PENGGUNAAN VIRTUAL LAB UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN MAHASISWA PENDIDIKAN BIOLOGI DALAM MENGGUNAKAN ALAT-ALAT MIKROBIOLOGI

Catarina Retno Herrani
Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA,
Fakultas Keguruan dan Ilmu Kependidikan, Universitas Sanata Dharma,
Mrican, Tromol Pos 29, Yogyakarta
E-mail: retnoherrani@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam menggunakan alat-alat mikrobiologi dengan *virtual lab*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Sumber data adalah 45 orang mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Sanata Dharma yang mengikuti perkuliahan Mikrobiologi. Penelitian ini dibagi dalam dua kelas yakni kelas A adalah kelas dengan perlakuan *virtual lab* dan kelas B adalah kelas tanpa *virtual lab*. *Virtual lab* yang digunakan ada dua yakni teknik isolasi mikrobia secara *streak plate* dan pengecatan gram. Pengumpulan data diperoleh melalui hasil *post-test* dan tes unjuk kerja. Rata-rata hasil *post-test* yang diperoleh kelas A 61,25, sedangkan kelas B 53,41. Hasil uji t nilai *post-test* menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Jika dibandingkan dengan kelas B, hasil tes unjuk kerja di kelas A menunjukkan jumlah congkelan pada media pertumbuhan sedikit, jumlah kontaminasi bakteri dan jamur sedikit, hasil *streak plate* jelas, jumlah kuadran yang ditumbuhi bakteri yang diinginkan lebih dari banyak. Dengan demikian, penggunaan *virtual lab* dapat meningkatkan keterampilan mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi dalam menggunakan alat-alat mikrobiologi, meskipun peningkatan nilai *post-test* tidak signifikan.

ABSTRACT

The research aims to increase university student skills to use microbiology laboratory equipment with a virtual lab. This was experimental research. The data consisted of 45 Microbiology students of the Biology Education Study Programme of Sanata Dharma University. The participants were divided into two groups, namely group A with virtual lab treatments and group B without virtual lab treatments. The virtual lab treatments included the streak plate technique and gram staining technique. Research data were collected from post-test results and laboratory work results. The average result of the post-test for group A was 61.25 and for group B was 53.41. The T-test results of the post-test showed no significant difference between the two groups. If laboratory work results of the two groups were compared, group A showed a few damages in growth media, a little bacterial contamination, clear streake plate results, and a greater number of quadrants containing bacteria. Thus, virtual lab application can improve the laboratory work skills of the students of the Biology Education Study Programme of Sanata Dharma University to use microbiology equipment despite the insignifant improvement of the post-test results.

Kata kunci: *virtual lab*, keterampilan, alat-alat mikrobiologi

PENDAHULUAN

Mikrobiologi merupakan cabang dari ilmu biologi yang mempelajari mikroorganisme. Praktikum Mikrobiologi diberikan dengan tujuan untuk mendukung secara langsung materi kajian dalam perkuliahan dan memberi bekal pengalaman serta keterampilan dasar bagi mahasiswa tentang teknik-teknik dasar yang banyak digunakan di bidang Mikrobiologi. Kompetensi yang diharapkan setelah mengikuti mata kuliah Mikrobiologi adalah mahasiswa mampu memahami teknik dasar dalam Mikrobiologi yang meliputi keterampilan menggunakan alat, teknik sterilisasi, teknik pemindahan dan isolasi mikrobia

secara aseptis, dan teknik pengecatan. Teknik-teknik tersebut merupakan teknik dasar yang banyak digunakan dalam penelitian mikrobiologi sehingga diharapkan mahasiswa memperoleh bekal pengalaman dan keterampilan yang cukup. Selain itu, bekal pengalaman dan keterampilan yang diperoleh dalam praktikum mikrobiologi akan mendukung kegiatan perkuliahan Bioteknologi pada semester 6 dan Mikrobiologi Industri yang ditawarkan di semester 7.

Pembelajaran dengan Pendekatan Keterampilan Proses melalui Praktikum

Dalam bidang pendidikan disadari perlunya menghubungkan antara teori dan praktek. Hubungan antara teori dan praktek bersifat integratif, di mana teori dan praktek secara bergantian dan bertahap saling mengisi, saling mencari dasar, dan saling mengkaji. Sehubungan kaitan antara teori dan praktek inilah laboratorium dan fasilitas lain dalam proses belajar-mengajar patut mendapat perhatian (Mustaji, 2009).

Pembelajaran dengan pendekatan keterampilan proses merupakan pembelajaran yang ideal bagi pemenuhan tuntutan penerapan proses sains serta sikap ilmiah. Secara umum, pembelajaran dengan pendekatan keterampilan proses ini dapat dilakukan melalui pembelajaran model inkuiri atau pembelajaran berbasis praktikum. Praktikum dapat diartikan sebagai suatu rangkaian kegiatan yang memungkinkan seseorang menerapkan atau mempraktikkan keterampilan. Praktikum memiliki peluang untuk mengembangkan dan menerapkan keterampilan proses sains dan sikap ilmiah dalam rangka memperoleh pengetahuannya (Subiantoro, 2012).

Keberadaan laboratorium mikrobiologi dalam proses pembelajaran sains sangat penting. Laboratorium adalah tempat bagi peserta untuk melakukan praktik-praktik dari teori yang diberikan di kelas oleh pengajar sehingga memiliki pemahaman yang lebih kuat terhadap materi yang dipelajari. Namun mungkin karena keterbatasan dana, tidak semua tempat pendidikan bisa memiliki laboratorium yang memadai. Kendala yang sering dihadapi adalah laboratorium masih mengalami keterbatasan jumlah maupun kelengkapan alat, keterbatasan persediaan bahan kimia serta mahalnya alat dan harga bahan kimia. Selain itu, kendala yang lain adalah masih minimnya keterampilan mahasiswa dalam menggunakan alat-alat mikrobiologi. Hal ini disebabkan

karena saat mengikuti praktikum mikrobiologi, ada banyak peralatan yang baru pertama kali dikenal, dipelajari fungsi serta penggunaannya oleh mahasiswa. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut dan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran adalah dengan memanfaatkan media pembelajaran berbasis multimedia interaktif berupa *virtual lab* (Mustaji, 2009).

Laboratorium merupakan tempat untuk melatih mahasiswa dalam hal keterampilan melakukan praktik, demonstrasi, percobaan, penelitian, dan pengembangan ilmu pengetahuan. Laboratorium yang dimaksud di sini tidak hanya berarti ruangan atau bangunan yang dipergunakan untuk percobaan ilmiah, misalnya dalam bidang sains (*science*), biologi, kimia, fisika, teknik, dan sebagainya; melainkan juga termasuk tempat aktivitas ilmiahnya sendiri baik berupa percobaan/eksperimen, penelitian/riset, observasi, demonstrasi yang terkait dalam kegiatan belajar-mengajar (Mustaji, 2009).

Pemanfaatan *Electronic Learning* dalam Pendidikan

Terobosan baru di bidang pendidikan yang terbukti mampu meningkatkan mutu dan kualitas pendidikan adalah adanya *electronic learning*. Kehadirannya banyak memberikan kontribusi positif bagi aktivitas dan proses pendidikan (Suparno, 2002). Menurut Putra (2009), dengan *electronic learning* kita bahkan bisa memiliki laboratorium yang lengkap secara virtual.

Virtual Lab atau laboratorium virtual adalah serangkaian alat-alat laboratorium yang berbentuk perangkat lunak (*software*) komputer berbasis multimedia interaktif, yang dioperasikan dengan komputer dan dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium seakan-akan pengguna berada pada laboratorium sebenarnya. Ada 2 komponen penting dalam *virtual lab*, yaitu: simulasi dan animasi. Simulasi bertujuan menggambarkan lingkungan nyata dalam suatu sistem (Putra, 2004).

Laboratorium virtual potensial untuk memberikan peningkatan secara signifikan dan pengalaman belajar yang lebih efektif. Pengembangan laboratorium virtual ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan belajar yang dialami oleh peserta didik dan mengatasi permasalahan biaya dalam pengadaan alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan kegiatan praktikum. Pembelajaran multimedia dalam bentuk laboratorium virtual, secara

umum manfaat yang dapat diperoleh adalah proses pembelajaran menjadi lebih menarik, lebih interaktif, jumlah waktu mengajar dapat dikurangi, kualitas belajar dapat ditingkatkan dan proses belajar mengajar dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja (Reismeiyanto, 2009).

Menurut Farreira (2010), beberapa manfaat yang dapat diperoleh dengan menggunakan laboratorium virtual *online* antara lain: 1) mengurangi keterbatasan waktu, jika tidak ada cukup waktu untuk mengajari seluruh peserta didik di dalam lab hingga mereka paham; 2) mengurangi hambatan geografis, jika terdapat mahasiswa yang berlokasi jauh dari pusat pembelajaran; 3) ekonomis, tidak membutuhkan bangunan lab, alat-alat dan bahan-bahan seperti pada laboratorium konvensional; 4) meningkatkan kualitas eksperimen, karena memungkinkan untuk diulang; 5) meningkatkan efektivitas pembelajaran; 6) meningkatkan keamanan dan keselamatan, karena tidak berinteraksi dengan alat dan bahan kimia yang nyata. Sebaliknya, kelemahan dalam pemanfaatan Laboratorium Virtual *online* antara lain: 1) peserta didik harus *online* (terkoneksi internet) untuk menjalankan simulasi suatu praktikum, 2) keterbatasan pengetahuan mengenai tata cara pelaksanaan praktikum *online*, karena kebanyakan penyedia layanan *virtual lab* menggunakan bahasa Inggris sebagai bahasa pengantar, 3) kurangnya pengalaman secara riil di laboratorium nyata, sehingga terjadi kebingungan peserta didik dalam merangkai alat dan mengoperasikannya.

Penggunaan *virtual lab* ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan belajar yang dialami oleh mahasiswa terutama untuk melatih keterampilan penggunaan alat-alat mikrobiologi dan mengatasi permasalahan dalam pengadaan atau minimnya alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan kegiatan praktikum. Selain itu penggunaan *virtual lab* dapat meminimalkan tingkat kesalahan dalam menggunakan alat-alat mikrobiologi maupun kesalahan dalam melakukan tahapan atau prosedur kerja mikrobiologi. Dengan demikian dengan menggunakan *virtual lab* sebelum melakukan praktik yang sesungguhnya, mahasiswa diharapkan bisa melaksanakan praktikum secara maksimal. Selain itu dengan menggunakan *virtual lab* diharapkan bahan kimia yang dibutuhkan bisa diminimalkan, tidak membuang bahan karena terjadi kesalahan prosedur kerja atau terjadi kecerobohan yang menyebabkan

munculnya kontaminasi. Berdasarkan uraian permasalahan di atas, penelitian ini ditujukan untuk meningkatkan keterampilan menggunakan alat-alat mikrobiologi bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Sanata Dharma melalui penggunaan *virtual lab*.

METODE PENELITIAN

Subjek penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah 45 orang mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Sanata Dharma yang mengikuti perkuliahan Mikrobiologi. Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Pasteur. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu dengan memberikan dua perlakuan yang berbeda. Mahasiswa dibagi menjadi 2 kelas, yakni kelas yang tidak diperlakuan dengan *virtual lab* dan kelas yang diperlakukan dengan *virtual lab*. Kelas A merupakan kelas eksperimen yang diberi perlakuan asistensi praktikum dengan menggunakan *virtual lab* sebelum mahasiswa melakukan praktik yang sesungguhnya. Sebaliknya, kelas B merupakan kelas klasikal yang diberi perlakuan asistensi praktikum tanpa menggunakan *virtual lab*. Mahasiswa yang mengikuti praktikum di kelas B sebelum melakukan praktik yang sesungguhnya mendapatkan asistensi melalui penjelasan dari asisten dan demonstransi sesuai dengan yang tertulis dalam petunjuk praktikum.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data yang berasal dari hasil dua macam instrumen, yaitu tes tertulis yang berisi uraian cara kerja dan tes unjuk kerja. Tes tertulis dilakukan melalui *post-test* yang meliputi soal-soal mengenai fungsi alat dan bahan serta langkah kerja. Selanjutnya untuk mengetahui signifikasi peningkatan nilai *post-test* yang terkait dengan keterampilan menggunakan alat-alat dilakukan melalui uji t. Tes unjuk kerja meliputi: 1) keterampilan mahasiswa dalam mempersiapkan alat-alat praktikum; 2) keterampilan mahasiswa dalam mempersiapkan bahan dan media pertumbuhan mikrobia; 3) keterampilan mahasiswa dalam menggunakan alat-alat praktikum; 4) keterampilan mahasiswa dalam melakukan prosedur pembuatan media; 5) keterampilan mahasiswa dalam sterilisasi alat dan media; 6) keterampilan mahasiswa dalam melakukan praktik teknik isolasi secara aseptis; 7) keterampilan mahasiswa dalam melakukan praktik teknik

pengecatan gram pada mikrobia dengan benar. Pengumpulan data dilakukan mulai tanggal 22 Oktober 2013 sampai 4 Desember 2013.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Sanata Dharma merupakan program studi baru yang masih berusia 6 tahun. Prodi Pendidikan Biologi sudah memiliki laboratorium sendiri namun pelaksanaan praktikum khususnya praktikum mikrobiologi awalnya masih dilaksanakan di laboratorium mikrobiologi Fakultas Farmasi. Pada tahun 2012 Prodi Pendidikan Biologi harus melaksanakan praktikum mandiri maka muncul tiga kendala. Kendala pertama yakni adanya keterbatasan alat-alat praktikum antara lain ketersediaan cawan petri yang jumlahnya saat itu masih sangat terbatas. Padahal cawan petri sangat dibutuhkan dalam praktik isolasi mikrobia baik secara *streak plate*, *spread plate* maupun *pour plate*. Adanya keterbatasan jumlah cawan petri ini menjadi hambatan saat mahasiswa praktik melakukan teknik isolasi mikrobia karena tidak semua mahasiswa bisa melakukan praktik secara individu. Praktik isolasi mikrobia hanya dilakukan oleh perwakilan kelompok. Kendala kedua yakni minimnya jumlah bahan-bahan kimia yang tersedia di labratorium yang diperlukan dalam pembuatan media pertumbuhan mikrobia. Kendala ketiga yakni mahasiswa masih asing dengan peralatan yang digunakan dalam praktikum mikrobiologi. Mahasiswa baru pertama kali mengenal dan menggunakan bebeberapa alat-alat mikrobiologi antara lain jarum ose sehingga mahasiswa masih terlihat canggung, gemetar dan takut saat melakukan praktik isolasi mikrobia. Pada tahun 2013 saat penelitian ini dilakukan, peralatan yang dimiliki oleh laboratorium sudah bertambah, namun jumlah yang tersedia belum memungkinkan mahasiswa untuk melakukan praktik isolasi mikrobia secara individu. Hal ini disebabkan acara praktikum mikrobiologi berkesinambungan dan banyak membutuhkan cawan petri sementara jumlahnya masih terbatas.

Laboratorium Prodi Pendidikan Biologi mulai pertengahan tahun 2013 sudah terhubung dengan fasilitas wifi kampus sehingga dosen maupun mahasiswa bisa melakukan akses internet dengan cepat dan mudah di

laboratorium. Hal ini tentunya sangat mendukung kelancaran proses belajar mengajar. Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) dan Teknologi Informasi yang pesat mengakibatkan perubahan paradigma pendidikan yang ditandai dengan perubahan kurikulum, media dan teknologi. *Virtual lab* merupakan produk inovasi media pembelajaran berbasis komputer dan teknologi informasi. Media pembelajaran yang baik menginterpretasikan konsep yang abstrak menjadi konsep yang mudah dipahami.

Pelaksanaan praktikum mikrobiologi dibagi menjadi dua kelas. Kelas A terdiri dari 19 orang mahasiswa mendapatkan asistensi langkah kerja berupa *virtual lab* sebelum praktik yang sesungguhnya. Hal ini dimaksudkan supaya mahasiswa menguasai dengan baik dan benar langkah kerja yang harus dilakukan sebelum melalukan praktik yang sesungguhnya. Setiap kelompok yang terdiri dari 3-4 orang mahasiswa secara bergilir mencoba melakukan praktik isolasi mikrobia secara virtual. Setelah selesai praktik dengan *virtual lab* kemudian dilakukan praktik yang sesungguhnya. *Virtual lab* yang dipilih merupakan *virtual lab* yang mengakomodasi kesalahan-kesalahan umum yang mungkin terjadi dalam langkah kerja antara lain kesalahan tahapan langkah kerja, kesalahan urutan kuadran, kesalahan arah goresan yang melewati kuadran, kesalahan mengambil koloni, dan kesalahan urutan pengambilan bahan. *Virtual lab* murah, aman dan cocok digunakan oleh mahasiswa yang memiliki gaya belajar visual. Selain itu juga dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi kendala masih minimnya alat dan bahan serta rendahnya keterampilan mahasiswa dalam menggunakan alat-alat mikrobiologi.

Ada dua *virtual lab* yang digunakan, yakni teknik isolasi mikrobia secara *streak plate* dan pengecatan gram. Kelas B yang terdiri dari 26 orang mahasiswa tidak mendapatkan asistensi langkah kerja dengan *virtual lab* (gambar 1), mahasiswa di kelas tersebut hanya mendapatkan asistensi berupa penjelasan klasikal dan demonstrasi dari asisten kemudian melakukan praktik yang sesungguhnya (gambar 2).



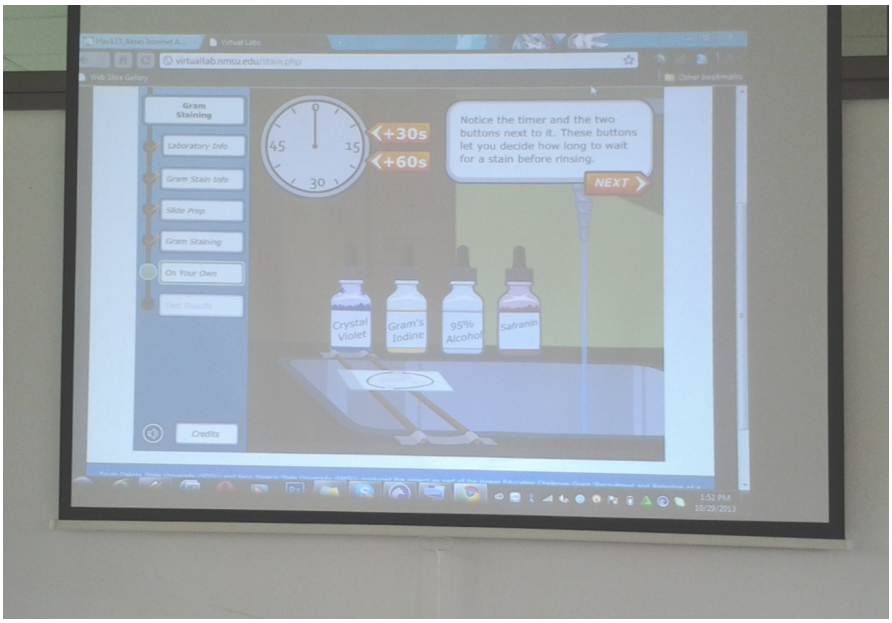
Gambar 1. Mahasiswa PBIO USD praktik menggunakan virtual lab teknik isolasi mikrobia secara streak plate



Gambar 2. Mahasiswa melakukan praktik teknik streak plate

Virtual lab dapat menyimulasikan kegiatan di laboratorium. Simulasi dalam hal ini merupakan latihan menggunakan alat-alat mikrobiologi dan melakukan teknik-teknik dasar mikrobiologi yang mencerminkan keadaan yang

sebenarnya. Mahasiswa diajak memanfaatkan *virtual lab* untuk mempelajari cara penggunaan alat dan memperlajari tahapan proses yang harus dilakukan dalam teknik-teknik dasar yang umum digunakan di bidang mikrobiologi (gambar 1). Penggunaan *virtual lab* ini baru pertama kali dilakukan dan ternyata mendapatkan respon yang baik dari mahasiswa. Mahasiswa lebih tertarik dan lebih mudah memahami langkah kerja sehingga saat melakukan praktik yang sesungguhnya jumlah kesalahan penggunaan alat bisa diminimalkan. Pada akhir acara praktikum, dilakukan *post-test* teknik isolasi mikrobia secara *streak plate* dan pengecatan gram. Hasil yang diperoleh di kelas A sebesar 61,25 sedangkan di kelas B sebesar 53,41. Berdasarkan nilai *post-test* ini dapat dilihat bahwa dengan memberikan perlakuan *virtual lab* maka keterampilan mengenai penggunaan alat yang terkait dengan teknik isolasi mikrobia secara *streak plate* dan pengecatan gram dapat ditingkatkan. Hasil *t-test* menunjukkan bahwa hasilnya tidak signifikan meskipun ada peningkatan. Hal ini terjadi karena waktu perlakuan *virtual lab* kurang.



Gambar 3. Virtual Lab Teknik Pengecatan Gram

Hasil tes unjuk kerja teknik isolasi mikrobia secara *streak plate* dan pengecatan gram dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Tes Unjuk Kerja Teknik Isolasi Mikrobia secara Streak Plate dan Pengecatan Gram

Kel	Jumlah congkelan pada media		Tingkat kontaminasi bakteri		Tingkat kontaminasi jamur		Kejelasan hasil streak plate		Kelengkapan kuadran yang ditumbuhi mikrobia	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0	++	+	+++	0	0	++++	0	++	0
2	+	++++	+	+	+	0	++	+++	+	++
3	0	++++	+	++	+	+	++++	+	++++	+
4	+	0	0	++++	0	0	+++	0	++++	0
5	+	0	+	++++	+	0	+	0	+	0
6	+	0	+	+++	0	0	+	0	+	0

Keterangan :

A = kelas A dengan perlakuan *virtual lab*

B = kelas B tanpa perlakuan *virtual lab*

0 = tidak ada

\+ = sangat sedikit/sangat tidak jelas

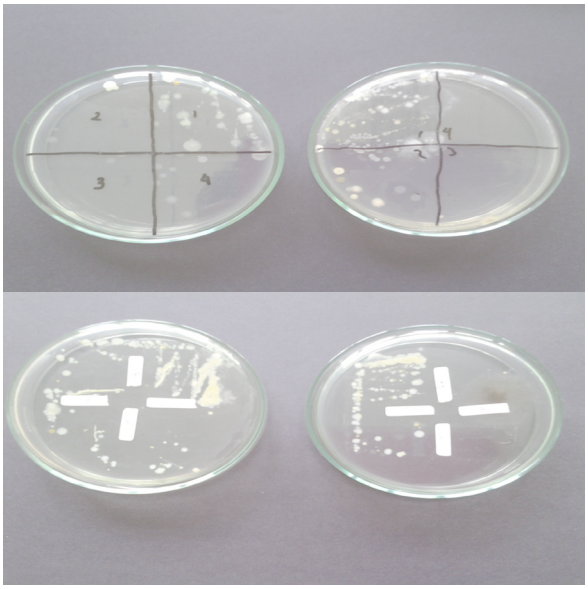
++ = sedikit/ tidak jelas

+++ = sedang/ cukup jelas

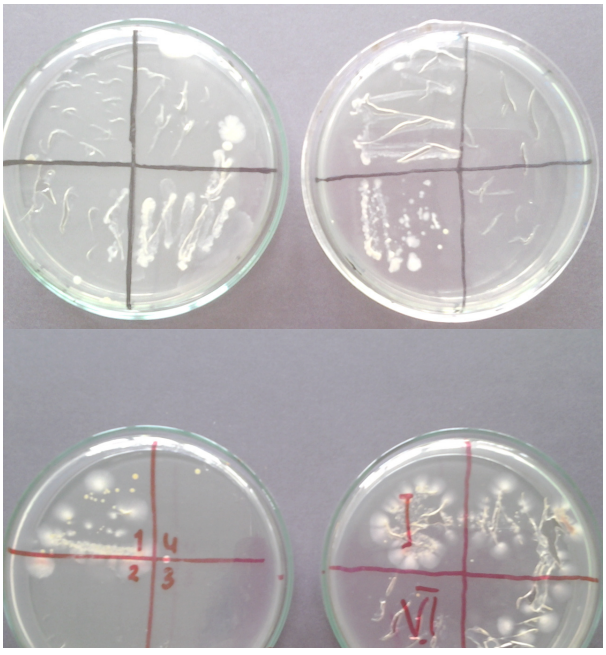
++++ = banyak/ jelas

+++++ = sangat banyak/ sangat jelas

Peningkatan keterampilan penggunaan alat-alat mikrobiologi ini bisa dilihat yakni di kelas A jumlah congkelan pada permukaan agar di dalam cawan petri jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan kelas B. Selain itu, jumlah kontaminasi baik kontaminasi bakteri yang tidak diinginkan di kelas A juga lebih sedikit bila dibandingkan dengan kelas B. Namun untuk jumlah kontaminasi jamur di kelas B justru lebih sedikit dibandingkan dengan kelas A. Kejelasan hasil *streak plate* dan kelengkapan kuadran di kelas A juga lebih baik dibandingkan dengan kelas B (gambar 4 dan 5).



Gambar 4. Contoh hasil praktik isolasi mikrobia secara streak plate oleh mahasiswa yang diberi perlakuan virtual lab



Gambar 5. Contoh hasil praktik isolasi mikrobia secara streak plate oleh mahasiswa yang tidak diberi perlakuan virtual lab

Virtual lab memiliki potensi untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih efektif. Pengembangan *virtual lab* diharapkan dapat membantu menyelesaikan permasalahan belajar yang dialami oleh peserta didik dan mengatasi permasalahan biaya dalam pengadaan alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan kegiatan praktikum. Pembelajaran berbasis multimedia dalam bentuk *virtual lab* dapat menjadikan proses pembelajaran menjadi interaktif dan lebih menarik.

Penelitian ini secara umum dapat dimanfaatkan sebagai upaya untuk menambah khasanah ilmu kependidikan, terutama yang menyangkut pemilihan metode pembelajaran biologi dalam kaitannya dengan upaya pembekalan keterampilan dasar pengunaan alat-alat mikrobiologi di Program Studi Pendidikan Biologi, JPMIPA, FKIP, Universitas Sanata Dharma. Penelitian ini juga dapat dimanfaatkan program studi lain ataupun sekolah-sekolah yang belum memiliki fasilitas laboratorium Biologi yang memadai dan menunjang kegiatan praktikum khususnya Mikrobiologi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan memiliki manfaat secara khusus yakni: 1) bermanfaat bagi pengembangan model perkuliahan dan praktikum Mikrobiologi di Program Studi Pendidikan Biologi; 2) bermanfaat bagi pengembangan efektifitas pembelajaran dengan penggunaan teknologi informasi dan komputer dalam proses perkuliahan dan praktikum mikrobiologi di Program Studi Pendidikan Biologi; dan 3) bermanfaat bagi praktikum maupun eksperimen di bidang mikrobiologi maupun bioteknologi.

PENUTUP

Pengunaan *virtual lab* dapat meningkatkan keterampilan mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Sanata Dharma dalam hal menggunakan alat-alat mikrobiologi. Hal ini bisa dilihat dari nilai *post test* kelas A yang diberi perlakuan *virtual lab* lebih tinggi dari kelas B. Selain itu, hasil tes unjuk kerja juga hasilnya lebih baik di kelas A daripada di kelas B.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2008. *Petunjuk praktikum mikrobiologi dasar*. Laboratorium Mikrobiologi. Fakultas Biologi. Purwokerto: Universitas Jendral Soedirman. Diunduh tanggal 24 Mei 2013.

http://virtuallab.nmsu.edu/stain.php

http://learn.chm.msu.edu/vibl/content/streakplate/streak_plate/streak_plate.swf

Hodson, D., 1992. Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 73 (264).

Mustaji, 2009. *Laboratorium: perpektif teknologi pembelajaran.* Disajikan dalam Workshop Penyusunan Panduan Penggunaan Laboratorium di Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Surabaya. Diunduh tanggal 24 Mei 2013.

Naba, H., B. Mulyani, dan B. Utami. 2013. Studi komparasi penggunaan laboratorium virtual dan laboratorium riil dalam pembelajaran student teams achievement division (STAD) terhadap prestasi belajar ditinjau dari kreativitas siswa pada materi pokok sistem koloid kelas XI semester genap SMA Negeri 1 Banyudono tahun pelajaran 2011/2012. *Jurnal Pendidikan Kimia* (JPK), Vol. 2 No. 2 Tahun 2013 Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Sebelas Maret. Diunduh tanggal 18 Mei 2013.

Lavanya Rajendran, Ramachandran Veilumuthu, Divya. J. 2010. A study on the effectiveness of virtual lab in e-learning. *International Journal on Computer Science and Engineering* Vol. 02, No. 06, 2010, 2173-2175. Diunduh tanggal 22 Mei 2013.

Pelczar, M.J. and E.C.S. Chan. 2010. *Dasar-dasar mikrobiologi* (terjemahan). Jilid 1. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.

----------. 2010. *Dasar-dasar mikrobiologi* (terjemahan). Jilid 2. Jakarta: Universitas Indonesia.

Putra, I Ketut Gede Darma, 2009. *Pembelajaran berbasis ICT*. Disdikpora. baliprov.go.id/wp-content/uploads/2009/03/pembelajaran-berbasis-ict.doc. diakses tanggal 21 April 2013.

Resmiyanto, R. (2009). *Study of virtual laboratory based on kuhnian science models and its implications in learning physics*. Malang: Faculty of Mathematics and Natural Science – State University Malang.

Salam, H., Agus Setiawan, Ida Hamidah, 2010. *Pembelajaran berbasis virtual laboratory untuk meningkatkan penguasaan konsep pada materi listrik dinamis*. Proceedings of The 4th International Conference on Teacher Education; Join Conference UPI & UPSI Bandung, Indonesia, 8-10 November 2010. Diunduh tanggal 15 Mei 2013.

Subiantoro, A.W. 2012. *Pentingnya praktikum dalam pembelajaran IPA*. Makalah yang disampaikan pada Kegiatan PPM "Pelatihan Pengembangan Praktikum IPA Berbasis Lingkungan" bagi guru-guru MGMP IPA SMP Kota Yogyakarta. Diunduh tanggal 22 Mei 2013.

Suparno, Paul. 2002. *Reformasi pendidikan sebuah rekomendasi*. Yogyakarta: Yayasan Kanisius.

Winarni, Inggit. 2012. Pencapaian kompetensi mata kuliah praktikum taksonomi tumbuhan tinggi melalui kombinasi dry lab dan wet lab. *Jurnal Pendidikan Terbuka dan Jarak Jauh*, Volume 13, Nomor 2, September 2012, 125-134. Diunduh tanggal 20 Mei 2013.

Yuniarti, Felintina, Pramesti Dewi, R. Susanti. 2012. Pengembangan virtual laboratory sebagai media pembelajaran berbasis komputer pada materi pembiakan virus. *Unnes Journal of Biology Education.*