencanaan Biodigester Tinja Manusia dan Kotoran Ternak Skala Komunal Rumah Tangga di Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri. [online]. Tersedia: <http://digilib.its.ac.id>. [Diakses 09 April 2013].
- [4] Borg, W.R., et.al. (2003). *Educational Research: An Introduction*; (Seventh Ed.). Newyork: Longman, Inc
- [5] Bahrin, D., Anggraini, A., dan Pertiwi, M.B. (2011). Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik Pasar di Kota Palembang. *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3*. Palembang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- [6] Farida, Ida. (2013). *Penilaian Proses dan Hasil Belajar IPA-Kimia*. Bandung: Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Gunung Djati Bandung