

## **Pembelajaran Teknologi Fermentasi dengan Menggunakan *Experiential learning* dan *Computer Aided Learning***

**Lieke Riadi & Akbarningrum Fatmawati**

Jurusan Teknik kimia, Universitas Surabaya, Jl. Raya Kalirungkt Surabaya 60292

**Abstrak.** Pembelajaran Teknologi Fermentasi merupakan bagian dari pembelajaran rekayasa proses yang menggunakan mikroorganisme sebagai biokatalis. Pengajaran ini melibatkan proses persiapan bahan, proses sterilisasi, proses kinetika pertumbuhan mikroorganisme, proses agitasi dan aerasi sampai pada proses pemisahan dan purifikasi produk fermentasi. Untuk meningkatkan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, maka digunakan berbagai teknologi pengajaran yang cukup inovatif agar tujuan pembelajaran yang diharapkan dapat dicapai. Dalam pembelajaran ini, digunakan berbagai metode pembelajaran dan manajemen kelas yang inovatif untuk meningkatkan proses belajar mahasiswa, yaitu metode *experiential learning*, *computer aided learning* dan *peer based learning*. Di Jurusan Teknik Kimia Ubaya, Teknologi Fermentasi adalah mata kuliah pilihan yang dibuka hampir setiap semester. Mata kuliah ini menjadi cukup penting bagi mahasiswa Teknik Kimia yang memilih judul Tugas Akhir dan Penelitian dalam bidang bioproses. Dari pengalaman pengerjaan Tugas Akhir, terdapat kesulitan yang dihadapi mahasiswa dalam hal stoikiometri dan kinetika fermentasi, sterilisasi dan perancangan fermenter. Untuk mengatasi masalah tersebut, kami melakukan inovasi terhadap pengajaran Teknologi Fermentasi melalui penggunaan metode seperti disebutkan di atas. Metode *experiential learning* diaplikasikan pada materi Kinetika Fermentasi dan Sterilisasi dimana mahasiswa diberi kesempatan merancang eksperimen di laboratorium, mendiskusikan hasil eksperimen dalam kelompoknya dan mempresentasikan hasil tersebut di kelas. Selain itu telah dirancang software animasi pada topik Kinetika Fermentasi dan Perancangan Fermenter. Peningkatan kemampuan mahasiswa dalam menjelaskan kinetika fermentasi dan perhitungan waktu sterilisasi nampak pada aktifitas presentasi di kelas. Selain itu adanya bantuan animasi(*computer aided learning*) untuk perancangan fermenter, dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa yang nampak pada aktifitas diskusi perancangan fermenter di kelas. Metode *peer based learning* digunakan untuk membantu mahasiswa dalam pemahaman konsep separasi dan purifikasi produk.

**Kata kunci:** *computer aided learning, experiential learning, fermentasi, inovasi pembelajaran*

### **1 Pendahuluan**

Teknologi Fermentasi adalah mata kuliah pilihan yang selalu dibuka tiap semester di Jurusan Teknik Kimia Ubaya. Mata kuliah ini merupakan salah satu mata kuliah yang cukup penting karena menunjang Tugas Akhir dan penelitian mahasiswa apabila topiknya terkait Fermentasi. Mata kuliah Teknologi Fermentasi yang diajarkan di Teknik Kimia mencakup bagian inti dari teknologi bioproses karena banyak berhubungan dengan reaksi bioproses dan kinetika pertumbuhan mikroorganisme. Saat ini dibutuhkan proses pembelajaran yang meningkatkan semangat belajar mahasiswa untuk lebih memahami konsep Teknologi Fermentasi. Oleh sebab itu dilakukan upaya perbaikan pembelajaran mata kuliah Teknologi Fermentasi. Perbaikan yang dilakukan mencakup teknik penyampaian pembelajaran, pengelolaan kelas pembelajaran, evaluasi pembelajaran dan pemilihan media pembelajaran. Perbaikan penyampaian pembelajaran, pengelolaan kelas pembelajaran dan pemilihan media pembelajaran dilakukan dengan *experiential learning*,

peer based learning dan *computer aided learning* (CAL). Perbaikan desain evaluasi dilakukan sesuai dengan perbaikan pada pengelolaan kelas.

**Tabel 1** Tujuan dan manfaat perbaikan pembelajaran Teknologi Fermentasi

Topik	Tujuan Perbaikan	Manfaat Perbaikan
Kinetika pertumbuhan mikroorganisme	Mahasiswa dapat membedakan produk metabolisme primer dan sekunder terjadi pada fase pertumbuhan yang eksponensial atau stationer	Pemahaman yang mendalam terhadap konsep “growth associated” atau “non growth associated”  Pemahaman yang mendalam untuk tiap-tiap fase pertumbuhan
	Mahasiswa dapat menghitung neraca massa biomas	Kemampuan menghitung jumlah sel atau massa sel awal dan akhir dalam fermentor
	Mahasiswa dapat membedakan energi langsung dan tidak langsung yang terbentuk dari mekanisme proses reaksi pada kondisi aerob dan anaerob terkait dengan biochemical pathway	Kemampuan menuliskan mekanisme reaksi yang melibatkan terbentuknya direct energy dan indirect energy dengan mengacu pada biochemical pathway  Kemampuan menghitung neraca massa sel pada saat sel masuk ke fermentor dan setelah selesai fermentasi.
Sterilisasi	Mahasiswa dapat menggunakan tools perhitungan waktu sterilisasi dalam kasus yang diberikan dan menganalisa hasil perhitungannya apakah sesuai dengan kondisi riil	Kemampuan menggunakan konsep stokiometri untuk pembentukan sel Kemampuan untuk membuat rancangan untuk melakukan proses sterilisasi di laboratorium dan menganalisa hasil observasi  Kemampuan membedakan hasil perhitungan teoritis untuk proses sterilisasi dengan hasil observasi di laboratorium
	Desain fermenter	Mahasiswa dapat menggunakan perhitungan bejana fermentor dengan akurat, dan semua perangkat-perangkat yang dibutuhkan agar liability fermentor dapat dijamin  Kemampuan untuk menjelaskan fungsi masing- masing perangkat dan cara kerjanya

Media teknologi yang bisa digunakan dalam pembelajaran meliputi televisi dan video, komputer, serta audiotutorial (Wankat dan Oreovic[2]). Beberapa akademisi telah menggunakan *computer aided learning* dan pembelajaran berbasis komputer. Wofford dkk [3] melaporkan bahwa pembelajaran berbasis komputer dirasakan lebih efektif daripada menggunakan teknologi yang lama (*video tape*) dan *multimedia textbook*. Oliver dan Oliphant [1] menggunakan *computer aided learning* dan menyatakan bahwa kunci sukses dari CAL adalah seringnya mahasiswa berinteraksi dengan bagian tes dimana mahasiswa dapat memperoleh *feedback* dan petunjuk untuk mencari jawaban akhir. Perbaikan proses pembelajaran ini mempunyai tujuan dan manfaat yang ditunjukkan pada Tabel 1.

# Pembelajaran Teknologi Fermentasi dengan Menggunakan *Experiential Learning* dan *Computer aided learning*

## 2 Perumusan Masalah

Untuk menetapkan pengembangan metode pembelajaran yang tepat bagi mata kuliah ini, kami terlebih dahulu mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi mahasiswa pada saat mereka harus menerapkan konsep fermentasi. Hal ini dilakukan dengan melakukan survey terhadap mahasiswa yang mengambil Tugas Akhir dengan topik Fermentasi, melakukan evaluasi pembelajaran Teknologi Fermentasi dan melakukan observasi proses pembimbingan pada para pembimbing dan penguji Tugas Akhir dengan topik Fermentasi.

**Tabel 2** Hasil survey mahasiswa untuk mata kuliah Teknologi Fermentasi

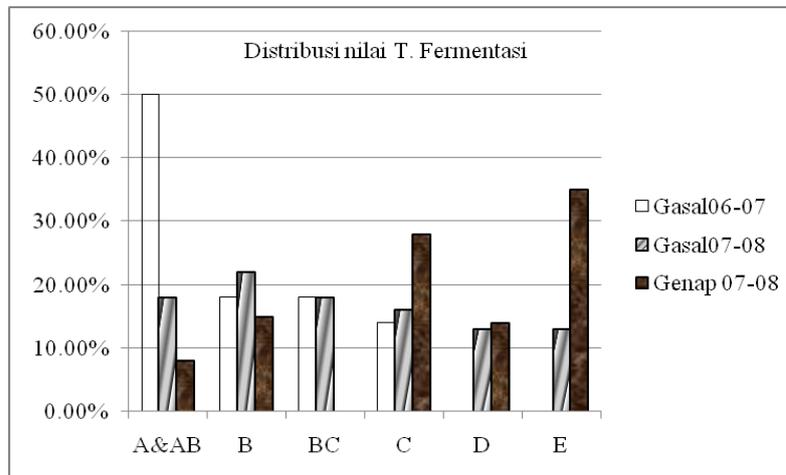
Pernyataan	Genap 2006/2007	Gasal 2007/2008	Genap 2007/2008
Topik-topik pada mata kuliah ini bermanfaat bagi mahasiswa	100%	100%	100%
Alur struktur materi berkesinambungan	100%	100%	80%
Materi kuliah yang diberikan sesuai dengan struktur materi yang direncanakan	100%	100%	100%
Handout, modul, diktat kuliah dan/atau buku referensi banyak membantu pemahaman materi	100%	100%	100%

Dari data survey (dengan 13 responden yang mengerjakan tugas akhir dengan topik fermentasi) diperoleh data sebagai berikut :

- Sebagian besar mahasiswa belum mengambil mata kuliah teknologi fermentasi (76.92 %)
- Sebagian mahasiswa belum memahami *biochemical pathway* ( 53.85 %)
- Neraca massa biomasa merupakan bagian tugas akhir yang paling sulit
- Sterilisasi dan reaksi *biochemical pathway* berada pada peringkat kedua materi tersulit dalam pengerjaan tugas akhir .
- Dosen yang menguasai topik fermentasi dan sumber-sumber buku serta internet memiliki peran penting sebagai sumber informasi.

Hasil evaluasi pembelajaran mata kuliah Teknologi fermentasi ini menunjukkan sebagian besar mahasiswa setuju untuk pernyataan-pernyataan yang tertulis pada Tabel. 2.

Dari tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa materi kuliah beserta alat bantu telah dipersiapkan dengan baik dan mahasiswa merasa bahwa materi kuliah juga bermanfaat. Namun, nilai akhir mahasiswa dalam matakuliah ini menunjukkan lemahnya pemahaman mahasiswa akan materi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1** Distribusi nilai Teknologi Fermentasi

Dari pengalaman sebagai pembimbing dan penguji Tugas Akhir dengan topik Fermentasi, diperoleh masukan :

- Mahasiswa kesulitan dalam menyusun stoikiometri reaksi fermentasi. Kesulitan ini akan berdampak pada pengerjaan bab Neraca Massa pada Tugas Akhir sehingga memperlama waktu pengerjaan Tugas Akhir.
- Mahasiswa masih belum mampu membedakan produk metabolisme primer dan sekunder, dan juga belum mampu membedakan antara produk fermentasi yang “*growth-associated*” dan yang “*non growth associated*”. Kesulitan membedakan metabolit primer dan sekunder ini juga berdampak pada pengerjaan bab Neraca Massa pada Tugas Akhir.
- Mahasiswa belum mampu membedakan perbedaan mendasar mekanisme reaksi yang melibatkan *biochemical pathway* pada kondisi aerobik dan anaerobik dengan tahapan pembentukan energi secara langsung dan tidak langsung.

### 3 Desain Perbaikan Proses Pembelajaran

#### 3.1 Teknik Penyampaian

Dari pengalaman pembelajaran Teknologi Fermentasi sebelumnya, terdapat beberapa permasalahan yang terkait dengan konsep kinetika pertumbuhan mikroorganisme. Permasalahan tersebut terletak pada :

- a) Lemahnya penguasaan konsep reaksi bioproses yang melibatkan *biochemical pathway*
- b) Kebingungan membedakan produk metabolisme primer dan metabolisme sekunder
- c) Penggunaan model pertumbuhan biomas untuk menghitung neraca massa biomas dalam fermentor.

Untuk mengatasi permasalahan pada butir a) dan b), konsep perbaikan dilakukan dengan menggunakan *computer aided learning* (CAL). Hal ini dilakukan dengan membuat

## Pembelajaran Teknologi Fermentasi dengan Menggunakan *Experiential Learning* dan *Computer aided learning*

animasi komputer untuk membantu meningkatkan pembelajaran mahasiswa. Permasalahan butir (c) diatasi dengan merancang studi kasus yang diambil dari beberapa topik Tugas Akhir yang sudah pernah dilakukan, dan akan dapat diakses oleh mahasiswa melalui web-based learning yang dapat menjadi sarana self-study. Selain itu juga dilakukan perbaikan dengan metode experiential learning. Pada metode *experiential learning* ini mahasiswa diminta untuk membuat goal setting, melakukan percobaan, observasi, membuat review, serta melakukan perhitungan neraca massa biomas. *Experiential learning* untuk topik ini dilakukan dalam kelompok dengan 2 orang per kelompok.

Permasalahan yang terkait dengan konsep sterilisasi terdapat pada perhitungan waktu sterilisasi yang terdiri dari tiga tahap. Konsep perbaikan untuk topik ini dilakukan dengan metode experiential learning. Hasil dari studi yang dilakukan untuk topik kinetika pertumbuhan mikroorganisme, digunakan sebagai kondisi awal kasus yang harus diselesaikan oleh mahasiswa dalam topik sterilisasi. *Experiential learning* untuk topik ini yang terdiri dari “goal setting, observasi, review” harus dilakukan secara mandiri oleh mahasiswa, meskipun proses sterilisasinya tetap dilakukan dalam kelompok yang terdiri dari 2 orang (kelompok *experiential learning* untuk topik kinetika pertumbuhan mikroorganisme). Hasil *experiential learning* akan dipresentasikan pada minggu pertama setelah Ujian Tengah Semester (UTS).

Permasalahan yang terkait dengan topik desain fermentor lebih terdapat pada kurangnya pemahaman kritis terhadap jenis dan fungsi serta cara kerja perangkat-perangkat yang ada di fermentor. Konsep perbaikan yang dilakukan adalah dengan *computer aided learning* berupa animasi perangkat-perangkat fermentor.

### 3.2 Pengelolaan Pembelajaran

Pengelolaan kelas pembelajaran dilakukan pada topik-topik Kinetika Pertumbuhan Mikroorganisme, Sterilisasi dan Desain Fermentor.

Pengelolaan kelas pada topik kinetika pertumbuhan mikroorganisme meliputi:

- Disediakan panduan untuk *experiential learning* di laboratorium yang memicu inisiatif diri dan evaluasi diri .
- Disediakan handout untuk diskusi dikelas terkait dengan hasil experiential learning
- Evaluasi *experiential learning* meliputi : keterlibatan dalam pengalaman konkret, kemampuan membuat tujuan, melakukan observasi, membuat review dan perencanaan aksi.

Pengelolaan kelas pada topik Sterilisasi meliputi:

- Disediakan panduan untuk *experiential learning* di laboratorium yang memicu inisiatif diri dan evaluasi diri
- Evaluasi *experiential learning* meliputi : keterlibatan dalam pengalaman konkret, kemampuan membuat tujuan, melakukan observasi, membuat review dan perencanaan aksi.

Pengelolaan kelas pada topik Desain Fermentor meliputi:

- Digunakan metode *peer-based learning* berupa diskusi kelompok yang akan dievaluasi dari aspek *soft skill* maupun kognitif.

### 3.3 Evaluasi Pembelajaran

Proses evaluasi pembelajaran yang telah dilakukan meliputi ujian, tugas project, dan soft skill. Evaluasi ini secara keseluruhan meliputi: evaluasi *experiential learning* (project), ujian tertulis untuk semua topik Teknologi Fermentasi dan evaluasi soft skill dilakukan melalui proses observasi (kemampuan menyampaikan pendapat/komunikasi, kemampuan bekerja sama, kemampuan memimpin diskusi). Evaluasi soft skill dilakukan dengan sistem rating untuk skala 1-5 dan dikonversikan dalam bentuk nilai kuantitatif. Secara umum hasil belajar mahasiswa dievaluasi melalui Nilai Tengah Semester/NTS (40% nilai total) dan Nilai Akhir Semester/NAS (60% nilai total). Pada pembelajaran Teknologi Fermentasi ini, bobot evaluasi keseluruhan adalah sebagai berikut :

- *Experiential learning*: 40 % Nilai Tengah Semester (NTS)
- Presentasi *experiential Learning*: 10 % NTS
- Ujian Tengan Semester (UTS): 50 % NTS
- Nilai *Soft skill*: 15 % nilai total
- Ujian Akhir Semester (UAS): 45 % nilai total

## 4 Implementasi dan Hasil yang dicapai

Strategi pelaksanaan pembelajaran Teknologi Fermentasi dengan menggunakan reciprocal teaching, *experiential learning* dan Computer aided learning, Peer based learning dilakukan dalam 14 minggu. Pada awalnya dilakukan *pre test* beberapa konsep kinetika order satu yang terkait dengan topik kinetika pertumbuhan mikroorganisme dan kinetika sterilisasi. Dari 17 peserta, ada 5 peserta yang mendapatkan nilai di bawah standar. Persiapan matrikulasi tidak dilakukan bagi 5 peserta tersebut, karena strategi pembelajaran pada topik pertumbuhan mikroorganisme dan sterilisasi dilakukan dengan *computer aided learning* dan *experiential learning*. Tabel 3 menunjukkan implementasi pelaksanaan perbaikan desain pembelajaran.

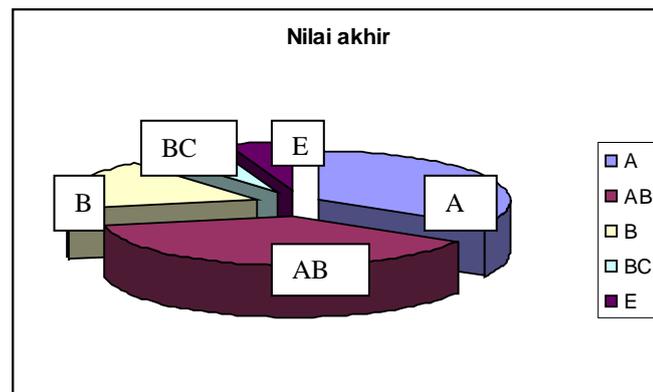
**Tabel 3** Implementasi perbaikan proses pembelajaran

Minggu	Topik	Strategi Pelaksanaan
1	Pendahuluan	Reciprocal teaching
2,3,4	Konsep pertumbuhan mikroorganisme	<i>Computer aided learning</i> dan <i>experiential learning</i>
5,6,7	Konsep sterilisasi	Reciprocal teaching dan <i>experiential learning</i>
8	Konsep pertumbuhan mikroorganisme dan Konsep sterilisasi	Group presentation
9, 10	Konsep sterilisasi	Reciprocal teaching

## Pembelajaran Teknologi Fermentasi dengan Menggunakan *Experiential Learning* dan *Computer aided learning*

Minggu	Topik	Strategi Pelaksanaan
11,12	Desain fermentor	Reciprocal teaching, computer aided learning, peer based learning
13,14	Purifikasi produk dan Wrap up	Reciprocal teaching, peer based learning

Hasil nilai akhir peserta mata kuliah Teknologi Fermentasi dapat dilihat pada gambar 2. Peserta yang mendapat nilai A sebesar 33.3 %, nilai AB = 38.9 %, B = 16.7 %, BC = 5.55 %, E = 5,55 %. Nilai E disebabkan karena tilang presensi.



**Gambar 2** Hasil nilai akhir T. Fermentasi

Indikator keberhasilan yang dirancang untuk perbaikan proses pembelajaran ini dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4** Indikator keberhasilan

Parameter	target	capaian
Indeks kepuasan mahasiswa terhadap proses perbaikan pembelajaran untuk semua topik	3.0	> 3.0
Mahasiswa peserta T. fermentasi mendapatkan nilai $\geq$ B	70 %	90 %
Mahasiswa peserta T. fermentasi mempunyai kemampuan menyampaikan pendapat/komunikasi (skala $\geq$ 3 dari 5 skala)	60 %	88.2 %
Mahasiswa mampu menjelaskan konsep topik <i>experiential learning</i> pada saat presentasi melalui penjelasan monolog dan tanya jawab (skala $>$ 3 dari 5 skala)	50 %	76.5 %

Dari hasil evaluasi terhadap pelaksanaan *experiential learning* (EL), CAL, peer based discussion, diperoleh data seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5** Hasil evaluasi pelaksanaan perbaikan proses pembelajaran

<b>Evaluasi</b>	<b>Bidang Inovasi Pembelajaran</b>	<b>Indeks(1-5)</b>
<i>Experiential learning</i> (EL) membantu pemahaman topik “Kinetika Pertumbuhan Mikroba” dan “sterilisasi”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan dan penetapan metode penyampaian/pencapaian pembelajaran</li> <li>• Manajemen kelas</li> </ul>	3,88
Laporan EL membantu mahasiswa untuk dapat berinisiatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan sarana-prasarana pembelajaran</li> </ul>	3,52
Presentasi hasil EL berguna untuk pemahaman materi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan dan penetapan metode penyampaian/pencapaian pembelajaran</li> <li>• Manajemen kelas</li> </ul>	3,94
Petunjuk EL mudah dipahami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan sarana-prasarana pembelajaran</li> </ul>	3,52
Animasi topik “Kinetika Pertumbuhan Mikroba” membantu pemahaman materi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan sarana-prasarana pembelajaran</li> </ul>	4,35
Animasi topik “Desain Fermentor” membantu pemahaman materi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan sarana-prasarana pembelajaran</li> </ul>	4,47
Petunjuk untuk Peer based learning mudah dipahami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan sarana-prasarana pembelajaran</li> </ul>	3,65
Worksheet membantu pemahaman topik “Desain Fermentor”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan sarana-prasarana pembelajaran</li> </ul>	4,11
Worksheet topic “Recovery dan Purifikasi” membantu pemahaman	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan sarana-prasarana pembelajaran</li> </ul>	4

## 5 Kesimpulan

Dari hasil perbaikan pembelajaran Teknologi Fermentasi dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Konsep perbaikan yang dirancang untuk meningkatkan pengetahuan mahasiswa terkait topik kinetika pertumbuhan mikroorganisme , sterilisasi dan desain fermentor mencapai sasaran yang diharapkan.
2. Tujuan dan manfaat yang diharapkan pada saat desain perbaikan dilakukan dapat dicapai melalui metode *experiential learning*, *peer based learning* dan animasi pembelajaran.
3. Indikator yang digunakan untuk mengukur keberhasilan perbaikan pembelajaran T. Fermentasi dapat tercapai sesuai target yang diharapkan .

## 6 Daftar Pustaka

- [1] Oliver, A.W., Oliphant, J., *A computer-aided learning program for teaching effective stress to undergraduates*, Geotechnical and Geological Engineering 17, 85–97, 1999.
- [2] Wankat, P., Oreovic, F.S., *Teaching Engineering*, Knovel Publisher, 1993.
- [3] Wofford, M.M., Spickard, A.W., wofford, J.L., *The Computer-Based Lecture*, J. Gen. Intern. Med. 16, 464-467, 2001.