

Penerapan Konsep Kurikulum Hijau dan Kimia Hijau dalam Desain Praktikum dan Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia

Soerjani Widyastuti¹, Nur Yusrina¹, Sasti Gona Fadhilah¹, Mohammad Misbah Khunur^{1*}

¹Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

Abstrak

Desain praktikum yang ramah lingkungan dan pengolahan limbah laboratorium kimia di perguruan tinggi perlu diperhatikan untuk mengurangi potensi pencemaran di area kampus maupun lingkungan sekitarnya. Desain praktikum yang baik juga merupakan media pembelajaran yang efektif bagi mahasiswa dalam memadukan konsep kurikulum hijau dan kimia hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan konsep kurikulum hijau dan kimia hijau dalam desain praktikum dan pengolahan limbah laboratorium kimia, dengan sampel yaitu Praktikum Kimia Dasar di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya 2019-2020. Penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan, yaitu: (1) desain model praktikum, (2) pelaksanaan dan observasi praktikum, (3) pengolahan limbah praktikum, dan (4) evaluasi dan analisa data. Berdasarkan hasil observasi dan evaluasi, konsep kurikulum hijau yang dipadukan dengan konsep kimia hijau di Praktikum Kimia Dasar dapat diterapkan dengan memperhatikan capaian pembelajaran di praktikum tersebut. Tingkat capaian pembelajaran yang masih dalam level dasar (dari segi keilmuan), penggunaan alat dan bahan kimia yang sederhana, banyaknya alternatif dalam pilihan bahan kimia dan model percobaan merupakan alasan utama dalam tingginya fisibilitas penerapan konsep ini. Penerapan konsep hijau ini juga dapat mengurangi volume dan toksisitas limbah cair laboratorium, mengefisienkan penggunaan bahan kimia, baik ketika praktikum, maupun pengolahan limbah cair di laboratorium.

Kata kunci: kurikulum hijau, kimia hijau, limbah cair, pengelolaan limbah, praktikum.

Abstract

Design of environmentally friendly educational practicum and chemical laboratory waste treatment in universities need to be considered to reduce the potential danger of pollution in the campus area and the surrounding environment. The design is also a good learning tool for students in applying the combination of green curriculum and green chemistry concepts. This study aims to evaluate the application of green curriculum and green chemistry concepts in the design of educational practicum and chemical laboratory waste treatment, using Basic Chemistry Practicum at the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Brawijaya University (2019-2020) as the research object. This research is divided into several stages, namely: (1) practicum model design, (2) practicum implementation and observation, (3) laboratory waste treatment, and (4) data evaluation and analysis. Based on observation and evaluation, the concept of a green curriculum combined with the concept of green chemistry in the Basic Chemistry Practicum can be applied while still incorporating the targeted learning outcomes. The level of learning achievement that is still at the basic level (in terms of science knowledge), the use of simple tools and chemicals, and the many alternatives in the choice of chemicals and experimental models are the main reasons for the high feasibility of applying this concept. The application of this green concept can also reduce the volume and toxicity of laboratory liquid waste, streamline the use of chemicals, both during practicum, and in the treatment of liquid waste in the laboratory.

Keywords: green curriculum, green chemistry, liquid waste, waste treatment, laboratory practice.

PENDAHULUAN

Kurikulum adalah seperangkat pengaturan serta rencana mengenai tujuan, materi, metode, organisasi, dan evaluasi. Penerapan kurikulum mencakup tiga kegiatan pokok yaitu pengembangan program, pelaksanaan pembelajaran, serta evaluasi [1]. Kurikulum hijau merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan kemampuan siswa, agar siswa

mampu memahami sesuatu yang berhubungan dengan kesadaran lingkungan. Penerapan kurikulum hijau di tingkat universitas adalah salah satu pendekatan untuk menanggapi isu global mengenai lingkungan, serta cara untuk menghemat dan melestarikan sumber energi [2]. Menurut Chakraborty *et al* (2018), kurikulum hijau memerlukan ketulusan karena dapat mendorong kesadaran masyarakat terhadap kelestarian lingkungan serta meminimalkan dampak negatif di lingkungan [3].

Di lembaga pendidikan, salah satu sumber pencemaran lingkungan yang dapat mengancam

Alamat Korespondensi Penulis:

Moh. Misbah Khunur

Email : misbah_kimia@ub.ac.id

Alamat : Dept. Kimia FMIPA Universitas Brawijaya

kelangsungan hidup ekosistem air maupun darat serta berdampak bagi kesehatan manusia adalah air limbah laboratorium [4], yang terkadang masuk dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) [5]. Air limbah laboratorium ada yang mengandung bahan kimia beracun, senyawa organik, anorganik maupun logam berat seperti besi (Fe), mangan (Mn), krom (Cr), dan raksa (Hg) yang berbahaya bagi organisme dan lingkungan hidup [5],[6]. Laboratorium kimia umumnya digunakan untuk melakukan penelitian dan praktikum dimana dari kegiatan tersebut dihasilkan limbah yang bersumber dari buangan bahan kimia yang tidak terpakai [7], pencucian alat [8], bahan kimia kadaluarsa [9], dll. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah cair maupun limbah padat [10]. Limbah padat dari laboratorium biasanya berupa endapan, sisa sarung tangan, atau sisa kertas saring yang terkontaminasi [11]. Umumnya limbah laboratorium berupa limbah cair hasil dari sisa larutan dan sisa reaksi setelah praktikum [12].

Praktikum adalah salah satu metode pembelajaran kognitif yang penting untuk dilakukan dalam pembelajaran sains sehingga harus diupayakan keberadaannya. Praktikum memiliki banyak manfaat bagi peserta didik, misalnya: (1) melatih praktek nyata melalui eksperimen, (2) menumbuhkan sikap ilmiah dan berfikir kritis, (3) memperbanyak pengalaman dengan hal-hal yang bersifat faktual dan objektif [13]. Dengan adanya kegiatan di laboratorium kimia, maka air limbah akan terus dihasilkan. Di sisi lain, terdapat beberapa kendala pengolahan limbah laboratorium kimia, seperti mahalnya biaya pengolahan air limbah dan terbatasnya fasilitas pengolahan air limbah laboratorium kimia, sehingga air limbah tidak benar-benar diolah sebelum pembuangan. Hal ini semakin diperparah dengan kurangnya kesadaran dari pihak lembaga pendidikan akan dampak negatif yang disebabkan oleh pembuangan langsung limbah cair laboratorium kimia ke badan air di lingkungan sekitarnya.

Oleh karena itu, kurikulum hijau perlu diterapkan dalam praktikum di laboratorium kimia untuk mengatasi hal ini tanpa mengurangi capaian pembelajaran dari praktikum tersebut. Selain itu, efisiensi dalam penggunaan bahan tidak hanya dapat mengurangi biaya praktikum namun juga untuk mengurangi potensi bahaya dan menumpuknya volume air limbah di akhir semester.

Penelitian ini memfokuskan pada pelaksanaan praktikum di laboratorium kimia

dasar. Laboratorium kimia dasar umumnya melakukan kegiatan yang menggunakan bahan, alat maupun prosedur sederhana, sehingga konsep kurikulum hijau lebih mudah diaplikasikan. Jenis dan jumlah bahan kimia yang digunakan juga relatif sedikit. Berdasarkan analisa situasi tersebut, upaya penerapan konsep kurikulum hijau dalam desain praktikum dan pengolahan limbah laboratorium kimia di perguruan tinggi perlu dilakukan. Penelitian dilakukan mulai dari pembuatan konsep modul praktikum, praktek dan observasi, hingga pengelolaan air limbah.

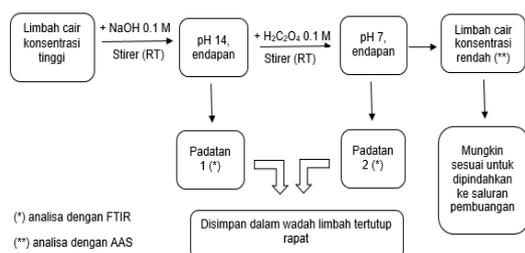
METODE PENELITIAN

Sampel penelitian ini adalah Laboratorium Kimia Dasar di Departemen Kimia FMIPA Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilakukan pada tahun 2019-2020 (dua semester) sebelum masa pandemi Covid-19. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: (1) desain model praktikum, (2) pelaksanaan dan observasi praktikum, (3) pengolahan limbah praktikum, dan (4) evaluasi dan analisa data.

Desain praktikum meliputi identifikasi ketersediaan bahan kimia, identifikasi potensi limbah hasil praktikum, evaluasi dan pembaruan materi diktat praktikum sesuai CPMK (Capaian Pembelajaran Mata Kuliah). Pelaksanaan praktikum dilakukan selama dua semester yaitu Semester Ganjil dan Genap 2019-2020, yang terdiri dari 13 kelas dari berbagai jurusan di Fakultas MIPA (Biologi, Kimia, Fisika).

Tahap pengolahan limbah praktikum dilakukan dengan metode pengendapan dua tahap, yaitu dengan cara mengambil sampel air limbah sebanyak 100 mL dari dua (2) tempat penampungan limbah cair masing-masing satu (1) botol dan diberi kode A dan B. Selanjutnya, sampel diproses sesuai skema yang tersaji di Gambar 1.

Sampel padat yang diperoleh di akhir proses kemudian dianalisa dengan spektroskopi inframerah dengan metode pelet KBr pada 4000-400 cm^{-1} (IRSpirit-T, Shimadzu) untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari senyawa yang terbentuk. Sedangkan filtrat yang dihasilkan dianalisa kadar logamnya dengan spektrofotometri serapan atom (AAS AA-6200, Shimadzu) sesuai panjang gelombang masing-masing logam. Logam yang diukur meliputi: Ca, Fe, Cu, dan Pb. Hasilnya dibandingkan dengan kadar logam sebelum proses (limbah asli) sehingga dapat diketahui efektifitas dan efisiensi (%) pengendapan logam tersebut.



Gambar 1. Tahap Pengolahan Limbah Cair

Tahap evaluasi dan analisa data dilakukan dengan cara: (1) menganalisa feasibilitas pelaksanaan praktikum sesuai desain kurikulum hijau, (2) menganalisa efektifitas pengolahan limbah cair laboratorium, dan (3) menganalisa hambatan dan potensi dalam penerapan konsep kurikulum hijau di praktikum kimia dasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan laboratorium kimia dasar sebagai obyek penelitian karena mahasiswa yang berkegiatan di laboratorium kimia dasar umumnya menggunakan peralatan, bahan kimia, dan prosedur kerja yang sederhana, misalnya percobaan pembuatan larutan asam dan basa, percobaan penentuan konsentrasi dan pH larutan, identifikasi reaksi kimia, dll, sehingga tingkat potensi bahaya dan keamanan dari bahan kimia dan aktifitas kerja bersifat relatif rendah.

Desain Model Praktikum

Pada tahap pertama, yaitu desain model praktikum, identifikasi kondisi existing praktikum yang diamati dari diktat dan pelaksanaan praktikum, menghasilkan beberapa perubahan, antara lain: mengganti penggunaan garam dari logam transisi atau logam berat dengan garam dari logam alkali atau alkali tanah yang lebih aman dan ramah lingkungan, mengurangi konsentrasi zat yang digunakan, meminimalkan penggunaan jenis bahan kimia padat dan cair, dan yang utama, membuat penampungan khusus untuk sisa larutan asam ($H_2C_2O_4$) dan sisa larutan basa (NaOH) yang tidak lagi digunakan praktikum untuk digunakan dalam proses pengolahan limbah cair praktikum. Perubahan tersebut selain dilakukan untuk memenuhi kurikulum hijau, juga dilakukan dengan memperhatikan ketercapaian CPMK dari Praktikum Kimia Dasar yang ada di departemen tersebut, yaitu:

- (1) Mahasiswa menerapkan standar keamanan dan keselamatan kerja (K3) di laboratorium kimia dasar,

- (2) Mahasiswa menggunakan teknik-teknik dasar di laboratorium kimia dengan benar
- (3) Mahasiswa mengidentifikasi reaksi kimia sederhana.

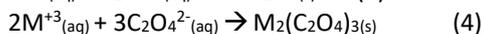
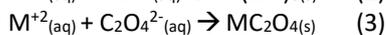
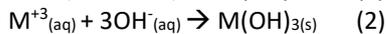
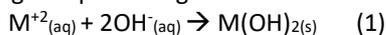
Pelaksanaan dan Observasi Praktikum

Pada tahap kedua, pelaksanaan dan observasi praktikum, diperoleh data hasil pengamatan. Keterampilan motorik praktikan / mahasiswa masih terpenuhi sehingga CPMK dari Praktikum Kimia Dasar juga terpenuhi, meskipun ada perubahan bahan kimia dan/atau konsentrasi bahan kimia yang digunakan. Selain itu, salah satu percobaan di Praktikum Kimia Dasar yaitu pembuatan larutan asam oksalat dan basa NaOH yang kemudian berlanjut dengan pembakuan larutan NaOH serta penentuan konsentrasi larutan asam asetat komersial juga menjadi bahan evaluasi. Percobaan ini terkait dengan salah satu CPMK yaitu mahasiswa berlatih keterampilan dasar di laboratorium kimia. Hasil dari percobaan ini ternyata menyisakan banyak larutan sisa asam dan sisa basa tersebut, dimana selama ini sering dibuang langsung di penampungan limbah atau disimpan untuk digunakan di semester berikutnya. Meskipun bisa digunakan di semester berikutnya namun penyimpanan botol larutan asam dan basa membutuhkan *space* khusus sehingga meja laboratorium terlihat terlalu penuh dan mengganggu aktifitas lain khususnya di meja laboratorium. Sisa larutan asam oksalat dan NaOH ini kemudian digunakan sebagai agen pengendap ion logam di limbah cair sehingga tidak hanya mengurangi *space* area penyimpanan, namun sekaligus mengurangi pembelian bahan kimia untuk proses pengolahan limbah cair laboratorium.

Pengolahan Limbah Praktikum

Pada tahap ketiga, pengolahan limbah cair laboratorium mulai dilakukan. Proses pengolahan limbah mengacu pada Gambar 1, dimana pada tahap awal, limbah cair dikondisikan pH-nya hingga 14 dengan penambahan larutan NaOH. Padatan yang diperoleh merupakan senyawa hidroksida ($M(OH)_2$). Semua logam $M(II)$ diperkirakan mengendap karena pH yang sangat basa. Setelah padatan dipisahkan secara filtrasi, larutan kemudian dinetralkan pH-nya dengan penambahan larutan asam oksalat. Ketika netralisasi dilakukan, endapan baru terbentuk, dimana padatan yang dihasilkan merupakan padatan garam oksalat karena umumnya garam oksalat memiliki kelarutan (K_{sp}) yang sangat

rendah, baik untuk logam golongan alkali tanah maupun logam transisi. Padatan pertama yang terbentuk pada pH 14 dan padatan kedua yang mengendap di pH 7, mengikuti reaksi pengendapan sebagai reaksi berikut:



Logam yang dianalisa meliputi tembaga (Cu), kalsium (Ca), besi (Fe), dan timbal (Pb) dan terbagi dalam dua jerigen limbah (kode A dan B). Warna limbah dari kode B lebih gelap (kehijauan) daripada warna limbah dari kode A. Hal ini mengindikasikan adanya kadar tembaga yang cukup tinggi. Ke-4 jenis logam tersebut sering digunakan di Praktikum Kimia Dasar semester sebelumnya sehingga merupakan komponen polutan utama dari limbah cair di Laboratorium Kimia Dasar. Untuk mengevaluasi efektifitas pengendapan dalam proses pengolahan limbah ini, konsentrasi larutan sampel limbah cair sebelum dan sesudah perlakuan diukur dengan spektrofotometri serapan atom (AAS). Hasil analisa AAS dari sampel, baik sebelum maupun sesudah perlakuan, disajikan di Tabel 2.

Tabel 1. Tingkat Konsentrasi Limbah Sebelum dan Setelah Perlakuan (ppm)

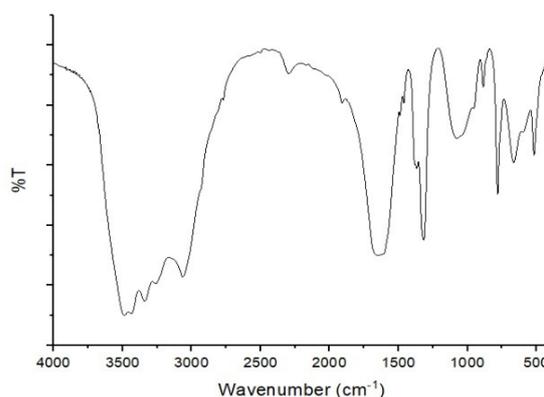
M	Sampel A		Sampel B	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Ca	0,68	0,46	21,72	0,31
Cu	38,16	0,58	296,36	0,35
Fe	1,70	0,01	10,22	0,01
Pb	0	0	0	0

Berdasarkan data di Tabel 1, semua konsentrasi logam dalam sampel limbah cair setelah pengendapan 2 tahap sangat rendah yaitu kurang dari 1 ppm, dengan konsentrasi tertinggi ditunjukkan oleh tembaga (Cu) yaitu sebesar 0,35-0,58 ppm. Sisa konsentrasi kalsium (Ca) dalam air limbah sebesar 0,31-0,46 ppm, sedangkan sisa konsentrasi besi (Fe) dan timbal (Pb) menunjukkan nilai tidak sangat kecil.

Meskipun ion logam tembaga dan kalsium masih belum semuanya terendapkan, namun efisiensi pengendapannya sangat tinggi, khususnya dari sampel kode B dimana konsentrasi Cu dan Ca yang awalnya 296,36 dan 21,72 ppm, turun menjadi 0,35 ppm dan 0,31 ppm, secara berurutan, atau kurang lebih sekitar 99,88% untuk Cu dan 98,57% untuk Ca. Secara

umum, air limbah setelah pengendapan 2 tahap memiliki pH netral dan efek toksisitas yang lebih rendah karena beberapa kandungan ion logamnya sudah sangat berkurang dan mengarah pada parameter kualitas air kategori kelas D bahkan kelas C. Beberapa parameter lain dalam uji kualitas air dapat dilakukan untuk memastikan apakah sisa olahan sudah layak atau tidak untuk dibuang ke saluran air atau setidaknya masuk dalam kategori kelas C.

Selain analisa kandungan limbah cair, padatan yang diendapkan, yang dicampur jadi satu, juga dianalisa dengan spektroskopi infra merah. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah padatan tersebut merupakan garam hidroksida (padatan 1 – pengendapan pada pH 14) dan garam oksalat (padatan 2 – pengendapan pada pH 7), sesuai persamaan (1) hingga (4). Hasil spektra inframerah dari gabungan padatan 1 dan 2 ditampilkan di Gambar 2.



Gambar 3. Spektra IR dari padatan hasil pengendapan dua tahap.

Puncak serapan inframerah yang menunjukkan keberadaan garam hidroksida $M(OH)_2$ atau $M(OH)_3$ ditunjukkan oleh serapan lebar pada bilangan gelombang 3500-3000 cm^{-1} . Sedangkan keberadaan garam oksalat MC_2O_4 atau $M_2(C_2O_4)_3$ ditunjukkan oleh adanya beberapa puncak tajam di bilangan gelombang 1600-1500 cm^{-1} (C=O) dan 1300-1200 cm^{-1} (C-O) yang merupakan gugus karboksilat. Hal ini juga didukung oleh adanya serapan pada 1100-1000 cm^{-1} (C-C). Sedangkan serapan yang mengindikasikan pembentukan ikatan M-O umumnya dapat teramati pada bilangan gelombang di bawah 500 cm^{-1} . Dengan demikian, padatan yang dihasilkan merupakan campuran dari garam hidroksida dan garam oksalat. Padatan ini relatif aman ketika disimpan dalam wadah penyimpanan limbah padat dalam waktu

yang lama, tidak mudah terbakar, dan tidak mudah meledak.

Evaluasi dan Analisa Data

Berdasarkan hasil observasi, tingkat fisibilitas pelaksanaan praktikum sesuai desain gabungan kurikulum hijau dan kimia hijau cukup besar. Hal ini dikarenakan capaian pembelajaran (CPMK) serta bahan kimia di Praktikum Kimia Dasar masih berada pada level dasar atau *basic*, sehingga memudahkan modifikasi dan pengembangan kurikulumnya. Capaian pembelajaran (CPMK) juga tetap terpenuhi karena perubahan yang ada di diktat praktikum tidak mengganggu / merubah parameter capaian ketrampilan motorik praktikan / mahasiswa.

Selanjutnya, hasil analisa air limbah dan padatan yang diendapkan menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair laboratorium dengan sistem pengendapan dua tahap menggunakan larutan natrium hidroksida dan asam oksalat hasil sisa kegiatan praktikum mahasiswa memiliki efektifitas dan efisiensi yang tinggi, dimana kadar ion logam turus secara signifikan sehingga manajemen laboratorium tidak lagi memerlukan bahan kimia tambahan untuk mengolah limbahnya secara *in-situ*. Penerapan konsep ini juga dapat mengurangi jumlah dan level toksisitas limbah laboratorium, dimana volume limbah cair yang cukup banyak, dapat dikonversikan menjadi limbah padat yang lebih stabil dan hanya membutuhkan wadah yang lebih kecil daripada jerigen / drum limbah cair sehingga mengefisienkan penggunaan *space/area* penampungan limbah sementara.

Meskipun demikian, kendala dan tantangan dalam penerapan gabungan konsep kurikulum hijau dan kimia hijau di laboratorium kimia, baik laboratorium riset maupun pendidikan tetap ada dan masih perlu diperhatikan. Untuk laboratorium dengan spesifikasi dan kompleksitas tinggi, misalnya laboratorium biokimia/biomedik, yang mengharuskan penggunaan bahan kimia tertentu dan tidak dapat diganti dengan bahan kimia alternatif, hal ini menjadi tantangan tersendiri. Tidak semua bahan kimia memiliki sifat dan fungsi yang sama dalam riset kimia sehingga tidak semuanya dapat saling tergantikan. Alternatif bahan kimia yang lebih ramah lingkungan bisa jadi baru ada setelah beberapa tahun kemudian. Efektifitas, biaya, dan ketersediaan bahan alternatif tersebut juga terkadang menjadi permasalahan tersendiri.

Selain jenis bahan kimia, volume dan intensitas limbah yang dihasilkan juga perlu

diperhatikan. Proses pengendapan dua tahap ini meskipun hanya melibatkan dua bahan kimia saja, namun memerlukan volume atau konsentrasi yang cukup besar dalam setiap siklus pengolahan limbah, tergantung karakteristik limbah cairnya. Apabila ketersediaan reagen pengendap tidak terpenuhi atau jumlah limbah cair lebih banyak daripada jumlah basa/asam yang dihasilkan dari sisa praktikum, maka efisiensi dan efektifitas pengolahan limbah dapat terganggu.

Keberhasilan desain praktikum dan pengolahan limbah laboratorium kimia menggunakan gabungan konsep kurikulum hijau dan kimia hijau di Praktikum Kimia Dasar ini mengindikasikan bahwa semangat pelestarian lingkungan alam dapat dimulai sejak masa pendidikan. Penelitian sejenis bisa jadi akan memberikan hasil yang berbeda jika diterapkan pada laboratorium kimia yang berbeda dengan spesifikasi dan kompleksitas yang lebih tinggi. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut di laboratorium kimia yang lebih luas. Namun demikian, integrasi praktikum atau riset dengan pengolahan limbahnya dalam konteks manajemen laboratorium di lingkungan pendidikan tinggi adalah wajib dan bermanfaat serta tetap menjadi tantangan yang harus dicarikan solusinya.

KESIMPULAN

Konsep kurikulum hijau yang dipadukan dengan konsep kimia hijau di Praktikum Kimia Dasar pada situs penelitian ini berhasil diterapkan dengan memperhatikan capaian pembelajaran. Tingkat capaian pembelajaran yang masih dalam level dasar, dari segi penggunaan alat dan bahan kimia, kemudahan dalam substitusi bahan kimia, dan banyaknya pilihan jenis percobaan merupakan alasan utama dalam fisibilitas penerapan konsep ini. Peluang penerapan gabungan kedua konsep tersebut masih terbuka lebar untuk laboratorium kimia lainnya, khususnya di institusi pendidikan, namun tetap menyesuaikan dengan CPMK masing-masing praktikum, dan/atau spesifikasi serta kompleksitas kegiatan di laboratorium tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa FMIPA yang terlibat dalam Praktikum Kimia Dasar di Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya tahun 2019-2020 dan Ketua Laboratorium Kimia Dasar atas partisipasi, dukungan fasilitas, dan ijin yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdullah, T. & Retnowati, R. (2017). Implementasi Kebijakan Dan Kurikulum Berbasis Lingkungan dalam Mewujudkan Sekolah Berbudaya Lingkungan Studi Kasus Di SMK Negeri 3 Kota Sukabumi. *Jurnal Pendidikan Lingkungan Hidup*, 5(2), 11–17.
- [2]. Waluyo, E. & Kardoyo. (2013). Green curriculum: Sustainable learning in higher education. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 14(1), 1627–1630.
- [3]. Chakraborty, A., Singh, M. P. & Roy, M. (2018). Green Curriculum Analysis in Technological Education. *International Journal of Progressive Education*, 14(1), 122–129.
- [4]. Audina, M. (2017). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan Dengan Koagulasi Dan Adsorpsi Untuk Menurunkan Cod, Fe, Dan Pb. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1), 1–10.
- [5]. Raimon. (2011). Pengolahan Air Limbah Laboratorium Terpadu dengan Sistem Kontinyu. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22(2), 18–27.
- [6]. Pabbenteng, & Alwina, E. (2020). Desain Reaktor Pengolahan Limbah Cair Laboratorium. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, 2(1), 15–21.
- [7]. Ramadhani, S. P. (2020). *Pengelolaan Laboratorium (Panduan Para Pengajar dan Inovator Pendidikan)* (1st ed.). Depok: Yiesa Rich Foundation.
- [8]. Sumarwanto, P. & Hartati, Y. (2018). Penanganan Air Limbah Cucian Alat Gelas Laboratorium dengan Metode Spektrofotometri Menggunakan Pereaksi Biru Metilen. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(1), 11–15.
- [9]. Fakhruddin, Nurdiana, J. & Wijayanti, D. W. (2017). (Mangan) Pada Limbah Cair Laboratorium Teknologi Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman Samarinda Dengan Menggunakan Metode Elektrolisis. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV*, 6.
- [10]. Sulman, L. & Irawan, J. (2016). Pengelolaan Limbah Kimia Di Laboratorium Kimia PMIPA FKIP Universitas Mataram. *Jurnal Pijar Mipa*, 11(2), 135–141.
- [11]. Malayadi, A. F. (2017). *Karakteristik dan Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Laboratorium Universitas Hasanuddin Kota Makassar*. Hasanuddin, Makasar.
- [12]. Sulistyanti, D., Antoniker, A. & Nasrokhah, N. (2018). Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi pada Pengolahan Limbah Laboratorium. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 3(2), 147–156.
- [13]. Eliyarti & Rahayu, C. (2019). Deskripsi Efektivitas Kegiatan Praktikum Dalam Perkuliahan Kimia Dasar Mahasiswa Teknik. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 7(2), 51–60.
- [14]. Putney, D., Morris, R. C. & Sargent, P. R. (2016). Developing Green Curriculum towards Sustainable Education. *International Journal of Technology and Educational Marketing*, 6(1), 34–51.