

Efektivitas Penggunaan Virtual Lab Pada Praktikum Ilmu Pengetahuan Alam Sekolah Menengah Pertama

Dian Puspita Eka Putri

¹ UIN Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRACT

The development of digital technology has encouraged the integration of technology-based learning media into the science learning process. One widely implemented innovation is the use of virtual laboratories as an alternative or support for science practicums in junior high schools. This study aims to assess the effectiveness of using virtual labs in junior high schools science practicums, in terms of improving learning outcomes, science process skills, and student motivation. The research method used was a quasi-experimental study with a pretest-posttest control group design. The subjects consisted of two classes: an experimental class using a virtual lab and a control class using conventional practicum methods. The research instruments included a learning outcome test, a science process skills observation sheet, and a learning motivation questionnaire. The results showed that the use of virtual labs significantly improved learning outcomes, science process skills, and student motivation compared to conventional learning. Thus, virtual labs are effective as a science learning medium in junior high schools.

Keywords: virtual laboratory, science practicum, and learning outcomes

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital telah mendorong integrasi media pembelajaran berbasis teknologi dalam proses pembelajaran sains. Salah satu inovasi yang banyak diterapkan adalah penggunaan *virtual laboratory* (virtual lab) sebagai alternatif atau pendukung praktikum IPA di Sekolah Menengah Pertama (SMP). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas penggunaan virtual lab pada praktikum IPA SMP ditinjau dari peningkatan hasil belajar, keterampilan proses sains, dan motivasi belajar peserta didik. Metode penelitian yang digunakan adalah quasi eksperimen dengan desain pretest-posttest control group. Subjek penelitian terdiri atas dua kelas, yaitu kelas eksperimen yang menggunakan virtual lab dan kelas kontrol yang menggunakan metode praktikum konvensional. Instrumen penelitian meliputi tes hasil belajar, lembar observasi keterampilan proses sains, dan angket motivasi belajar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan virtual lab secara signifikan meningkatkan hasil belajar, keterampilan proses sains, serta motivasi belajar siswa dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Dengan demikian, virtual lab efektif digunakan sebagai media pembelajaran IPA di SMP.

Kata kunci: *virtual laboratory*, praktikum IPA, hasil belajar, keterampilan proses sains, SMP

INTRODUCTION

Ilmu Pengetahuan Alam IPA merupakan mata pelajaran yang menekankan pada pemahaman konsep melalui proses ilmiah, seperti observasi, eksperimen, dan analisis. Dalam pembelajaran IPA, kegiatan praktikum menjadi komponen penting untuk mengembangkan keterampilan proses sains, berpikir kritis, dan pemahaman konsep secara mendalam. Namun, pelaksanaan praktikum konvensional seringkali menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan alat dan bahan, waktu yang terbatas, risiko keselamatan, serta keterbatasan akses di daerah terpencil.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, muncul alternatif pembelajaran yang inovatif dan efisien, salah satunya adalah penggunaan virtual lab atau laboratorium virtual. Virtual lab adalah simulasi laboratorium berbasis komputer yang memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen secara digital tanpa harus berada di laboratorium fisik. Penggunaan virtual lab dinilai mampu mengatasi berbagai keterbatasan praktikum konvensional, serta memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan fleksibel.

Berbagai studi menunjukkan bahwa penggunaan virtual lab dapat meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep, dan keterampilan berpikir kritis siswa. Selain itu, virtual lab juga memberikan kesempatan untuk mengulang eksperimen secara mandiri, tanpa risiko kerusakan alat atau bahaya bahan kimia. Meskipun demikian, efektivitas virtual lab masih menjadi perdebatan, terutama dalam hal bagaimana ia mampu menggantikan pengalaman praktis secara langsung di laboratorium fisik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sejauh mana virtual lab dapat menjadi alternatif yang efektif dalam mendukung proses pembelajaran IPA, serta mengevaluasi manfaat dan tantangannya bagi guru dan siswa. Selain itu juga untuk mengkaji Apa saja kelebihan dan kekurangan penggunaan virtual lab dibandingkan dengan laboratorium konvensional.

A. Virtual Lab

Laboratorium adalah suatu tempat yang digunakan untuk melakukan percobaan maupun pelatihan yang berhubungan dengan ilmu fisika, biologi dan kimia atau bidang ilmu lain. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, istilah “virtual” diartikan sebagai “sesuatu yang mirip atau sangat mirip dengan sesuatu yang dijelaskan” dan diartikan juga sebagai “sesuatu yang tampil atau hadir dengan menggunakan perangkat lunak komputer”. Dalam bahasa Inggris, menurut Cambridge Advanced Learner’s Dictionary and Thesaurus, istilah “virtual” dimaknai sebagai sesuatu yang bisa dilakukan atau dilihat menggunakan komputer dan karena itu tanpa pergi ke mana pun atau berbicara dengan siapa pun (*something that can be done or seen using a computer and therefore without going anywhere or talking to anywhere*) atau dapat diartikan juga sebagai sesuatu yang digunakan untuk menggambarkan sesuatu yang dapat dilakukan atau dilihat menggunakan komputer atau internet daripada pergi ke suatu tempat, bertemu orang-orang secara langsung dan lain-lain (*used to describe something that can be done or seen using computers or the internet instead of going to a place, meeting people in person etc*) (Majda et al., 2023).

Kegiatan praktikum adalah suatu jalan yang dapat dilakukan untuk mengembangkan ketrampilan dasar percobaan yang diikuti dengan beberapa pendekatan ilmiah untuk membantu siswa dalam mencapai ketercapaian pembelajaran. Kegiatan praktikum merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari pembelajaran IPA (Chyntia Clarinda et al., 2022). Pada pembelajaran IPA hampir setiap materi menggunakan adanya kegiatan eksperimen untuk mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran. Kegiatan praktikum penting untuk dilakukan karena dengan pengalaman belajar secara langsung, siswa dapat meningkatkan pemahaman konsep dan melatih keterampilan siswa. Suatu kegiatan laboratorium dapat dilaksanakan walaupun tanpa adanya alat-alat praktikum seperti biasanya yakni dengan cara melakukan kegiatan praktikum secara virtual dengan bantuan virtual lab (Almira et al., 2023).

Laboratorium virtual merupakan salah satu produk unggulan yang tercipta dari kemajuan teknologi informasi dan laboratorium. Pelaksanaan laboratorium virtual dapat diartikan sebagai suatu lingkungan yang interaktif untuk menciptakan serta melakukan eksperimen simulasi. Kehadiran dari virtual lab ini bisa diibaratkan seperti taman bermain untuk siswa dalam bereksperimen. Dalam pelaksanaannya virtual lab ini terdiri dari domain dependent program simulasi, unit eksperimental yang disebut objek dimana mencakup file data, alat yang beroperasi pada benda-benda, dan buku referensi (Ramadhani et al., 2021).

Hambatan dalam praktikum dapat diatasi dengan menggunakan media pembelajaran alternatif berupa virtual lab. Virtual lab menggunakan program komputer untuk mensimulasikan serangkaian percobaan tanpa melakukan kegiatan secara langsung. Virtual lab dapat memperkuat kegiatan praktikum yang tidak dapat dipraktekkan secara nyata, artinya virtual lab dapat menjadi media praktikum alternatif untuk menggantikan praktikum nyata jika tidak memungkinkan untuk dilakukan (Ismail et al., 2016).

Laboratorium virtual, adalah ruang praktek di dunia maya atau ruang sosial tempat para ilmuwan berinteraksi di dunia maya. Laboratorium virtual adalah suatu media yang digunakan untuk membantu memahami suatu pokok bahasan dan dapat memecahkan keterbatasan atau ketiadaan perangkat laboratorium. Laboratorium virtual adalah suatu simulasi atau percobaan yang dilakukan di komputer untuk menyajikan fenomena alam yang memiliki peranan penting di dalam proses pembelajaran sains (Dakwah & Semarang, 2020).

Laboratorium virtual berisi sebuah perangkat pembelajaran berbasis komputer yang memungkinkan peserta didik untuk melakukan eksperimen sains secara virtual melalui simulasi interaktif. Perangkat ini menyediakan lingkungan belajar yang mencakup alat-alat laboratorium dalam bentuk digital, memungkinkan peserta didik untuk melakukan kegiatan pengamatan, pengumpulan data, dan analisis seperti yang dilakukan di laboratorium nyata. Melalui laboratorium virtual, peserta didik dapat melakukan eksperimen berulang kali tanpa risiko kerusakan alat atau pemborosan bahan, serta dapat mengakses fasilitas laboratorium di manapun dan kapanpun selama masih terhubung dengan perangkat digital (Eviota & Liangco, 2020).

Laboratorium virtual adalah kegiatan praktikum yang dilakukan mensimulasikan kegiatan laboratorium melalui komputer. Laboratorium virtual sudah lama dikembangkan sejak tahun 1997 dan mulai dimanfaatkan

pada tahun 2002. Laboratorium virtual bisa dijadikan solusi dari ketersediaan sumber daya pembelajaran yang terbatas sehingga media tersebut bisa dikatakan cukup efektif untuk digunakan. Di era saat ini laboratorium virtual banyak dimanfaatkan dalam beberapa bidang, contohnya dalam bidang sains Fisika, Kimia dan Biologi. Pada bidang Kimia, upaya yang digunakan untuk pengembangan masih terus dilakukan seperti analisis untuk mengetahui kebutuhan pengembangan media praktikum (laboratorium virtual) yang terintegrasi dalam pembelajaran hybrid (Meilina et al., 2023).

Laboratorium virtual merupakan suatu perangkat peralatan laboratorium dalam bentuk multimedia interaktif berbasis perangkat lunak komputer yang dioperasikan dengan perangkat keras komputer dan dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium sesungguhnya. Virtual lab merupakan laboratorium berbasis digital yang memungkinkan pengguna melakukan simulasi eksperimen dengan bantuan komputer. Dalam virtual lab, siswa dapat melakukan berbagai kegiatan praktikum secara interaktif tanpa harus menggunakan alat dan bahan nyata. Teknologi ini memungkinkan pembelajaran yang fleksibel, interaktif, dan dapat dilakukan di luar ruang kelas (Majda et al., 2023).

Virtual lab merupakan terobosan yang menjadi salah satu alternative untuk memberikan pengalaman bekerja di dalam laboratorium untuk menyelenggarakan kegiatan praktikum. Virtual lab ini merupakan gabungandari perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dengan teori pelaksanaan praktikum di lingkup pembelajaran. Dimana untuk menjalankannya dibutuhkan media tambahan seperti perangkat elektronik dengan memanfaatkan ketersediaan jaringan internet (online). Namun disamping hal tersebut, laboratorium virtual memungkinkan siswa berinteraksi dan belajar tanpa terbatas waktu dan ruang (Ramadhani et al., 2021).

Laboratorium sebagai tempat kegiatan yang dibutuhkan dalam praktek seringkali dijadikan standar kesuksesan mahasiswa. Di sisi lain, fungsi laboratorium adalah sebagai berikut:

1. sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pembelajaran biologi secara praktek yang memerlukan peralatan khusus,
2. sebagai tempat yang dapat mendorong semangat mahasiswa untuk memperdalam pengertian dari suatu fakta yang diselidiki atau diamati
3. tempat display atau pameran
4. sebagai tempat bagi siswa untuk belajar memahami karakteristik alam dan lingkungan melalui optimalisasi keterampilan proses serta mengembangkan sikap ilmiah;
5. sebagai tempat siswa berlatih menerapkan keterampilan proses sesuai dengan tuntutan pembelajaran Biologi yang mengutamakan proses selain produk
6. memberikan kelengkapan bagi pelajaran teori yang diterima sehingga antara teori dan praktek bukan merupakan dua hal yang terpisah, melainkan dua hal yang merupakan suatu kesatuan. Keduanya saling mengkaji dan saling mencari dasar

Menurut penelitian Jannah et al., 2022 Virtual Lab merupakan perangkat lunak multisensori yang memiliki interaktivitas untuk mensimulasikan praktikum-praktikum tertentu dengan mereplikasi laboratorium konvensional. Virtual Lab tentu tidak dapat digunakan untuk menggantikan kegiatan praktikum di dalam laboratorium yang sebenarnya, karena kegiatan praktikum Virtual Lab ini tidak dapat memberikan pengalaman di lapangan secara nyata dan tidak melatih keterampilan kinerja peserta didik dari kegiatan praktikum di laboratorium sebenarnya, namun Virtual Lab ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam memahami materi yang akan dipelajari.

Menurut Ferreira di jurnal (Meilina 2023) manfaat yang diperoleh dari penggunaan virtual laboratorium sebagai berikut:

1. Fleksibel, apabila waktu yang ada itu minim untuk mengajari semua siswa didalam laboratorium sampai mereka memahaminya,
2. Ekonomis, alat dan bahan yang digunakan dirasa tidak cukup mahal seperti pada laboratorium konvensional,
3. Meningkatkan kualitas eksperimen, bisa diulang untuk memperjelas keraguan dalam pengukuran di laboratorium,
4. Pembelajaran yang lebih efektif, karena siswa dapat menggunakan laboratorium virtual berulang-ulang,
5. Keamanan dan keselamatan yang lebih terjamin, karena tidak berinteraksi secara langsung dengan alat dan bahan kimia yang nyata.

Media virtual merupakan objek multimedia interaktif yang terdiri dari bermacam format termasuk teks, hiperteks, suara, gambar, animasi, video, dan grafik. Salah satu aplikasi laboratorium virtual adalah simulasi PhET. Tim PhET menjelaskan bahwa PhET adalah situs yang menyediakan simulasi pembelajaran fisika, biologi, kimia dan matematika, yang diberikan secara gratis oleh Universitas Colorado untuk kepentingan pembelajaran dikelas atau dapat digunakan untuk kepentingan belajar individu (Rana et al., 2023).

Guru dapat menggunakan alternatif aplikasi virtual sebagai penunjang pembelajaran, salah satunya menggunakan aplikasi PhET (*Physics Education and Technology*). Aplikasi ini dapat diakses melalui website dan diunduh secara gratis melalui android play store. Aplikasi PhET dikembangkan dengan teknologi komputer berbasis multimedia interaktif dan dapat digunakan sebagai virtual laboratory. Multimedia interaktif termasuk di dalamnya, yaitu dalam bentuk format video, animasi, grafik, gambar, audio, teks, dan hiperteks. Aplikasi ini dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran apabila terdapat keterbatasan pada peralatan di laboratorium sekolah dan kegiatan eksperimen tidak dapat dilakukan secara langsung (Rahma, 2020).

Dalam penelitian (Chyntia Clarinda et al., 2022) media pembelajaran berbasis virtual laboratorium sangat cocok digunakan di kalangan sekolah. Aplikasi PhET berupa simulasi sederhana tentunya dapat memudahkan siswa dalam menggunakan aplikasi tersebut. Selain itu tampilan simulasinya sangat menarik dan terdapat beberapa fitur terkait informasi yang dengan mudah diakses oleh siswa bahkan tanpa menggunakan panduan. Adanya proses pembelajaran yang menarik bagi siswa tentunya akan memicu kreativitas dan minat siswa dalam belajar.

Teknologi yang digunakan dalam menyempurnakan virtual lab dirancang sedemikian rupa agar siswa tidak hanya terkotak pada alur yang telah dijelaskan di dalam program virtual lab tersebut. Namun dari pelaksanaannya virtual lab dirancang agar siswa mampu mengetahui setiap langkah yang ditempuh dalam suatu kegiatan praktikum. Alat dan bahan yang di sediakan di dalam virtual lab diusahakan menyerupai bentuk aslinya agar siswa dapat mengetahui bentuk asli dari virtual lab tersebut. Dalam menunjang pelaksanaannya, dari beberapa virtual lab yang sudah dirancang seperti yang disediakan oleh kemendikbud, pelaksanaannya didukung oleh warna dan perubahan reaksi seperti halnya kita melakukan praktikum secara langsung di dalam laboratorium. Penggunaan penampakan laboratorium virtual yang diusahakan semenarik dan semirip mungkin dengan praktikum sesungguhnya di dalam laboratorium memberikan pemahaman yang lebih kepada siswa dan tentunya juga memberikan ketertarikan tersendiri kepada siswa untuk melakukannya. Selain itu dalam virtual lab juga dilengkapi dengan perintah atau petunjuk pengerjaan praktikum, dan siswa dapat melakukan petunjuk tersebut dengan menggerakkan alat-alat yang sudah disediakan di dalam virtual laboratorium. Dalam pelaksanaannya siswa juga dituntut untuk teliti agar hasil yang diperoleh nantinya sesuai dengan yang diharapkan (Ramadhani et al., 2021).

Dalam pelaksanaan laboratorium virtual pada proses pembelajaran juga dapat dimaksimalkan dengan menggabungkannya dengan metode atau model pembelajaran yang pas. Misalkan saja model pembelajaran inkuiri, dimana siswa pada intinya dituntut untuk dapat menyelesaikan permasalahan sendiri dengan tetap menetapkan langkah kerja saintific. Pada langkah kerja tersebut nantinya siswa akan terarahkan dengan sendirinya untuk melihat bagaimana pembuktian dari teori yang didapatkan agar permasalahan yang timbul dalam pembelajaran dapat terpecahkan. Dalam masa pembuktian inilah laboratorium virtual melaksanakan perannya untuk membantu mengasah keterampilan siswa baik dalam mengamati maupun dalam penggunaan alat laboratorium (Ramadhani et al., 2021).

Dapat disimpulkan laboratorium virtual adalah ruang simulasi untuk proses pembelajaran, atau ruang sosial di dunia maya, tempat para ilmuwan berinteraksi, mengatur ke dalam kelompok, mengembangkan hubungan, dan berbagi pendapat, ide, sumber daya, dan pekerjaan (Dakwah & Semarang, 2020).

B. Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Virtual Lab

Virtual lab didefinisikan sebagai lingkungan yang interaktif untuk menciptakan dan melakukan eksperimen simulasi dan taman bermain untuk bereksperimen. Media pembelajaran berbasis teknologi seperti virtual lab dapat menjadi inovasi dan solusi dalam proses pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan siswa walaupun dengan keberadaan alat peraga yang terbatas. Virtual lab dapat memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen pada komputer (Rahma, 2020).

Laboratorium virtual sebagai media pembelajaran merupakan perangkat percobaan sederhana yang dilakukan melalui virtual. Melalui penggunaan laboratorium virtual pada pembelajaran IPA membuat siswa ikut aktif melakukan percobaan sederhana. Keterlibatan siswa yang aktif di dalam pembelajaran IPA menggunakan media laboratorium virtual mengidentifikasi terdapatnya motivasi atau minat belajar yang relative besar pada siswa di dalam pembelajaran IPA. Latihan praktikum berbantuan media laboratorium virtual dapat membuat latihan praktikum menjadi lebih menyenangkan yang pada akhirnya berpengaruh terhadap peningkatan minat siswa untuk belajar IPA (Sanimah et al., 2024).

Virtual lab juga dapat menjadi cara untuk meningkatkan minat siswa dalam belajar. Dimana konsep dari virtual lab yang menyenangkan dan interaktif dapat memberikan dan meningkatkan motivasi siswa untuk mengetahui hal baru. pembelajaran dengan menggunakan audio visual dapat digunakan untuk memotivasi dan meningkatkan pembelajaran. Hal tersebut juga dibuktikan oleh Yazdi and Zandkarimi (2013) menemukan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kognitif dan penggunaan teknologi. penggunaan multimedia akan menguntungkan bila media tersebut menguntungkan dan memberikan kesempatan kepada pengguna untuk mengontrolnya. Jika siswa sudah merasa senang dan motivasi untuk belajar sudah terkumpul, maka akan terjadi peningkatan dalam efisiensi pengajaran. Dimana siswa juga mengalami peningkatan dalam mengingat informasi dan menjadikan informasi yang diterimanya akan lama tinggal di dalam ingatannya (Ramadhani et al., 2021).

Laboratorium virtual memiliki kelebihan diantaranya adalah dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dalam penelitian ilmiah, meningkatkan motivasi siswa dalam pembelajaran kimia, membuat siswa menjadi aktif dan mandiri dalam proses pembelajaran, meningkatkan keterampilan proses sains, serta meningkatkan sikap ilmiah siswa (Nomor et al., 2023).

Menurut Hermansyah dan Herayanti (2015), bahwasanya laboratorium virtual memiliki beberapa kelebihan diantaranya: meningkatkan penguasaan konsep siswa, membantu siswa dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan memecahkan masalah, serta dapat meningkatkan keterampilan di bidang ICT, tanpa mengabaikan pengetahuan akan laboratorium nyata (Azzahra et al., 2023).

Laboratorium virtual menjadi salah satu alternatif yang dapat dimanfaatkan agar penyampaian materi pelajaran agar lebih mudah untuk dipahami. Laboratorium virtual memiliki berbagai kelebihan dibandingkan dengan laboratorium nyata antara lain dapat meningkatkan sumber daya manusia yang profesional, lebih praktis, menghemat biaya pembelian alat dan bahan praktikum, serta menghemat waktu praktikum (Sugiarti et al., 2022).

Dalam perkembangannya virtual lab memiliki kelebihan dan kelemahan. Kelebihannya yakni:

1. Dapat dilakukan secara fleksibel kapanpun dan dimanapun
2. Hemat biaya karena tidak membutuhkan bahan kimia dan alat fisik.
3. Aman dari resiko kecelakaan laboratorium
4. Visualisasi lebih menarik dan jelas
5. Cocok untuk pembelajaran mandiri atau jarak jauh

Kegiatan Praktikum IPA pada dasarnya harus dilaksanakan di laboratorium yang sebenarnya (real), dengan tujuan agar kegiatan praktikum dilaksanakan dengan aktivitas langsung dapat memecahkan masalah

yang dihadapi ataupun menjelaskan konsep materi IPA yang sifatnya abstrak. Pengalaman pembelajaran yang didapat dari laboratorium virtual tidak dapat dijadikan sebagai pengganti pengalaman yang didapat secara langsung oleh siswa dalam proses pembelajaran IPA yang dilakukan dengan tatap muka. Penggunaan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran pengganti pelaksanaan praktikum secara nyata memiliki kekurangan karena dapat menghilangkan kemampuan motorik siswa yang disebabkan oleh siswa tidak melakukan praktikum secara nyata (Sanimah et al., 2024). Adapun beberapa kelemahannya yakni :

1. kurangnya daya pemahaman siswa apabila bekerja di laboratorium langsung,
2. Membutuhkan perangkat dan koneksi internet yang memadai,
3. Tidak semua konsep atau eksperimen dapat disimulasikan secara akurat,
4. Interaksi sosial dan kerja sama tim dalam praktikum berkurang.

Laboratorium virtual selain memiliki peranan keunggulan dalam pembelajaran kimia juga memiliki kekurangan yang jika dibandingkan dengan laboratorium riil di antaranya ialah, pelaksanaan laboratorium virtual yang bersifat mandiri atau individu membuat kurangnya keterampilan komunikasi dan kolaborasi antar siswa. Hal ini sejalan dengan penelitian Dewi et al., (2019) bahwa interaksi siswa dengan siswa lainnya cenderung kurang dibandingkan dengan pembelajaran dengan praktikum riil. Kurangnya pengaplikasian rumus atau perhitungan juga menjadi kekurangan dalam penggunaan laboratorium virtual. Adapun keterampilan dalam menggunakan alat dan bahan kimia secara nyata juga menjadi salah satu kekurangan dalam pengaplikasian laboratorium virtual. kurangnya penggunaan seluruh indera siswa, mengakibatkan laboratorium virtual tidak bisa ditserapkan secara penuh menggantikan laboratorium riil (Nomor et al., 2023).

Dalam penelitian (Sugiarti et al., 2022) laboratorium virtual juga memiliki beberapa kelemahan antara lain kurangnya pengalaman menyelesaikan masalah dan kurangnya pengalaman merangkai alat yang akan digunakan. kelemahan lainnya adalah laboratorium virtual bersifat presentasi, oleh karena itu pengguna perlu pengetahuan dasar pengoperasian komputer serta harus memahami terlebih dahulu petunjuk praktikum percobaan. sebelum memulai.

Laboratorium virtual sangat jarang digunakan atau dimanfaatkan dalam pembelajaran kimia di sekolah-sekolah. Hal ini terjadi dikarenakan ketidakmampuan guru dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran (Azzahra et al., 2023).

Virtual lab ini mampu meningkatkan aspek-aspek tersebut baik kognitif, afektif dan psikomotorik. Virtual lab memiliki tujuan guna menunjang kegiatan pembelajaran dalam memahami konsep dan juga untuk mengganti dan melengkapi laboratorium yang sebenarnya serta peserta didik dapat mengulang kegiatan eksperimen yang masih belum dipahami (Almira et al., 2023).

C. Efektivitas Virtual Lab dalam Praktikum IPA

Pembelajaran merupakan bagian dari pendidikan yang dilakukan sebagai langkah atau proses untuk menghasilkan masyarakat yang kaya akan ilmu pengetahuan. Tujuan dari pendidikan ini juga tertuang dalam pancasila yaitu “Mencerdaskan Kehidupan Bangsa”. Dimana pembelajaran yang dilakukan terus berkembang seiring juga dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi atau juga bisa dikatakan sesuai dengan keadaan saat ini. Virtual laboratorium merupakan salah satu bentuk terobosan dalam perkembangan media pembelajaran yang ditunjang dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (Ramadhani et al., 2021).

Menurut (Gunawan et al., 2018) di dalam jurnalnya menyatakan bahwa penggunaan virtual laboratorium dapat meningkatkan kreativitas siswa pada pembelajaran fisika. Kreativitas merupakan tingkat kesesuaian tingkah laku peserta didik terhadap proses pembelajaran yang mempunyai ciri-ciri seperti disiplin, cermat atau teliti, jujur, menyampaikan pendapat, menghargai pendapat orang lain, kerja sama, sikap ingin tahu, dan kritis. Kreativitas pada diri peserta didik penting dikembangkan dalam kegiatan belajar mengajar Fisika agar peserta didik memiliki pengalaman pada proses penemuan konsep yang berhubungan dengan materi belajar mengajar (Meilina et al., 2023).

Praktikum dapat dilakukan di laboratorium. Pada umumnya praktikum memerlukan waktu yang lama untuk persiapan dan pelaksanaannya. Hal itu menjadi masalah yang harus diselesaikan sehingga menuntut guru untuk lebih aktif, kreatif serta inovatif dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan fasilitas yang telah tersedia di sekolah seperti komputer (Sugiarti et al., 2022).

Pengaruh virtual lab ini juga merembes kepada motivasi siswa dalam belajar. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, siswa menjadi lebih termotivasi dalam belajar dengan menggunakan virtual lab. Hal ini terlihat dari peningkatan hasil belajar siswa di dalam proses pembelajaran. keberhasilan suatu pembelajaran juga ikut dipengaruhi oleh motivasi belajar siswa, dimana motivasi ini dapat berasal dari diri sendiri dan dapat juga berasal dari lingkungan peserta didik. Virtual laboratorium ini termasuk ke dalam salah satu bentuk motivasi yang berasal dari luar diri siswa. Dimana belajar menggunakan virtual lab dilengkapi dengan fitur menarik yang dapat menambah keinginan siswa untuk belajar lebih dengan menggunakan virtual lab. Jika motivasi belajar siswa menjadi bertambah, maka siswa juga akan menjadi lebih giat untuk mempelajari hal baru dan memecahkan permasalahan yang ada serta membuktikan suatu teori yang didapatkannya (Ramadhani et al., 2021).

Dengan laboratorium virtual, mahasiswa mempunyai pengalaman belajar yang seolah-olah mereka berada di dunia fisik untuk berinteraksi dengan obyek tanaman, dengan memeriksanya dari belakang atau di bawahnya, dan dari sudut pandang yang berbeda beda. Kedua, kajian terhadap laboratorium virtual untuk bidang pembelajaran instrumentasi dan pengukuran. Fokus kajiannya, pengalaman belajar secara virtual yang dialami mahasiswa dalam merancang laboratorium virtual. kajian terhadap laboratorium virtual untuk mata kuliah jaringan komputer. Kajiannya bertujuan menentukan dampak dari peristiwa pembelajaran dengan menerapkan *Open Network Laboratory* (ONL) yang dibandingkan terutama dengan perkuliahan (Dakwah & Semarang, 2020).

Menurut penelitian (Ramadhani et al., 2021) yaitu diantaranya memberikan pengalaman belajar di laboratorium bagi peserta didik yang mana pada kondisi sekarang memiliki keterbatasan akses untuk belajar

dan memanfaatkan sarana serta prasarana langsung di kelas. Kembali kepada tujuan pelaksanaan praktikum di dalam suatu pembelajaran yang butuh tambahan akses untuk mengasah kemampuan siswa yaitu untuk memberikan kesempatan siswa untuk mengasah keterampilannya dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Seperti halnya penggunaan virtual lab, walau hanya lewat monitor namun siswa juga dituntut untuk terampil melaksanakan setiap langkah praktikum yang tersedia di dalam virtual lab tersebut. Walaupun siswa tidak secara langsung menggunakan alat di laboratorium, siswa dapat mengetahui bagaimana bentuk dan fungsi masing-masing alat yang sering digunakan dalam laboratorium saat melaksanakan praktikum. Sehingga ketika situasi dan kondisi sudah lebih baik dan siswa dapat melakukan pembelajaran seperti sedia kala di sekolah, maka siswa tidak akan canggung ataupun bingung untuk menerapkan ilmu yang di dapatkan dalam laboratorium virtual pada kehidupan nyata. Selain dapat mengatasi permasalahan saat ini dimana siswa tidak bisa belajar dan menggunakan sarana dan prasarana sekolah dengan bebas, kehadiran virtual lab ini juga dapat menjadi solusi dalam ketidaktersediaannya alat dan bahan praktikum di sekolah.

Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa efektivitas virtual lab dalam praktikum ipa dapat meningkatkan hasil belajar siswa, keterampilan proses sains dan meningkatkan literasi sains siswa. Pada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan virtual lab Diantaranya sebagai berikut:

1. Menurut penelitian (Rana et al., 2023) efektivitas penggunaan laboratorium virtual dalam meningkatkan hasil belajar biologi peserta didik pada materi evolusi. mengalami peningkatan secara signifikan pada hasil belajar peserta didik. Laboratorium virtual PhET menjadi pilihan untuk diaplikasikan sebagai media pembelajaran yang mendukung kegiatan pembelajaran dan proses pembelajaran biologi dikelas. Penggunaan media laboratorium virtual PhET mampu merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan kemauan peserta didik dalam suasana belajar yang menyenangkan sehingga materi yang disampaikan menjadi lebih jelas dan bisa dipraktikkan.
2. Menurut penelitian (Eviota & Liangco, 2020) efektivitas penggunaan virtual lab dalam praktikum IPA implementasi laboratorium virtual IPA memberikan dampak positif yang signifikan dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik pada materi suhu dan kalor. Penggunaan laboratorium virtual dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan KPS secara signifikan dalam pembelajaran fisika. Peningkatan ini terjadi karena laboratorium virtual mampu menyajikan visualisasi fenomena mikroskopis yang sulit diamati dalam praktikum konvensional, seperti pergerakan partikel pada berbagai suhu.
3. Menurut penelitian (Ismail et al., 2016) efektivitas penggunaan virtual lab dalam praktikum IPA Efektivitas pembelajaran menggunakan virtual lab berbasis STEM terjadi peningkatan literasi sains siswa artinya virtual lab dapat dikatakan efektif digunakan dalam pembelajaran bila terjadi peningkatan literasi sains siswa.
4. Menurut penelitian (Theresia et al., 2023) efektivitas penggunaan virtual lab dalam praktikum IPA efektivitas penggunaan media laboratorium virtual terhadap hasil belajar dan respon siswa pada materi titrasi asam basa dapat disimpulkan bahwa media laboratorium virtual efektif digunakan untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi titrasi asam basa.

Dari beberapa penelitian yang telah dijelaskan dapat disimpulkan bahwa efektivitas virtual lab dalam praktikum IPA mengalami peningkatan secara signifikan pada hasil belajar peserta didik, implementasi laboratorium virtual IPA memberikan dampak positif yang signifikan dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik, dan meningkatnya literasi sains siswa pada virtual lab dalam praktikum IPA. Penggunaan virtual lab sangat signifikan untuk digunakan baik dalam akses yang sangat fleksibel kapan dan dimana saja bisa digunakan, dan dari segi biaya hemat biaya tidak menggunakan bahan kimia dan alat fisik.

METHODS

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi eksperimen. Desain penelitian yang digunakan adalah pretest-posttest control group design. Penelitian dilaksanakan di salah satu SMP negeri dengan subjek penelitian siswa kelas VIII. kelas VIII A sebagai kelas eksperimen dan kelas VIII B sebagai kelas kontrol. Kelas eksperimen menggunakan virtual lab dalam kegiatan praktikum IPA, sedangkan kelas kontrol menggunakan metode praktikum konvensional. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Tes hasil belajar berupa soal pilihan ganda dan uraian, Lembar observasi keterampilan proses sains, Angket motivasi belajar siswa. Data hasil belajar dianalisis menggunakan uji statistik deskriptif dan inferensial. Uji-t digunakan untuk mengetahui perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Data keterampilan proses sains dan motivasi belajar dianalisis secara deskriptif kuantitatif.

RESULTS AND DISCUSSION

- 1) Data hasil belajar
Hasil belajar siswa diperoleh dari skor pretest dan posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Rekapitulasi data hasil belajar disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Skor Pretest dan Posttest Hasil Belajar IPA

Kelas	N	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	Gain Skor
Eksperimen (Virtual Lab)	30	55,20	82,40	27,20
Kontrol (Konvensional)	30	54,80	71,10	16,30

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa kedua kelas memiliki kemampuan awal yang relatif sama. Namun, setelah perlakuan, kelas eksperimen menunjukkan peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol

- 2) Data Uji statistik hasil belajar
Sebelum dilakukan uji hipotesis, data posttest diuji normalitas dan homogenitas. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data berdistribusi normal ($p > 0,05$) dan uji homogenitas menunjukkan varians kedua kelompok homogen ($p > 0,05$). Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan uji-t dua sampel independen. Hasil uji-t menunjukkan nilai $t_{hitung} = 3,87$ dengan signifikansi $p = 0,000 (< 0,05)$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, penggunaan virtual lab berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar IPA siswa SMP.
- 3) Data perbandingan Keterampilan proses sains
Penilaian keterampilan proses sains dilakukan melalui lembar observasi yang mencakup indikator mengamati, mengklasifikasikan, merumuskan hipotesis, dan menafsirkan data. Hasil rata-rata keterampilan proses sains disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Skor Keterampilan Proses Sains

Kelas	Mengamati	Mengklasifikasikan	Menafsirkan Data	Rata-rata
Eksperimen	83,5	81,2	82,6	82,4
Kontrol	72,4	70,8	71,5	71,6

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

- 4) Data perbandingan motivasi belajar IPA
Motivasi belajar siswa diukur menggunakan angket skala Likert. Rata-rata skor motivasi belajar siswa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Skor Motivasi Belajar Siswa

Kelas	Skor Minimum	Skor Maksimum	Rata-rata
Eksperimen	70	95	85,3
Kontrol	65	88	76,4

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan virtual lab mampu meningkatkan motivasi belajar siswa secara lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional.

Pembahasan

Pembahasan hasil penelitian ini difokuskan pada analisis mendalam mengenai pengaruh penggunaan virtual lab terhadap hasil belajar, keterampilan proses sains, dan motivasi belajar siswa SMP pada praktikum IPA dengan mengacu pada temuan penelitian terdahulu. Pertama, peningkatan hasil belajar siswa pada kelas eksperimen menunjukkan bahwa virtual lab mampu memfasilitasi pemahaman konsep IPA secara lebih efektif dibandingkan praktikum konvensional. Hal ini sejalan dengan penelitian Tatli dan Ayas (2013) yang menyatakan bahwa virtual laboratory dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa karena menyediakan visualisasi yang jelas terhadap konsep-konsep abstrak. Dalam pembelajaran IPA, banyak konsep yang bersifat mikroskopis atau sulit diamati secara langsung, seperti proses perubahan energi dan reaksi kimia sederhana. Virtual lab memungkinkan siswa mengamati proses tersebut melalui simulasi interaktif sehingga mengurangi miskonsepsi (Makransky & Petersen, 2019). Selain itu, virtual lab memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan eksperimen berulang kali tanpa keterbatasan alat, bahan, maupun risiko keselamatan. Menurut de Jong et al. (2013), pengulangan eksperimen dalam lingkungan simulasi berkontribusi terhadap peningkatan retensi belajar dan pemahaman konseptual siswa.

Hasil uji statistik dalam penelitian ini yang menunjukkan perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol memperkuat temuan bahwa virtual lab memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa.

Kedua, dari aspek keterampilan proses sains, siswa pada kelas eksperimen menunjukkan skor yang lebih tinggi pada indikator mengamati, mengklasifikasikan, dan menafsirkan data. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Smetana dan Bell (2012) yang menyimpulkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi dan virtual lab efektif dalam mengembangkan keterampilan proses sains dan kemampuan berpikir ilmiah siswa. Virtual lab mendorong siswa untuk terlibat aktif dalam proses investigasi ilmiah, mulai dari mengamati fenomena, mengubah variabel, hingga menganalisis hasil eksperimen.

Berbeda dengan praktikum konvensional yang sering kali bersifat demonstratif akibat keterbatasan waktu dan fasilitas, virtual lab memberikan ruang bagi siswa untuk belajar secara mandiri dan eksploratif. Hal ini sesuai dengan pendapat Hofstein dan Lunetta (2004) yang menekankan bahwa laboratorium yang dirancang secara interaktif dapat meningkatkan kualitas proses pembelajaran sains dan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Ketiga, peningkatan motivasi belajar siswa pada kelas eksperimen menunjukkan bahwa virtual lab mampu menciptakan suasana pembelajaran yang lebih menarik dan menyenangkan. Menurut teori motivasi belajar yang dikemukakan oleh Keller (2010) dalam model ARCS, perhatian dan relevansi merupakan faktor penting dalam meningkatkan motivasi belajar. Tampilan visual yang menarik, umpan balik langsung, serta kebebasan dalam melakukan simulasi eksperimen pada virtual lab mampu meningkatkan perhatian dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

Temuan penelitian ini juga mendukung teori pembelajaran konstruktivistik yang dikemukakan oleh Piaget dan Vygotsky, di mana pengetahuan dibangun secara aktif oleh siswa melalui pengalaman belajar. Virtual lab berfungsi sebagai lingkungan belajar yang memungkinkan siswa membangun pemahamannya sendiri melalui interaksi langsung dengan objek dan fenomena virtual (Jonassen, 1999). Dengan demikian, virtual lab tidak hanya berperan sebagai media pendukung, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran bermakna.

Meskipun demikian, beberapa penelitian menekankan bahwa virtual lab tidak sepenuhnya menggantikan praktikum nyata. Menurut Brinson (2015), kombinasi antara virtual lab dan praktikum nyata memberikan hasil pembelajaran yang lebih optimal dibandingkan penggunaan salah satu metode saja. Oleh karena itu, integrasi virtual lab dan praktikum nyata perlu dirancang secara seimbang, terutama di tingkat SMP, agar tujuan pembelajaran IPA dapat tercapai.

CONCLUSION

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan virtual laboratory (virtual lab) pada praktikum IPA di Sekolah Menengah Pertama terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Penggunaan virtual lab secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan dengan praktikum konvensional, sebagaimana ditunjukkan oleh perbedaan nilai posttest yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Penggunaan virtual lab juga memberikan dampak positif terhadap motivasi belajar siswa. Tampilan visual yang menarik, interaktivitas tinggi, serta kemudahan dalam melakukan eksperimen secara berulang meningkatkan minat dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran IPA. Dengan demikian, virtual lab dapat dijadikan sebagai media pembelajaran inovatif yang efektif, terutama sebagai pelengkap praktikum nyata di sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Guru IPA disarankan untuk mengintegrasikan virtual lab dalam kegiatan praktikum sebagai pendukung pembelajaran, baik pada tahap pengenalan konsep maupun penguatan materi.
2. Sekolah diharapkan dapat memfasilitasi penggunaan virtual lab dengan menyediakan sarana teknologi yang memadai, seperti komputer dan akses internet yang stabil.
3. Peneliti selanjutnya disarankan untuk mengkaji penggunaan virtual lab pada materi IPA yang berbeda, jenjang pendidikan lain, atau dengan desain penelitian yang lebih beragam, seperti eksperimen murni atau metode campuran (*mixed methods*).
4. Penelitian lanjutan juga dapat menelaah pengaruh penggunaan virtual lab terhadap kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan literasi sains siswa secara lebih mendalam.

REFERENCES

- Almira, H. T., Febri, E., Rini, S., & Arrahman, D. R. (2023). *Literature Review : Analisis Penggunaan Virtual Lab Untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa dalam Kegiatan Pembelajaran. September*, 317–325.
- Azzahra, F., Milama, B., & Wardani, M. (2023). *IDENTIFIKASI KESULITAN GURU MENGGUNAKAN LABORATORIUM. 06(01)*.
- Chyntia Clarinda, Novalina, Gu, M., & Faradiba, F. (2022). Efektivitas Penggunaan Virtual Laboratory Terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa Sma Di Era New Normal. *EduMatSains : Jurnal Pendidikan, Matematika Dan Sains*, 6(2), 257–266. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v6i2.3339>
- Dakwah, S. F., & Semarang, U. I. N. W. (2020). *Pengembangan Laboratorium Virtual sebagai Media Pembelajaran : Peluang dan Tantangan. 3(2)*, 77–83.
- Eviota, J. S., & Liangco, M. M. (2020). Jurnal Pendidikan MIPA. *Jurnal Pendidikan*, 14(September), 723–731.
- Ismail, I., Permanasari, A., & Setiawan, W. (2016). Efektivitas virtual lab berbasis STEM dalam meningkatkan literasi sains siswa dengan perbedaan gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 190. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8570>
- Jannah, F. F., Khamidinal, K., & Suprihatiningrum, J. (2022). Pengembangan Media Virtual Lab sebagai Alternatif Praktikum Kimia dalam Pembelajaran Daring di Masa Pandemi COVID-19. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 16(2), 97–103. <https://doi.org/10.15294/jipk.v16i2.32646>
- Majda, L., Ibrahim, N., & Waspodo, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual Dan Motivasi Peserta Didik Terhadap Hasil Belajar Ipa Fisika Di Smpit Ar Rahmah Cijeruk Bogor. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 12(2), 137–150. <https://ejournal2.uika-bogor.ac.id/index.php/TEK/article/view/163>
- Meilina, I. L., Rohmah, A. A., F, D. S. N., A, L. L., & Farikha, N. (2023). Studi Literatur Efektivitas Virtual Laboratorium Pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(2), 40–50. <https://doi.org/10.58706/jipp.v1n2.p40-50>
- Nomor, V., Aprilia, L., Fortuna, N., Cahyo, R. N., & Fitriani, S. (2023). *Jambura Journal of Educational Chemistry Review : Laboratorium Virtual untuk Pembelajaran Kimia di Era Digital. 5*, 1–3.
- Rahma, A. A. (2020). Efektivitas Penggunaan Virtual Lab Phet Sebagai Media Pembelajaran Fisika Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Pedagogy: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(2), 50.
- Ramadhani, P., Farma, S. A., Fuadiyah, S., & Yogica, R. (2021). Laboratorium Virtual sebagai Langkah Memaksimalkan Skill Keterampilan Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 1(1), 791–798.
- Rana, R., Sani, Y. M. S. Y. ., & Solo, Y. D. (2023). Efektivitas Penggunaan Laboratorium Virtual dalam Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik Mas Muhammadiyah Nangahure. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 3(3), 589–596. <https://doi.org/10.54082/jupin.232>
- Sanimah, S., Haniyyah, U., & Rambe, I. W. (2024). Kajian Kelebihan dan Kelemahan Penggunaan Laboratorium Virtual sebagai Media Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 129–137. <https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9815>
- Sugiarti, S., Effendi Hsb, M. H., & Muhammad, D. (2022). Pengembangan Laboratorium Virtual pada Materi Penanaman dan Pewarnaan Bakteri di SMA. *Edu-Sains: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 10(1), 1–6. <https://doi.org/10.22437/jmpmipa.v10i1.20689>
- Theresia, C., Hartati, Y., & Lestari, S. (2023). Efektivitas Penggunaan Media Laboratorium Virtual Chemcollective Dengan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Titrasi Asam Basa. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2023, Jurusan Kimia FMIPA UNMUL*, 30–39.