



<http://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JPKIMIA>

PENGEMBANGAN MATA KULIAH INDUSTRI KIMIA BERKELANJUTAN DENGAN METODE PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH

Oleh:

Hans Kristianto^{1*}, Yos Tri Atmodjo², Linda Gandajaya³

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan,
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141, Indonesia

³Program Studi Manajemen, Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Harapan Bangsa
Jl. Dipati Ukur No.80-84, Bandung 40132, Indonesia

Article history	Abstract
Submission : 2019-06-16	In this paper we described preparation of new sustainability course that used problem based learning in its teaching learning activities. The new course was deemed necessary to prepare our future chemical engineers that could apply their knowledge in sustainability frameworks. This course is taught at 8 th semester of curriculum thus it should accommodate the depth learning materials that integrate basic knowledge of chemical engineering and apply it in the context of sustainability. Problem based learning is considered appropriate to accommodate these needs. Furthermore, we measured the difference of students' learning approach before and after participating 1 semester problem based learning session, using Study Process Questionnaires (SPQ). It was found that there was increase of deep approach with decrease of surface approach values. Positive feedbacks were also given by the students, as they could explore learning materials, team works, and other personal soft skills.
Revised : 2019-08-30	
Accepted : 2019-09-08	
Keyword: chemical engineering education, learning approach, problem based learning, sustainability	

Pendahuluan

Berlakunya Peraturan Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi tahun 2015 no 44 tentang Standard Nasional Pendidikan Tinggi (SN-DIKTI) mewajibkan seluruh perguruan tinggi di Indonesia untuk melaksanakan kegiatan pembelajaran berbasis capaian, atau yang dikenal dengan *outcome based education* (OBE) (Kemenristekdikti, 2015). Penerapan OBE ini juga sesuai dengan berbagai kriteria akreditasi internasional, seperti *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET), *Institution of Chemical*

Engineers (IChemE), dan *Indonesian Accreditation Board for Engineering Education* (IABEE). Penerapan OBE ini diikuti dengan serangkaian capaian pembelajaran lulusan yang perlu dikuasai oleh mahasiswa, mencakup aspek pengetahuan, sikap, keterampilan umum dan khusus yang belum terwadahi pada kegiatan belajar mengajar tradisional (kuliah mimbar). Oleh karena itu dibutuhkan perubahan dalam metode pembelajaran yang digunakan, sehingga seluruh aspek capaian pembelajaran yang diharapkan dapat dilakukan dan diukur dalam kegiatan pembelajaran.

*Corresponding Author:

Nama : Hans Kristianto
Lembaga : Universitas Katolik Parahyangan
Email : hans.kristianto@unpar.ac.id

Bersamaan dengan penerapan SN-DIKTI, Jurusan Teknik Kimia UNPAR melakukan evaluasi kurikulum Program Studi Sarjana, dan dalam perjalanannya dirasakan perlu untuk mengembangkan suatu mata kuliah wajib yang dapat mengintegrasikan berbagai ilmu Teknik Kimia dan mengajarkan aspek keberlanjutan. Hal ini didasarkan pada kesadaran pentingnya aspek keberlanjutan untuk menyokong kehidupan manusia, di mana seorang sarjana Teknik Kimia dapat mengambil peran di dalamnya (Wilkinson, 2000). Menurut Wilkinson (2000), terdapat empat kunci utama untuk menyokong tercapainya keberlanjutan, yaitu kebijakan, teknologi, industri, dan pendidikan. Pendidikan menjadi hal penting untuk mempersiapkan calon sarjana Teknik Kimia untuk dapat menghadapi tantangan di masa yang akan datang. Oleh karena itu, muncul kebutuhan untuk merumuskan berbagai konsep terkait keberlanjutan yang relevan bagi seorang calon sarjana Teknik Kimia, selain juga mengakomodir kurikulum OBE sesuai SN-DIKTI.

Pembelajaran berbasis masalah dianggap tepat untuk dapat mengakomodir tuntutan capaian pembelajaran SN-DIKTI, karena selain membantu mahasiswa memperoleh pengetahuan dalam proses memecahkan masalah, mahasiswa juga dituntut untuk dapat mengembangkan aspek sikap atau pun keterampilan pada saat bekerja di dalam kelompok (Wiek, Xiong, Brundiers, & Leeuw, 2014). Selain itu pembelajaran berbasis masalah memacu mahasiswa untuk menggunakan berbagai pengetahuan dasar yang telah diperoleh sebelumnya, serta menyajikan masalah yang kompleks dan riil, sehingga sesuai untuk mata kuliah Industri Kimia Berkelanjutan ini. Lebih lanjut akan dipelajari bagaimana pelaksanaan pembelajaran berbasis masalah dapat mempengaruhi pendekatan belajar mahasiswa (*surface* dan *deep approach*) menggunakan *Study Process Questionnaires* (SPQ) (Biggs, Kember, & Leung, 2001).

Metode Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan mengamati perubahan parameter peserta kuliah sebelum (*pre-test*) dan setelah (*post-test*) mengikuti kegiatan perkuliahan selama satu semester

Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di Program Studi Sarjana Teknik Kimia UNPAR, pada semester genap tahun ajaran 2018/2019 (Januari-Mei 2019).

Target/ Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah seluruh peserta mata kuliah Industri Kimia berkelanjutan, yang merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa tingkat empat (semester ke-8) dengan total peserta 88 orang.

Prosedur

Tahapan-tahapan yang ditempuh dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap 1: Perumusan capaian pembelajaran mata kuliah, materi, dan pemicu yang digunakan dalam pembelajaran
2. Tahap 2: Pelaksanaan kegiatan belajar mengajar dengan metode PBL dengan siklus pembelajaran 3 pertemuan yang disajikan pada Gambar 1.

Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Instrumen yang digunakan untuk mengukur pendekatan belajar (*surface* dan *deep approach*) mahasiswa sebelum dan setelah mengikuti kegiatan perkuliahan ini dilakukan dengan menggunakan kuesioner *Study Process Questionnaires* (SPQ) (Biggs et al., 2001). Kuesioner SPQ yang dikembangkan oleh Biggs et al. (2001) dikembangkan sehingga berkesesuaian dengan 2 faktor yang diuji (*deep* – dan *surface approach*), di mana setiap faktor terdiri dari 2 sub-faktor, yaitu *deep/surface motive* dan *deep/surface strategy*. Setiap sub faktor terdiri dari 5 pertanyaan, sehingga terdapat total 20 buah pertanyaan pada kuesioner ini. Pengisian pertanyaan menggunakan skala Likert 5 poin. Kuesioner ini merupakan hasil penyederhanaan dan penyempurnaan kuesioner serupa yang dikembangkan oleh Biggs (1987) yang mencakup 43 butir pertanyaan (Biggs, 1987). Kuesioner SPQ yang digunakan dalam studi ini disajikan pada *supplementary file*.

Tingkat partisipasi mahasiswa di akhir perkuliahan dievaluasi dengan menggunakan *Student Engagement Survey* mengikuti (Ahlfeldt, Mehta, & Sellnow, 2005). Kuesioner ini dipilih atas dasar kesamaan subjek penelitian ini dengan Ahlfeldt et al. (2005) yaitu mahasiswa yang mengalami pembelajaran

dengan metode berbasis masalah, serta jumlah rata-rata populasi per kelas yang mirip.

Selain mengisi kuesioner di atas, mahasiswa diminta untuk menyampaikan harapan dan masukan pada awal dan akhir semester perkuliahan. Dari 88 mahasiswa peserta kuliah yang diminta mengisi kuesioner, sebanyak 64% kuesioner yang dikembalikan. Jumlah tersebut dinilai memadai, di mana mengikuti persamaan Slovin, dibutuhkan minimal 47 responden untuk memenuhi tingkat kepercayaan survei 90%.

Teknik Analisis Data

Data dari kuesioner SPQ diuji validitas dan reliabilitasnya, serta dianalisis menggunakan *paired t-test* dengan hipotesis:

1. $H_0: \mu_1 = \mu_2$

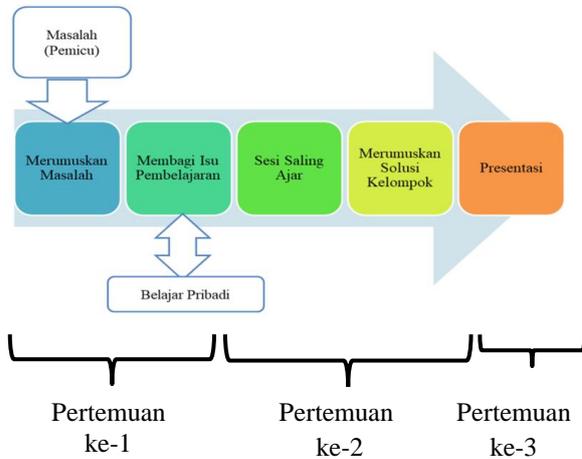
2. $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

dan tingkat kepercayaan 95%. Pengujian dan analisis tersebut dibantu dengan *software* SPSS.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penyusunan Capaian Pembelajaran, Materi, dan Pemicu

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, mata kuliah Industri Kimia



Gambar 1. Siklus pembelajaran berbasis masalah

Perumusan materi pembelajaran untuk mata kuliah baru ini menjadi tantangan tersendiri, dikarenakan tidak tersedianya buku teks yang secara spesifik memberikan panduan mengenai keberlanjutan yang dianggap sesuai bagi sarjana Teknik Kimia. Beberapa buku yang tersedia memberikan penekanan yang

Berkelanjutan merupakan mata kuliah yang ditempuh pada semester terakhir pendidikan di Teknik Kimia UNPAR, sehingga dalam merumuskan capaian pembelajarannya, perlu memperhatikan kedalamannya, mengikuti tingkatan pada taksonomi pembelajaran. Capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK) untuk Industri Kimia Berkelanjutan, sebagai berikut:

1. Mahasiswa mampu memahami konsep dasar keberlanjutan dalam industri kimia
2. Mahasiswa mampu memahami dan mengaplikasikan berbagai teknik untuk meminimalkan dampak lingkungan dari suatu proses produksi (*pollution prevention*)
3. Mahasiswa dapat melakukan analisa dan evaluasi sederhana terkait keberlanjutan industri kimia

CPMK yang disusun tersebut dianggap sesuai dengan metode pembelajaran berbasis masalah, karena menuntut mahasiswa untuk memecahkan masalah nyata di industri kimia (CPMK no 3), di mana dalam proses mencapai solusi tersebut, mahasiswa membutuhkan pemahaman dan penerapan berbagai konsep dasar terkait keberlanjutan (CPMK no 1 dan 2).

berbeda, seperti integrasi proses (Klemeš, Friedler, Bulatov, & Varbanov, 2011), perancangan (Perl, 2016), *life cycle assessment* (LCA) (Klopffer & Grahl, 2014), selain juga terdapat konsep seperti *green chemistry*, *green engineering* (Marteel-Parrish & Abraham, 2014), dan *pollution prevention* (Dupont, Ganesan, & Theodore, 2017) yang relevan dengan konsep keberlanjutan. Berdasarkan kajian pustaka di atas, maka disusun materi dan pemicu untuk mata kuliah ini seperti disajikan pada Tabel 1. Secara umum mahasiswa dibekali dengan pengetahuan terhadap konsep keberlanjutan dan berbagai prinsip yang dapat mendukung tercapainya keberlanjutan (pertemuan 1-3), penerapan integrasi panas dan massa dalam mencapai keberlanjutan (pertemuan 4-6), analisa dan pengambilan keputusan berdasarkan hasil *life cycle analysis* (pertemuan 7-9) dan *profitability analysis* (pertemuan 10-12). Pada Tabel 1 juga disertakan sub capaian pembelajaran mata kuliah (sub CPMK) dan kaitannya dengan CPMK

Tabel 1. Rancangan pembelajaran berbasis masalah untuk mata kuliah Industri Kimia Berkelanjutan

Sub CPMK	Pemicu dan deskripsi	Solusi
<p>1. Mahasiswa dapat memahami pergeseran pengolahan limbah menjadi pengelolaan limbah (CPMK 1)</p> <p>2. Mahasiswa mengetahui aturan-aturan yang mendorong pengelolaan limbah (CPMK 1)</p> <p>3. Mahasiswa dapat memahami prinsip keberlanjutan (CPMK 1)</p> <p>4. Mahasiswa memahami berbagai prinsip (12 principles of green chemistry, 12 principles of green engineering, inherently safer design, pollution prevention, dsb.) yang dapat mewujudkan keberlanjutan di industri kimia (CPMK 2)</p> <p>5. Mahasiswa dapat melakukan analisa dan evaluasi sederhana untuk memilih suatu proses di industri kimia yang mendukung terwujudnya keberlanjutan (CPMK 3)</p>	<p>Pertemuan 1-3:</p> <p>Kajian dekafeinasi kopi menggunakan teknologi ekstraksi organik, <i>swiss water</i> dan fluida superkritik CO₂.: Mahasiswa diminta melakukan kajian terhadap ketiga proses ekstraksi kafein dari kopi, meliputi kondisi proses, limbah yang dihasilkan, kualitas produk, dsb. Berdasarkan kajian tersebut, mahasiswa menggunakan berbagai prinsip keberlanjutan untuk menentukan proses yang paling “<i>sustainable</i>”.</p>	<p>Teknologi ekstraksi dengan pelarut organik paling tidak diinginkan karena menggunakan pelarut yang mudah terbakar dan bersifat toksik. Kesimpulan dari kajian mahasiswa mengerucut pada teknologi <i>swiss water</i> dan ekstraksi dengan fluida superkritik CO₂ dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing.</p>
<p>1. Mahasiswa dapat memahami pentingnya integrasi panas dan massa (terutama air) dalam mendukung keberlanjutan industri kimia (CPMK 2)</p> <p>2. Mahasiswa mampu melakukan analisa dan evaluasi sederhana, serta memberikan saran kualitatif untuk melakukan integrasi proses dari suatu proses industri kimia (CPMK 3)</p>	<p>Pertemuan 4-6:</p> <p>Integrasi panas dan massa dalam pabrik bioetanol dari jagung: Mahasiswa disajikan <i>process flow diagram</i> dari pabrik bioetanol yang belum terintegrasi panas dan massanya. Mahasiswa diminta melakukan kajian kualitatif terhadap upaya-upaya integrasi yang mungkin dilakukan, serta dampaknya terhadap keberlanjutan dari pabrik tersebut.</p>	<p>Solusi mencakup daftar aliran panas dan aliran dingin yang dapat dipertukarkan dari pabrik bioetanol untuk kasus integrasi panas. Untuk kasus integrasi massa, kajian bertitik berat pada penggunaan kembali air proses untuk berbagai keperluan, serta mengusulkan pengolahan sederhana yang memungkinkan pemanfaatan kembali air proses.</p>
<p>1. Mahasiswa memahami konsep dan prinsip dasar analisa siklus hidup (LCA), <i>life cycle inventory</i> (LCI), dan <i>life cycle impact assessment</i> (LCIA) (CPMK 1)</p> <p>2. Mahasiswa dapat melakukan analisa dan evaluasi terhadap hasil LCA dari dua atau lebih pilihan produk/ sistem proses dari sisi dampaknya terhadap lingkungan (CPMK 3)</p>	<p>Pertemuan 7-9:</p> <p><i>Life cycle analysis</i> pembangkit listrik tenaga batu bara dan sekam padi: Mahasiswa disajikan berbagai data hasil LCA dari pembangkit listrik yang menggunakan batu bara dan sekam padi. Berdasarkan hasil kajian LCA, mahasiswa diminta menentukan bahan bakar yang potensial digunakan pada pembangkit listrik.</p>	<p>Berdasarkan kesimpulan dari LCI, LCIA, dan LCA, penggunaan sekam padi berpotensi menggantikan batu bara karena memberikan dampak lingkungan dan sosial yang lebih minim dibandingkan batu bara.</p>

<p>1. Mahasiswa memahami pentingnya analisa ke-ekonomi-an dalam rangka mengambil keputusan terkait modifikasi proses dalam rangka mencapai keberlanjutan (CPMK 1)</p> <p>2. Mahasiswa dapat melakukan analisa ke-ekonomi-an dengan kaitannya terhadap modifikasi proses, atau pemilihan proses dalam rangka mencapai keberlanjutan (CPMK 3)</p>	<p>Pertemuan 10-12: <i>Profitability analysis</i> dalam <i>recovery</i> limbah gas buang pabrik ammoniak: Mahasiswa diberi 3 alternatif teknologi, yaitu <i>cryogenic</i>, teknologi membran, dan <i>pressure swing adsorption</i> untuk <i>recovery</i> komponen berharga dari <i>purge gas</i> pabrik ammoniak. Dari 3 teknologi tersebut mahasiswa melakukan kajian, terutama dari sisi ekonomi dalam rangka mencapai keberlanjutan industri tsb.</p>	<p>Mahasiswa melakukan perhitungan terhadap <i>capital cost</i>, <i>operating/manufacturing cost</i>, keuntungan dari <i>recovery</i>, lalu melakukan analisis ekonomi sederhana (<i>payback period</i>). Berdasarkan kajian keberlanjutan dan analisa ekonomi, teknologi mi, teknologi <i>cryogenic</i> merupakan teknologi yang paling <i>feasible</i> untuk kasus yang diberikan.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner SPQ

Pengujian validitas dilakukan dengan menghitung nilai R untuk 2 faktor pada kuesioner SPQ (*deep approach*- DA dan *surface approach*- SA) dan membandingkannya dengan R tabel (0,2133) dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji validitas disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa kuesioner SPQ yang digunakan valid.

Tabel 2. Hasil uji validitas variabel penelitian

Faktor	R hitung (pre test)	R hitung (post test)	R tabel	Keterangan
DA	0,562	0,765	0,2133	valid
SA	0,611	0,646	0,2133	valid

Lebih lanjut uji reliabilitas dilakukan dengan menghitung nilai *Cronbach's alpha* untuk setiap kategori dari data hasil *pre-test* dan *post test*. Data yang diperoleh disajikan pada Tabel 3. Kedua faktor yang diuji memberikan nilai *Cronbach's alpha* lebih besar dari 0,7 sehingga dapat disimpulkan bahwa kuesioner yang digunakan cukup reliabel.

Tabel 3. Hasil uji reliabilitas variabel penelitian

Faktor	α pre-test	α post-test	Keterangan
DA	0,713	0,757	reliabel
SA	0,751	0,788	reliabel

Evaluasi Kegiatan Pembelajaran

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pelaksanaan kegiatan belajar mengajar dievaluasi dengan menggunakan kuesioner *Study Process Questionnaires* (SPQ) (Biggs et al., 2001) untuk melihat perubahan pendekatan belajar (*surface* dan *deep approach*) mahasiswa. Secara umum kuesioner ini memberikan gambaran pada dua golongan mahasiswa, *deep approach* (DA) dan *surface approach* (SA).

DA merupakan golongan mahasiswa yang memiliki keinginan lebih dalam pembelajaran, seperti memahami bahan kuliah dan melakukan evaluasi secara kritis, lalu saling mengaitkan dengan pengetahuan sebelumnya (Biggs et al., 2001). Di sisi lain, mahasiswa yang tergolong SA hanya sekedar mengulang pelajaran untuk tes, dan cenderung menghafal bahan. Menurut Dolmans, et al (2016) motivasi belajar mahasiswa juga bergantung dari metode pembelajaran yang digunakan. DA dan SA sendiri terbagi menjadi empat sub faktor, yaitu *deep motive* (DM), *deep strategy* (DS), *surface motive* (SM), dan *surface strategy* (SS). Hasil pengukuran mahasiswa peserta Industri Kimia Berkelanjutan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Pre-test* dan *post-test* pendekatan belajar mahasiswa

Aspek	<i>pre-test</i> (<i>std dev</i>)	<i>post-test</i> (<i>std dev</i>)	Selisi h	p- value
<i>Deep Approach</i> (DA)	33,111 (4,820)	34,796 (4,401)	+1,68 5	0,057
<i>Deep Motive</i> (DM)	16,500 (2,957)	17,407 (2,383)	+0,90 7	0,055
<i>Deep Strategy</i> (DS)	16,611 (2,491)	17,389 (2,302)	+0,77 8	0,128
<i>Surface Approach</i> (SA)	31,630 (5,104)	29,759 (5,054)	-1,87	0,070
<i>Surface Motive</i> (SM)	15,148 (3,098)	14,241 (3,065)	-0,907	0,147
<i>Surface Strategy</i> (SS)	16,481 (2,583)	15,519 (2,501)	-0,963	0,068

Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan pada nilai DA, dan sub faktornya DM dan DS, serta penurunan nilai SA dan sub faktornya SM dan SS, sekalipun belum signifikan. Jika diamati lebih lanjut pada butir-butir pertanyaan SPQ, maka didapati beberapa butir pertanyaan yang mengalami perubahan signifikan yang disajikan pada Tabel 5. Kecenderungan yang serupa dengan hasil penelitian ini telah dilaporkan oleh beberapa peneliti sebelumnya (Abraham, Vinod, Kamath, Asha, & Ramnarayan, 2008; Mok, Dodd, & Whitehill, 2009; Serife, 2011). Pelaksanaan pembelajaran berbasis masalah memacu dan menuntut mahasiswa untuk dapat berperan secara aktif dan mandiri dalam pembelajarannya. Mahasiswa juga diberikan kebebasan untuk mengeksplorasi sumber pustaka dan solusi dari masalah yang diberikan, sehingga secara tidak langsung dapat mempengaruhi motivasi dan strategi belajar mahasiswa (Dolmans, Loyens, Marcq, & Gijbels, 2016). Hal ini sejalan dengan butir pertanyaan yang berubah signifikan (Tabel 5), yaitu mahasiswa tidak menganggap mata kuliahnya menarik sehingga upaya yang diberikan minimal (SM no 7), mahasiswa menghabiskan waktu untuk mencari topik

menarik untuk didiskusikan di kelas (DS no 14), dan mahasiswa mencari bahan bacaan yang terkait dengan kuliah yang diambil (DS no 18).

Tabel 5. Butir pertanyaan yang signifikan pada tes SPQ

Pertanyaan	<i>pre-test</i> (<i>std dev</i>)	<i>post-test</i> (<i>std dev</i>)	Selisi h	p- value
SM no 7	3,000 (1,064)	2,537 (0,770)	-0,463	0,016
DS no 14	2,667 (0,911)	3,111 (0,744)	+0,44 4	0,009
DS no 18	2,759 (0,799)	3,130 (0,778)	+0,37 0	0,015

Lebih lanjut, di akhir kegiatan perkuliahan, mahasiswa diminta untuk mengisi kuesioner keaktifan dalam kegiatan belajar mengajar menggunakan pembelajaran berbasis masalah. Hasil tersebut disajikan pada Tabel 6 dan 7. Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa mahasiswa merasa duntutu untuk aktif dalam diskusi dan bekerja di dalam tim, berpikir kritis (bukan sekedar menghafal), serta mengaplikasikan keterampilan dalam pembelajaran berbasis masalah. Hasil pada Tabel 6 dapat diolah lebih lanjut berdasarkan kelompok pertanyaan, yaitu pembelajaran kooperatif (no 1-4), tingkat kognitif (no 5-9), dan keterampilan personal (no 10-14), disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa secara umum, PBL menuntut mahasiswa untuk aktif bekerja secara kooperatif (2,97), menuntut level kognisi yang lebih tinggi (2,78), dan menuntut keterampilan personal (2,99).

Tabel 6. Survey keaktifan mahasiswa di dalam kelas PBL (skala 1-4) (Ahlfeldt et al., 2005)

No	Aspek	Skor (std dev)
1	Bertanya di kelas, atau berkontribusi pada diskusi	2,815 (0,640)
2	Bekerja dengan mahasiswa lain untuk menyelesaikan project kelompok di kelas	3,352 (0,582)
3	Bekerja dengan mahasiswa lain di luar kelas untuk menyelesaikan tugas	2,870 (0,771)
4	Mengajarkan topic perkuliahan kepada mahasiswa lain di kelas)	2,870 (0,747)
5	Mengingat fakta, ide, atau cara kerja sehingga anda dapat mengulanginya sama persis	2,093 (0,482)
6	Menganalisa ide dasar, pengalaman, atau teori misal mempelajari kasus, atau situasi tertentu secara mendalam dengan memperhatikan berbagai komponen yang terkait	3,000 (0,638)
7	Mengumpulkan dan merumuskan ide, informasi, atau pengalaman dasar/ sederhana menjadi suatu hubungan atau interpretasi yang lebih rumit	2,926 (0,663)
8	Melakukan evaluasi terhadap informasi, pendapat, atau metode, seperti bagaimana rekan kelompok mengumpulkan dan menginterpretasi data, serta menilai ketepatan kesimpulan yang diambil	3,000 (0,577)
9	Mengaplikasikan teori atau konsep pada masalah praktis atau pada situasi baru	2,889 (0,567)
10	Memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang berkaitan dengan kerja atau karir seorang engineer	3,000 (0,609)
11	Menulis dengan jelas, akurat, dan efektif	2,944 (0,524)
12	Berpikir secara kritis dan/atau analitis	3,019 (0,652)

13	Belajar dengan efektif secara mandiri sehingga anda dapat melakukan identifikasi, mencari tahu, dan menyelesaikan tugas yang diberikan	2,963 (0,576)
14	Bekerja secara efektif dengan orang lain	3,037 (0,576)

Tabel 7. Respon keterlibatan mahasiswa berdasarkan aspeknya

Aspek	Rata-rata	Std Dev
Pembelajaran kooperatif	2,976	0,685
Tingkat kognitif	2,954	0,611
Keterampilan personal	2,991	0,582

Hasil ini juga sejalan dengan komentar mahasiswa di akhir perkuliahan (disarikan di Tabel 8), di mana dalam mata kuliah ini mahasiswa menjadi lebih aktif dan mandiri dalam kegiatan belajar mengajar, serta mengasah kemampuan berpikir kritis. Di sisi lain pembelajaran berbasis masalah ini dianggap memberikan beban tambahan karena dilaksanakan di semester 8, bersamaan dengan tugas akhir.

Tabel 8. Harapan dan kesan mahasiswa terhadap kegiatan perkuliahan

Harapan di awal perkuliahan	Kesan di akhir perkuliahan
<ul style="list-style-type: none"> Melatih kemampuan <i>problem solving</i>, berpikir kritis 	<ul style="list-style-type: none"> Menarik, (topik bahasan) jadi lebih mudah dimengerti, mengasah kemampuan berpikir (kritis)
<ul style="list-style-type: none"> Mengasah keterampilan (<i>soft skills</i>) dan kerja kelompok 	<ul style="list-style-type: none"> (Dapat) belajar lebih aktif, aplikatif, dan bekerja sama
<ul style="list-style-type: none"> Dapat memahami kuliah, tidak hanya menghafal 	<ul style="list-style-type: none"> Beban pekerjaan sangat besar karena bersamaan dengan tugas akhir

Simpulan dan Saran

Simpulan

Rumusan pembelajaran berbasis masalah pada mata kuliah Industri Kimia Berkelanjutan dapat mengakomodir tuntutan SN DIKTI, di mana pembelajaran yang telah dilakukan berpusat pada mahasiswa, serta mengakomodir aspek capaian pembelajaran lulusan (CPL) pengetahuan, keterampilan umum dan khusus, serta sikap.

Berdasarkan hasil-hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan kegiatan pembelajaran berbasis masalah pada mata kuliah Industri Kimia Berkelanjutan, berhasil memberikan peningkatan DA dan penurunan SA pada mahasiswa, sekalipun belum signifikan. Hal ini dimungkinkan karena metode pembelajaran PBL yang menuntut keaktifan mahasiswa di kelas dalam kelompok-kelompok kecil untuk menyelesaikan masalah (*cooperative learning*), selain juga membutuhkan pemahaman lebih (*cognitive level*) serta mengasah keterampilan pribadi (*personal skills*) dalam bentuk kemampuan berkomunikasi, kerja kelompok, atau pun berpikir kritis.

Saran

Untuk pelaksanaan berikutnya perlu diformulasikan kembali tugas pribadi dan kelompok yang dikumpulkan, sehingga tidak dianggap terlalu membebani mahasiswa karena pelaksanaan kuliah ini bersamaan dengan tugas akhir.

Ucapan Terima Kasih

Kegiatan pembelajaran dan penelitian ini dibiayai oleh Hibah Pengembangan Metode Pembelajaran dari Pusat Inovasi Pembelajaran (PIP) UNPAR dengan kontrak No III/PIP/2019-03/028-I. Penulis mengucapkan terima kasih atas pembiayaan yang diberikan.

Daftar Pustaka

Abraham, R. R., Vinod, P., Kamath, M. G., Asha, K., & Ramnarayan, K. (2008). Learning approaches of undergraduate medical students to physiology in a non-PBL- and partially PBL-oriented curriculum. *Adv Physiol Educ* 32, 35–37.

Ahlfeldt, S., Mehta, S., & Sellnow, T. (2005). Measurement and analysis of student

engagement in university classes where varying levels of PBL methods of instruction are in use. *Higher Education Research & Development*, 24(1), 5–20.

- Biggs, J. B. (1987). *The Study Process Questionnaire (SPQ): Manual*. Hawthorn: Australian Council for Educational Research.
- Biggs, J. B., Kember, D., & Leung, D. Y. P. (2001). The Revised Two Factor Study Process Questionnaire: R-SPQ-2F. *British Journal of Educational Psychology*, 71, 133-149.
- Dolmans, D. H. J. M., Loyens, S. M. M., Marcq, H. I. n., & Gijbels, D. (2016). Deep and surface learning in problem-based learning: a review of the literature. *Adv in Health Sci Educ*, 21, 1087–1112.
- Dupont, R. R., Ganesan, K., & Theodore, L. (2017). *Pollution Prevention: Sustainability, Industrial Ecology, and Green Engineering Second Edition* Boca Raton: CRC Press.
- Kemenristekdikti. (2015). *Peraturan Menteri Ristekdikti no 44 tentang Standard Nasional Pendidikan Tinggi*.
- Klemeš, J., Friedler, F., Bulatov, I., & Varbanov, P. (2011). *Sustainability in the Process Industry Integration and Optimization* McGraw-Hill.
- Klopffer, W., & Grahl, B. (2014). *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*: Wiley-VCH.
- Marteel-Parrish, A. E., & Abraham, M. A. (2014). *Green Chemistry and Engineering: A Pathway to Sustainability*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Mok, C. K. F., Dodd, B., & Whitehill, T. L. (2009). Speech-language pathology students' approaches to learning in problem-based learning curriculum. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 11(6), 472–481.

- Perl, J. (2016). *Sustainability Engineering: A Design Guide for the Chemical Process Industry*: Springer.
- Serife, A. K. (2011). The effects of computer supported problem based learning on students' approaches to learning. *Current Issues in Education*, 14(1), 1-19.
- Wiek, A., Xiong, A., Brundiers, K., & Leeuw, S. v. d. (2014). Integrating problem- and project-based learning into sustainability programs A case study on the School of Sustainability at Arizona State University. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 15(4), 431-449.
- Wilkinson, M. (2000). Sustainable Development and IChemE. *Trans IChemE*, 78, 236.