

LABORATORIUM SAINS DIGITAL UNTUK SEKOLAH MENENGAH ATAS



Direktorat Sekolah Menengah Atas
Direktorat Jenderal PAUD, Dikdas dan Dikmen
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
2020

TIM PENYUSUN

Pengarah

PURWADI SUTANTO

Direktur Sekolah Menengah Atas

Penanggung jawab

DHANY HAMIDAN KHOIR

Penulis

ANDIK PURWANTO

Tim Editor

WINDU ASTUTI

UNTUNG WISMONO

DYAH PERMATASARI

Kontributor

Dian Pangarso, Sri Haristiyani Y, Fitriana Suryaningrum, Soripada Harahap, Ayi Mustofa, Kuku Pramono, Firstyan Ariful Rizal, Chaidir Amir, Yugo K Isal, Suryadi Nomi, Purnawarman Musa, Agus Purwanto, Ratna Budiarti, Susanto, Irwan Kustiawan, Hardianto, Respati Hastomo, Bambang Aryan Soekisno, Evi, Haikal, Vera Syifa, Susanty, Abdul Fatah, Dian Wahyudi Nur Ivanty, Fiqih Eka Iswara, Agus Salim, Achmad Safari, Tunggul Manihuruk, Lulus Tri Wahyuni, Ariani Aninda, H. Djamilah Sudjana, Ida Winarni,

Diterbitkan oleh Direktorat Sekolah Menengah Atas

Jl. RS Fatmawati Cipete Jakarta Selatan

Telp. 021-75911532

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

KATA PENGANTAR



PURWADI SUTANTO
Direktur SMA

Transformasi digital mempengaruhi berbagai elemen kehidupan kita, termasuk sektor pendidikan. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah mencanangkan program Digitalisasi Sekolah, yaitu proses digitalisasi pada manajemen dan layanan pendidikan di sekolah. Program ini menjadi salah satu terobosan untuk sekolah agar tetap relevan dengan perkembangan zaman. Maka pengembangan Laboratorium Sains Digital di Sekolah Menengah Atas (SMA) menjadi salah satu langkah strategis dalam proses digitalisasi layanan pendidikan di SMA.

Langkah ini juga sejalan dengan kebijakan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan tentang Merdeka Belajar. Dalam Rencana Strategis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Tahun 2020-2024 dijelaskan bahwa agar merdeka belajara dapat terwujud secara optimal, salah satunya adalah dengan peningkatan infrastruktur serta pemanfaatan teknologi di seluruh satuan pendidikan.

Laboratorium sekolah merupakan bagian integral dari sekolah yang menunjang keberhasilan peningkatan mutu pembelajaran. Strategi pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dalam mengembangkan

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

Laboratorium Sains Digital adalah upaya Direktorat SMA dalam peningkatan mutu pembelajaran dan mendorong penyediaan manajemen dan perangkat bantu mengajar yang bermutu dan terstandar. Mari melangkah bersama mewujudkan Laboratorium Sains Digital pada SMA.

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
TIM PENYUSUN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Dasar Hukum.....	1
B. Latar Belakang.....	2
C. Maksud, Tujuan dan Manfaat.....	11
D. Ruang Lingkup.....	13
II. LABORATORIUM PADA SMA.....	15
A. Pengertian.....	15
B. Tujuan dan Fungsi.....	19
C. Jenis Laboratorium Di SMA.....	24
D. Pengelolaan Laboratorium SMA.....	27
E. Peta Sebaran dan Kondisi.....	31
III. PRAKTIKUM MAYA.....	35
A. Pemanfaatan TIK untuk Praktikum Secara Maya.....	36
B. Kekurangan dan Kelebihan Praktikum Maya.....	41
C. Laboratorium Maya Kemendikbud.....	45
IV. MENGEMBANGKAN LABORATORIUM SAINS DIGITAL PADA SMA.....	51
A. Konsep Laboratorium Sains Digital Pada SMA.....	51
1. Rumusan.....	52
2. Konsep Laboratorium Hybrid.....	68
B. Infrastruktur Laboratorium Sains Digital.....	72

1.	Sarana dan Pra-sarana Laboratorium Konvensional	72
2.	Infrastruktur TIK	74
C.	Konten Praktikum Maya	76
1.	Konten Laboratorium Maya Kemendikbud	76
2.	Konten Sumber Lain	77
3.	Membuat Konten Laboratorium Digital	80
D.	Fitur dan Layanan pada Laboratorium Sains Digital	90
1.	Manajemen Konten Digital	90
2.	Lembar Kerja Siswa	91
3.	Referensi	93
4.	Glosarium Alat	93
5.	Pre-LAB	95
6.	Terhubung dengan database Peserta didik dan GTK	96
7.	Terhubung dengan Jadwal Pelajaran	97
8.	Terhubung dengan Perangkat Pembelajaran/silabus	98
9.	Terhubung dengan Pusat Sumber Belajar	100
10.	Fitur menyimpan data/file/log	102
E.	Pengelolaan Laboratorium Sains Digital	103
1.	Struktur Organisasi	104
2.	POS	105
3.	Pemeliharaan	106
V.	STRATEGI IMPLEMENTASI LABORATORIUM SAINS DIGITAL PADA SMA	109
A.	Tahapan Implementasi	109
1.	Suplemen	109
2.	Komplemen	111
3.	Integrasi	112
4.	Infuse	114
5.	Kondisi Khusus	115
B.	Evaluasi dan Pengembangan	115

VI. PENUTUP.....	117
A. Kesimpulan.....	117
B. Saran.....	117
VII. DAFTAR PUSTAKA.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel I-1 Data Persentase Kekurangan Laboratorium Nasional	8
Tabel II-1 Data Jumlah Laboratorium Per-Provinsi	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Aktvitas Pelajar SMA	2
Gambar I.2 Aktivitas Pembelajaran di Kelas	3
Gambar I.3 Aktivitas Praktikum.....	5
Gambar I.4 Aktivitas Praktikum.....	6
Gambar I.5 Ilustrasi Laboratorium Digital.....	9
Gambar I.6 Ilustrasi Laboratorium Digital.....	13
Gambar II.1 Laboratorium Kimia SMA.....	15
Gambar II.2 Aktivitas Pada Laboratorium.....	17
Gambar II.3 Laboratorium Biologi SMA.....	18
Gambar II.4 Aktivitas Pada Laboratorium.....	20
Gambar II.5 Grafis Penelitian Ilmiah.....	21
Gambar II.6 Aktivitas Pada Laboratorium.....	22
Gambar II.7 Aktivitas Pada Laboratorium.....	25
Gambar II.8 Peralatan Laboratorium.....	27
Gambar II.9 Struktur Organisasi Laboratorium SMA	28
Gambar II.10 Pelatihan Laboran	29
Gambar II.11 Laboran.....	30
Gambar II.12 Ruang Laboratorium	32
Gambar II.13 Rekap Data Dapodik nasional.....	33
Gambar III.1 Ilustrasi Praktikum Secara Digital	36
Gambar III.2 Ilustrasi Praktikum Kimia secara Digital.....	37
Gambar III.3 Laboratorium Digital	39
Gambar III.4 Simulasi/pemodelan Komputer.....	40
Gambar III.5 Aktivitas Praktikum Maya.....	42
Gambar III.6 Ilustrasi Laboratorium Digital.....	43
Gambar III.7 Aktivitas Laboratorium Virtual/Digital.....	44

Gambar III.8 Laboratorium Maya Kemendikbud	46
Gambar III.9 Beranda Laboratorium Maya Kemendikbud.....	47
Gambar III.10 Beranda Laboratorium Maya Kemendikbud.....	48
Gambar IV.1 Grafis Industry 4.0.....	51
Gambar IV.2 Grafis Regulasi.....	54
Gambar IV.3 Tata Ruang Laboratorium	55
Gambar IV.4 Peralatan Laboratorium.....	56
Gambar IV.5 Pelatihan Kepala Laboratorium.....	57
Gambar IV.6 Sertifikat Akreditasi.....	58
Gambar IV.7 Rapor Mutu Sekolah	59
Gambar IV.8 Konten Laboratorium Digital	61
Gambar IV.9 Konten Laboratorium Maya Kemendikbud	62
Gambar IV.10 Simulasi 3-D.....	63
Gambar IV.11 Laboratorium Virtual – Simulasi Ruangan.....	64
Gambar IV.12 Perangkat Head Mounted Display	65
Gambar IV.13 Laboratorium virtual fisika PhET.....	66
Gambar IV.14 Laboratorium virtual Labster.....	67
Gambar IV.15 Berbagai Gawai Untuk Akses Laboratorium Digital.....	68
Gambar IV.16 Ilustrasi Rumusan Laboratorium Sains Digital.....	70
Gambar IV.17 Ilustrasi Konsep Hybrid Perpaduan Konvensional dan Digital	71
Gambar IV.18 Ilustrasi Lay Out Laboratorium.....	73
Gambar IV.19 Laboratorium Komputer SMA.....	74
Gambar IV.20 Grafis Infrastruktur TIK.....	75
Gambar IV.21 Konten Laboratorium Maya Kemendikbud	76
Gambar IV.22 Physics and Education Technology (PhET) Interactive Simulations	77
Gambar IV.23 Laboratorium digital Labster.....	78
Gambar IV.24 Laboratorium On line Amrita Olabs	79
Gambar IV.25 Konten Simulasi.....	81

Gambar IV.26 Konten Imersi.....	82
Gambar IV.27 Ilustrasi Aplikasi Video Editor	83
Gambar IV.28 Ilustrasi Konten Animasi	84
Gambar IV.29 Ilustrasi Bahasa Pemrograman	85
Gambar IV.30 Konten Dari Hasil Pemograman.....	85
Gambar IV.31 Proses Bisnis Produksi Konten Praktikum Maya.....	86
Gambar IV.32 Augmented Reality.....	87
Gambar IV.33 Virtual reality.....	88
Gambar IV.34 Mixed reality	89
Gambar IV.35 Ilustrasi Menu Manajemen Konten	91
Gambar IV.36 Ilustrasi Menu LKS Digital	92
Gambar IV.37 Ilustrasi Menu Referensi	93
Gambar IV.38 Ilustrasi Glosarium Alat – PDF	94
Gambar IV.39 Ilustrasi Glosarium Alat Video	95
Gambar IV.40 Proses Bisnis Pre-Lab	96
Gambar IV.41 Proses Bisnis Integrasi Dapodik.....	97
Gambar IV.42 Ilustrasi Jadwal Praktikum	98
Gambar IV.43 Ilustrasi Silabus dan Materi	99
Gambar IV.44 Buku Praktikum Maya Untuk Mendukung Pembelajaran Jarak Jauh di SMA.....	100
Gambar IV.45 Pusat Sumber Belajar Kemendikbud.....	101
Gambar IV.46 Pusat Sumber Belajar Kemendikbud.....	102
Gambar IV.47 Ilustrasi Log Sistem.....	103
Gambar IV.48 Ilustrasi Struktur Organisasi Laboratorium SMA.....	105
Gambar IV.49 Ilustrasi SOP/POS Laboratorium.....	106
Gambar IV.50 Ilustrasi Grafis Pemeliharaan.....	107
Gambar V.1 Suplemen	110
Gambar V.2 Komplemen	112
Gambar V.3 Integrasi.....	113
Gambar V.4 Infuse	115

I. PENDAHULUAN

A. Dasar Hukum

Pengembangan Laboratorium Sains Digital untuk Sekolah Menengah Atas (SMA) ini dilakukan dengan memperhatikan dan berlandaskan:

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan;
3. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 24 Tahun 2007 tentang Standar Sarana dan Prasarana Untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTsJ), dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA);
4. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Standar Tenaga Laboratorium Sekolah/Madrasah;
5. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 99 Tahun 2013 tentang Tata Kelola TIK di Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan;
6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 20 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 45 Tahun 2019 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan;

B. Latar Belakang

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional mendefinisikan pembelajaran adalah suatu proses interaksi antara peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Pembelajaran dipandang sebagai suatu proses yang mengondisikan lingkungan seseorang secara sengaja dikelola untuk memungkinkan ia turut serta dalam tingkah laku tertentu dalam kondisi-kondisi khusus atau menghasilkan respons terhadap situasi tertentu. Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa pembelajaran di sekolah pada dasarnya adalah proses penciptaan atau pengondisian sebuah lingkungan sekolah atau kelas yang memungkinkan peserta didik belajar.



Gambar 1.1 Aktivitas Pelajar SMA

Sumber: Dokumentasi SMAN 2 Kota Tangerang Selatan

Adanya pengkondisian yang ada di dalam kelas memungkinkan seluruh warga kelas memiliki kendali terhadap penciptaan tersebut, dan pendidik berperan sebagai pendesainnya. Dalam pengendalian kondisi

tersebut pendidik menggunakan pendekatan atau model pembelajaran tertentu. Model seperti ini merupakan bentuk pendekatan pembelajaran sebagai jalan yang digunakan oleh pendidik atau pembelajar untuk menciptakan suasana yang memungkinkan peserta didik belajar dengan optimal. Maka dapat disimpulkan bahwa dalam ruang lingkup kelas maupun dalam ruang laboratorium, model pembelajaran dapat diartikan sebagai suatu jalan atau cara yang ditempuh oleh pendidik dan peserta didik untuk menciptakan atau mengondisikan suasana kelas yang memungkinkan adanya proses atau interaksi belajar mengajar. Dalam hal ini seorang pendidik memiliki peran yang sangat penting dalam proses pembelajaran di kelas, karena tugas pendidik adalah mendesain termasuk memilih pendekatan atau model pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengendalikan pembelajaran dalam kelas sehingga tercipta suasana kelas dan suasana pembelajaran yang kondusif.



Gambar 1.2 Aktivitas Pembelajaran di Kelas

Sumber: Dokumentasi SMA PGRI Plus Cibinong

Sedangkan belajar merupakan suatu aktivitas mental yang berlangsung dalam interaksi aktif dengan lingkungan yang menghasilkan perubahan dalam pengetahuan, pemahaman, keterampilan serta sikap dan perubahan ini bersifat relatif konstan dan berbekas. Hasil belajar peserta didik ditentukan oleh sejauh mana peserta didik terlibat secara mental dalam kegiatan belajar dan kedekatan peserta didik dengan objek belajar. Suatu metode dalam penyajian konsep akan menentukan pemahaman peserta didik, dan kedekatan materi belajar pada peserta didik akan membuat peserta didik merasakan adanya keterlibatan mental. Pendekatan dan proses pembelajaran menentukan seberapa banyak muatan atau isi dari suatu pengalaman yang diperoleh peserta didik terkait dengan pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang diharapkan. Pengalaman serta keterampilan menjadi unsur penting ketika peserta didik belajar tentang ilmu pengetahuan alam.

Ilmu pengetahuan alam adalah ilmu yang mempelajari berbagai fenomena dan hukum alam. Ilmu pengetahuan alam mencakup sub bidang studi Kimia, Biologi, Geologi, Astronomi dan juga Fisika. Dalam ruang lingkup pembahasan di buku ini akan dibatasi pada tiga mata pelajaran, yaitu Biologi, Fisika, dan Kimia. Biologi atau ilmu hayat adalah kajian tentang kehidupan, dan organisme hidup, termasuk struktur, fungsi, pertumbuhan, evolusi, persebaran, dan taksonominya. Sedangkan Fisika adalah ilmu yang mengkaji interaksi antara energi dan materi yang menjadi dasar dari ilmu pengetahuan alam. Adapun Kimia adalah cabang dari ilmu fisik yang mempelajari tentang susunan, struktur, sifat, dan perubahan materi. Dalam pembelajaran Biologi, Fisika, dan Kimia di sekolah menengah atas, peserta didik diharapkan tidak hanya menguasai konsep-konsep secara teori tetapi juga mampu menggunakan metode ilmiah untuk membuktikan konsep-konsep yang didapat dari teori tersebut.

Mata pelajaran Biologi, Fisika, dan Kimia yang tergabung dalam Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan ilmu dasar yang memiliki karakteristik untuk menumbuhkan kemampuan berpikir, bekerja, dan bersikap ilmiah serta mengomunikasikannya sebagai aspek penting kecakapan hidup yang mencakup bangun ilmu yang terdiri atas fakta, konsep, prinsip, hukum, postulat, dan teori serta metodologi penelitian. Oleh karenanya dalam proses pembelajarannya sangat diperlukan adanya praktikum. Praktikum dilakukan setelah secara teori dikuasai untuk mengasah keterampilan, karena pada dasarnya dalam mata pelajaran IPA menuntut lebih banyak kerja/praktik ilmiah.



Gambar 1.3 Aktivitas Praktikum

Sumber: Dokumentasi SMAN 6 Kota Depok

Berdasarkan pendapat para ahli juga disimpulkan bahwa pembelajaran IPA merupakan suatu kegiatan belajar mengajar atau kegiatan pendidik yang dirancang untuk menciptakan interaksi antara peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan

belajar yang didalamnya mempelajari alam, dan kejadian-kejadiannya untuk mencapai tujuan yang diharapkan yang berupa produk, dan proses. Pembelajaran IPA akan lebih cepat dipahami jika diajarkan sesuai hakikat alam, yaitu meliputi produk dan proses, dan diharapkan dari pembelajaran tersebut peserta didik dapat menemukan fakta, membangun konsep sendiri berdasarkan asimilasi pengalaman yang dilakukan, secara teori, dan sikap ilmiah, sehingga mampu menghasilkan penguasaan dengan baik. Disinilah peran adanya laboratorium di sekolah sangat penting untuk mendukung kegiatan praktikum, yaitu suatu proses pembelajaran dengan praktik sehingga dapat menumbuhkan budaya sikap ilmiah serta dapat meningkatkan kemampuan berpikir dan keterampilan peserta didik.



Gambar 1.4 Aktivitas Praktikum

Sumber: Dokumentasi SMAN 6 Kota Depok

Kegiatan praktikum merupakan salah satu faktor yang penting dalam menunjang keberhasilan peserta didik dalam mengikuti proses kegiatan belajar mengajar. Beberapa mata pelajaran praktikum selain harus

mengetahui konsep dasar dan teori-teori penunjangnya, juga harus melakukan eksperimen/percobaan di laboratorium untuk memahami tentang suatu konsep tertentu atau teori-teori dasar yang telah dipelajarinya agar mempunyai tingkat pemahaman yang lebih luas. Untuk melaksanakan suatu kegiatan praktikum maka diperlukan beberapa faktor, diantaranya ruang laboratorium yang bermacam-macam sesuai dengan bidang praktikum, dan fasilitas peralatan serta bahan-bahan yang cukup memadai.

Namun demikian pada kenyataannya masih banyak sekolah termasuk Sekolah Menengah Atas (SMA) yang belum memiliki laboratorium. Berdasarkan data publikasi Pusat Data dan Informasi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Pusdatin) Tahun 2019 yang juga dimuat dalam Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Tahun 2020 – 2024 terlihat bahwa laboratorium sebagai sarana pendukung pembelajaran mata pelajaran sains masih kurang memadai. Angka persentase kekurangan laboratorium tersebut mencapai 62,7% (enam puluh dua koma tujuh persen) rata-rata secara nasional. Khususnya SMA ada di angka 55,0 % secara nasional, artinya lebih dari separuh SMA sesuai dengan Standar Nasional Pendidikan (SNP) belum memiliki laboratorium sebagai sarana praktikum oleh peserta didik. Dengan demikian masih banyak diperlukan pemenuhan salah satu fasilitas primer pembelajaran, yakni laboratorium.

Tabel I-1 Data Persentase Kekurangan Laboratorium Nasional

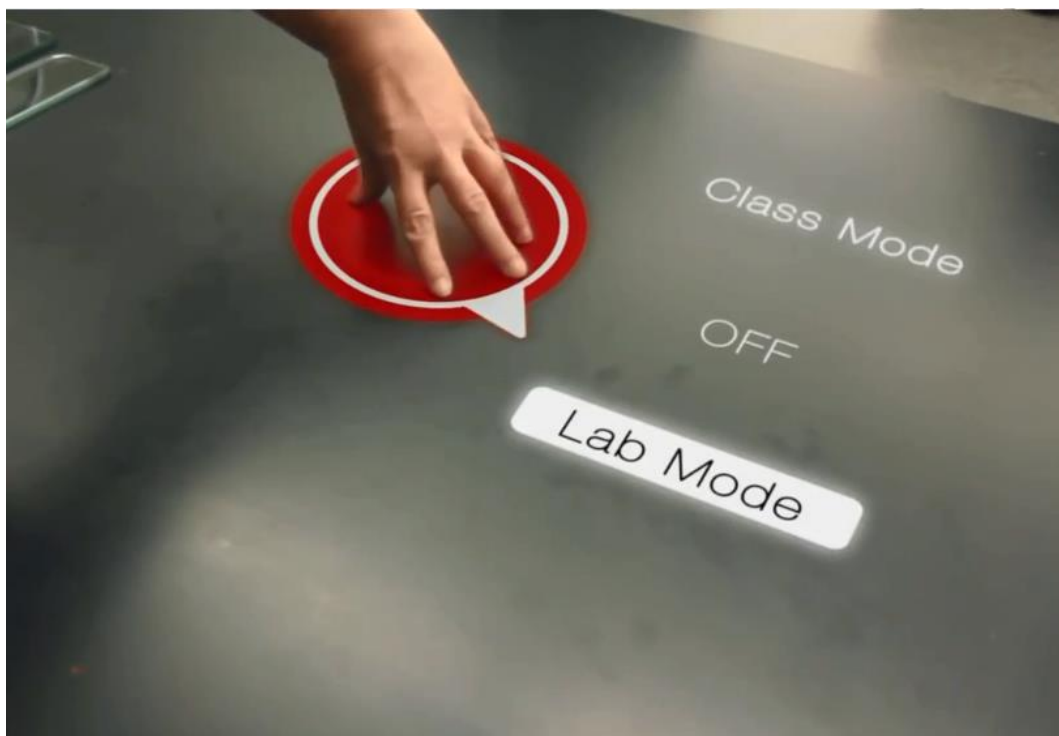
Jenjang	Jumlah sekolah	Laboratorium			
		Kebutuhan Sesuai SNP	Yang Tersedia	Kekurangan	% Kekurangan
SD	148.244	-	-	-	-
SMP	38.960	38.960	24.426	12.534	32.2
SMA	13.495	67.475	30.359	37.116	55.0
SMK	13.710	95.970	18.711	77.259	80.5
Jumlah	214.409	202.405	75.496	126.909	62.7

Sumber: Renstra Kemendikbud 2020-2024

Kondisi lain adalah sekolah sudah memiliki bangunan/ruang laboratorium akan tetapi tidak memiliki peralatan yang memadai, atau bahan yang tersedia sangat kurang. Ada juga sekolah yang kondisi bangunan/ruang laboratoriumnya dalam kondisi rusak sedang maupun berat sehingga tidak dapat difungsikan. Kondisi-kondisi tersebut ditengarai banyak dialami oleh sekolah khususnya SMA yang terdapat di daerah/pelosok terutama daerah Terdepan, Terpencil, Tertinggal (3T). Hal ini menyebabkan terjadinya kesenjangan layanan pendidikan di daerah perkotaan dan di daerah 3T semakin lebar.

Banyaknya SMA yang belum memiliki laboratorium atau memiliki laboratorium tetapi tidak tersedia peralatan dan bahan, dan juga SMA yang laboratoriumnya dalam kondisi rusak, kesemuanya berdampak pada terjadinya kesenjangan dalam layanan pendidikan. Permasalahan ini

memerlukan suatu terobosan dan solusi untuk mengatasinya. Terobosan yang dipandang tepat dan sesuai perkembangan zaman saat ini adalah dengan memasukkan dan memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) ke dalam laboratorium sekolah atau dengan kata lain dilakukan digitalisasi laboratorium. Untuk itulah Direktorat SMA menggagas pengembangan laboratorium secara digital untuk mendukung pembelajaran pada mata pelajaran Biologi, Fisika, dan Kimia dengan nama “Laboratorium Sains Digital”.



Gambar 1.5 Ilustrasi Laboratorium Digital

Laboratorium digital berbeda dengan laboratorium konvensional, pada laboratorium digital alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan kegiatan praktikum adalah seperangkat komputer lengkap dengan software yang dirancang khusus untuk kegiatan eksperimen. Software ini berisi animasi- animasi berupa simulasi dan pemodelan, dan juga alat bahan dan desain untuk kegiatan eksperimen dengan menggunakan media komputer

sebagai media pembelajaran. Maka praktikum harus direncanakan secara sistematis agar pembelajaran dan penggunaan komputer dapat berjalan dengan efektif.

Pengembangan Laboratorium Sains Digital oleh Direktorat SMA tidak dimaksudkan untuk menggantikan laboratorium konvensional yang saat ini sudah ada di sekolah, akan tetapi lebih bersifat pengayaan dan optimalisasi fungsi dan peran dalam mendukung pembelajaran. Karena bagaimanapun pengalaman (*experience*) dalam melakukan praktikum secara nyata tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh simulasi/pemodelan komputer. Akan tetapi adanya Laboratorium Sains Digital akan sangat membantu dan menjadi solusi bagi sekolah yang belum memiliki laboratorium atau yang laboratoriumnya tidak dapat berfungsi dengan baik untuk tetap dapat memberikan layanan praktikum kepada peserta didik walaupun dilakukan secara maya.

Adanya Laboratorium Sains Digital yang didalamnya berisi materi-materi untuk melakukan praktikum secara maya juga didapat penghematan dari sisi operasional laboratorium di sekolah. Misalnya praktikum secara nyata di laboratorium cukup dilakukan sekali, kemudian peserta didik dapat kembali mengulang-ulang proses praktikum dengan memanfaatkan simulasi di praktikum maya. Dengan demikian peserta didik dapat termotivasi kreatifitasnya dengan dapat mengulangi praktikum secara maya sebanyak yang peserta didik kehendaki sampai dengan benar-benar dapat memahami materi, namun tidak khawatir akan merusak alat praktik sekaligus tidak menghabiskan banyak bahan yang berharga mahal.

Laboratorium Sains Digital juga akan dapat meningkatkan literasi sains peserta didik. Pengetahuan sains dan teknologi berbasis sains berkontribusi signifikan terhadap kehidupan pribadi, sosial, dan profesional.

Literasi sains membantu peserta didik dalam membentuk pola pikir, perilaku, dan membangun karakter manusia untuk peduli dan bertanggung jawab terhadap dirinya, masyarakat, dan alam semesta, serta permasalahan yang dihadapi masyarakat modern yang sangat bergantung pada teknologi.

C. Maksud, Tujuan dan Manfaat

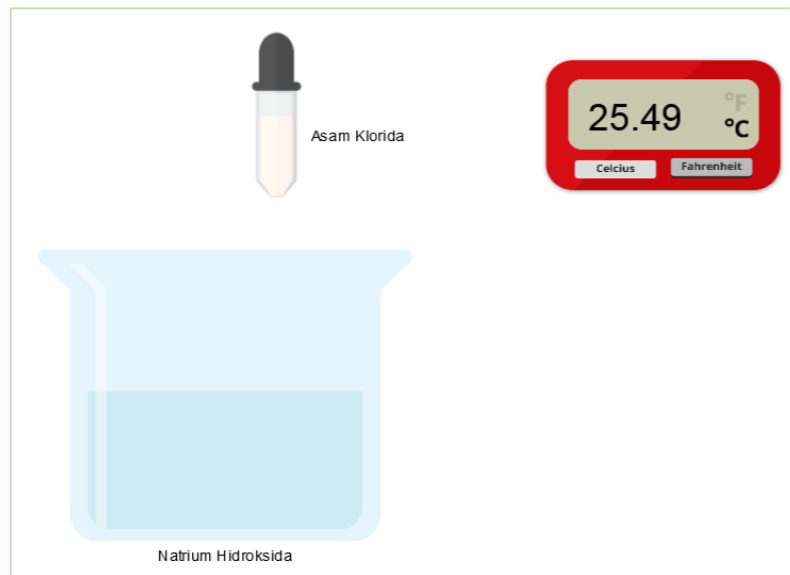
Pengembangan Laboratorium Sains Digital oleh Direktorat SMA dimaksudkan sebagai terobosan dan solusi untuk SMA yang belum memiliki laboratorium, memiliki laboratorium tetapi tidak ada peralatan dan bahan, dan SMA yang laboratorium dalam kondisi rusak, yang kesemuanya berdampak pada terjadinya kesenjangan dalam layanan pendidikan. Penjelasan dan konsep Laboratorium Sains Digital yang diuraikan dalam buku ini juga dapat menjadi panduan dan standarisasi jika SMA bermaksud mengembangkan sendiri Laboratorium Sains Digital.

Adapun tujuan pengembangan Laboratorium Sains Digital adalah untuk mendukung kegiatan praktikum suatu proses pembelajaran sehingga dapat menumbuhkan budaya sikap ilmiah serta dapat meningkatkan kemampuan berpikir dan keterampilan peserta didik dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi. Salah satu kelebihan materi dalam bentuk simulasi dan pemodelan yang dijalankan pada komputer akan memberikan sajian yang konsisten secara terus menerus. Hal ini membuat peserta didik dari sekolah dengan beragam kondisi akan menerima dan dapat menggunakan materi yang sama sehingga dapat mengurangi kesenjangan yang diakibatkan kondisi dan daya dukung pembelajaran di sekolah yang beragam.

Laboratorium digital memang tidak dapat menggantikan laboratorium fisik 100%, akan tetapi menjadi sebuah alternatif dalam era

pendidikan berbasis teknologi sekarang ini, dan bahkan mampu menjadi optimalisasi dan menambal kekurangan dari laboratorium fisik/konvensional. Beberapa manfaat dari adanya laboratorium digital adalah:

1. Tidak memerlukan ruang, peralatan laboratorium, dan bahan-bahan yang digunakan yang tentunya sangat mahal harganya.
2. Peralatan-peralatan praktikum yang harga mahal atau yang tidak dimiliki pada laboratorium fisik dapat digantikan.
3. Lebih efisien, lebih ekonomis karena tidak memerlukan biaya yang besar untuk operasionalnya.
4. Dapat diakses dimana saja dan kapan saja baik secara daring/*online* ataupun luring/*offline*.
5. Interaktif, peserta didik dapat melakukan praktikum sebagaimana yang dilakukan pada laboratorium fisik dengan visual yang menarik.
6. Menghilangkan resiko atau dampak dari kegiatan praktikum-praktikum yang berbahaya.
7. Dapat melakukan kegiatan praktikum untuk objek-objek yang ukurannya terlalu kecil (mikroskopik) atau terlalu besar (makroskopik).



Gambar 1.6 Ilustrasi Laboratorium Digital

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

D. Ruang Lingkup

Pada saat ini di Sekolah Menengah Atas (SMA) terdapat bermacam-macam laboratorium, mulai dari laboratorium komputer, laboratorium multimedia, laboratorium bahasa, laboratorium Biologi, laboratorium Fisika dan laboratorium Kimia, namun ruang lingkup pengembangan Laboratorium Sains Digital adalah meliputi laboratorium yang masuk kategori mata pelajaran IPA, yaitu: laboratorium Biologi, laboratorium Fisika dan laboratorium Kimia di SMA.

Pembahasan buku ini akan difokuskan pada uraian konsep tentang Laboratorium Sains Digital, mulai dari pengertian, proses bisnisnya, penggambaran fitur-fitur dan infrastruktur pendukungnya sampai dengan penggambaran implementasinya. Tetapi tidak menguraikan proses pembangunan/*develop* dari sisi aplikasi maupun pembuatan/*develop* konten berupa simulasi/pemodelan komputernya. Apabila diperlukan untuk uraian

dan penjelasan detail dari suatu pokok bahasan pada pengembangan Laboratorium Sains Digital dalam buku ini, maka dapat ditulis dalam buku turunan sesuai topik dengan lebih detail dan lengkap.

II. LABORATORIUM PADA SMA

Laboratorium merupakan salah satu sarana penunjang kegiatan belajar mengajar di sekolah. Di laboratorium ini peserta didik dapat melaksanakan praktik secara eksperimen, meneliti, dan membuktikan teori-teori. Laboratorium di sekolah ada banyak ragamnya, sesuai dengan jurusan yang ada di sekolah tersebut. Pada sekolah-sekolah yang mempunyai jurusan IPA, tentu membutuhkan laboratorium IPA. Laboratorium IPA ini mempunyai sub-sub laboratorium biologi, fisika dan kimia.



Gambar II.1 Laboratorium Kimia SMA

Sumber: Dokumentasi SMAN 70 Jakarta

A. Pengertian

Secara etimologi kata “laboratorium” berasal dari kata latin yang berarti “tempat bekerja” dan dalam perkembangannya kata “laboratorium” mempertahankan kata aslinya yaitu “tempat bekerja”, akan tetapi khusus

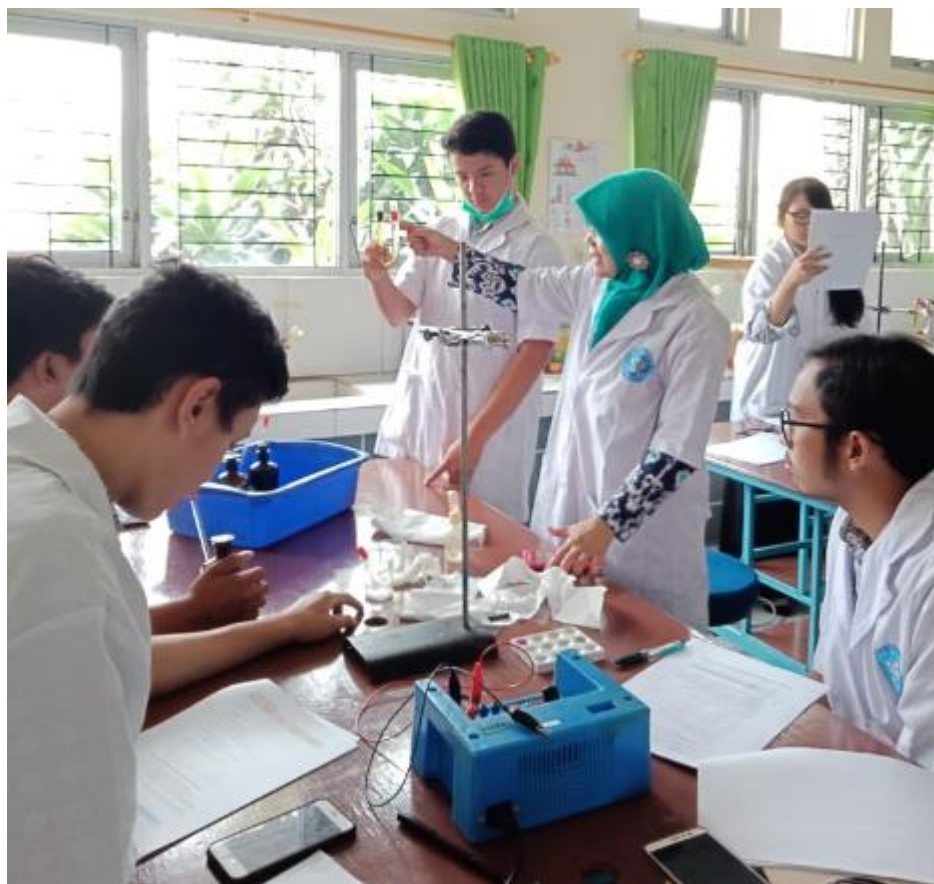
untuk keperluan penelitian ilmiah. Sedangkan secara terminologi berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), laboratorium adalah tempat atau kamar dan sebagainya tertentu yang dilengkapi dengan peralatan untuk mengadakan percobaan (penyelidikan dan sebagainya). Sedangkan menurut *Oxford English Dictionary*, Laboratorium adalah ruangan atau gedung yang digunakan untuk penelitian ilmiah, eksperimen, pengujian, dan lain-lain.

Dalam buku petunjuk pengelolaan laboratorium IPA SMA 1 yang diterbitkan oleh Departemen Pendidikan dan Kebudayaan tahun 1979, laboratorium adalah tempat bekerja untuk mengadakan percobaan atau penyelidikan dalam bidang ilmu tertentu, seperti Biologi, Fisika, Kimia, dan sebagainya. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi No.03/Januari/2010 dan Peraturan Bersama Menteri Pendidikan Nasional dan Kepala Badan Kepegawaian Negara No.02 dan No.13/Mei/2010, yang dimaksud dengan Laboratorium Pendidikan adalah unit penunjang akademik pada lembaga pendidikan, berupa ruangan tertutup atau terbuka, bersifat permanen atau bergerak, dikelola secara sistematis untuk kegiatan pengujian, kalibrasi, dan/atau produksi dalam skala terbatas, menggunakan peralatan dan bahan berdasarkan metode keilmuan tertentu, dalam rangka pelaksanaan pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat.

Masih banyak pendapat para ahli yang mendefinisikan tentang laboratorium, tapi secara umum dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Tempat yang dilengkapi peralatan untuk melangsungkan eksperimen didalam sains atau melakukan pengujian dan analisis.

2. Bangunan atau ruang yang dilengkapi peralatan untuk melangsungkan penelitian ilmiah ataupun praktik pembelajaran bidang sains.
3. Tempat memproduksi bahan kimia atau obat.
4. Tempat kerja untuk melangsungkan penelitian ilmiah.
5. Ruang kerja seorang ilmuwan dan tempat menjalankan eksperimen bidang studisains (Biologi, Fisika, Kimia)



Gambar II.2 Aktivitas Pada Laboratorium

Sumber: Dokumentasi SMAN 2 Kota Tangerang Selatan

Menurut kegunaannya, laboratorium dibagi menjadi dua jenis yaitu laboratorium pembelajaran (*classroom laboratory*) dan laboratorium penelitian (*research laboratory*). Laboratorium pembelajaran mempunyai

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

ukuran yang lebih besar dari laboratorium penelitian. Laboratorium pembelajaran bisa disebut juga dengan laboratorium sekolah yang didesain untuk proses belajar mengajar, praktikum dan kegiatan lain yang mendukung proses pembelajaran. Laboratorium sekolah merupakan tempat atau lembaga tempat peserta didik belajar serta mengadakan percobaan (penyelidikan) dan sebagainya yang berhubungan dengan sains. Dengan begitu kegiatan laboratorium (praktikum) merupakan bagian integral dari kegiatan belajar mengajar.



Gambar II.3 Laboratorium Biologi SMA

Sumber: Dokumentasi SMAN 1 Bogor

Laboratorium Sekolah merupakan salah satu sarana prasarana yang harus disediakan oleh penyelenggara sekolah untuk menunjang kegiatan belajar mengajar. Hal tersebut tercantum dalam Peraturan Pemerintah

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

Republik Indonesia nomor 19 Tahun 2005 Tentang Standar Nasional Pendidikan yang dijelaskan pada bab 2 pasal 2 tentang lingkup Standar Nasional Pendidikan yang meliputi:

1. Standar Isi
2. Standar Proses
3. Standar Kompetensi Lulusan
4. Standar Pendidikan dan Tenaga Kependidikan
5. Standar Sarana dan Prasarana
6. Standar Pengelolaan
7. Standar Pembiayaan
8. Standar Penilaian Pendidikan

Selanjutnya standar sarana dan prasarana untuk laboratorium Biologi, Fisika, dan Kimia untuk SMA/MA dijelaskan secara detail dalam peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 24 Tahun 2007 Tentang Standar Sarana Dan Prasarana Untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTS), Dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA).

B. Tujuan dan Fungsi

Tujuan adanya laboratorium sekolah adalah untuk mendukung kegiatan praktikum suatu proses pembelajaran sehingga dapat menumbuhkan budaya sikap ilmiah serta dapat meningkatkan kemampuan berpikir dan keterampilan peserta didik. Pembelajaran merupakan sebuah proses interaksi antara peserta didik dengan lingkungannya, sehingga terjadi perubahan tingkah laku ke arah yang lebih baik. Pembelajaran tersusun atas unsur manusiawi, material, fasilitas, perlengkapan dan

prosedur yang saling mempengaruhi dalam mencapai tujuan tertentu. Tujuan yang dimaksud adalah peserta didik memiliki kompetensi melalui upaya menumbuhkan serta mengembangkan sikap (*attitude*), pengetahuan (*knowledge*), keterampilan (*skill*) melalui sebuah proses pembelajaran yang tepat. Kata kunci dalam pencapaian tujuan ini adalah proses pembelajaran yang tepat.



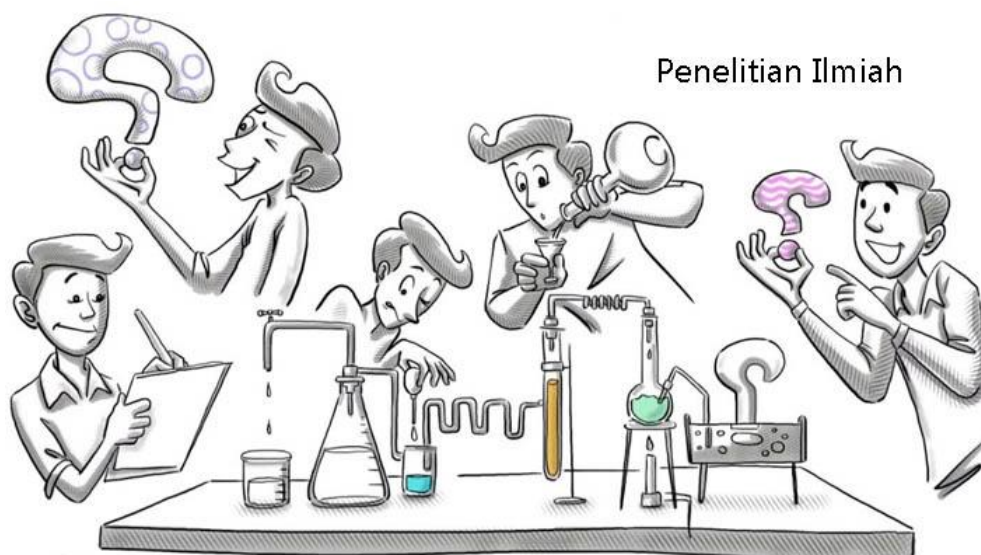
Gambar II.4 Aktivitas Pada Laboratorium

Sumber: Dokumentasi SMAN 1 Bogor

Di bidang sains, terdapat salah satu aspek penting dalam proses pembelajaran yaitu pendekatan saintifik dimana peserta didik terlibat langsung atau mempunyai pengalaman terhadap benda-benda dan stimulus-stimulus dalam lingkungan belajar. Pendekatan saintifik (*scientific approach*) adalah model pembelajaran yang menggunakan kaidah-kaidah keilmuan yang memuat serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui proses mengamati (*observing*), menanya (*questioning*), mencoba (*experimenting*), mengolah data atau informasi dilanjutkan

dengan menganalisis, menalar (*associating*), dan menyimpulkan, menyajikan data atau informasi (*mengomunikasikan/communicating*), dan menciptakan serta membentuk jaringan (*networking*).

Pendekatan saintifik pada hakikatnya melibatkan dimensi produk dan proses. Dimensi produk merupakan kumpulan teori yang telah teruji kebenarannya, sedangkan dimensi prosesnya, merupakan langkah-langkah yang harus ditempuh untuk memperoleh pengetahuan atau gejala-gejala alam yang sering dikenal sebagai metode ilmiah yang berlandaskan pada sikap ilmiah. Terkait dengan hal tersebut pembelajaran sains perlu berorientasi pada keterampilan proses, merumuskan keterampilan proses yang dikembangkan dalam pembelajaran sains yang dalam hal ini dikhususkan pada bidang fisika, yaitu: mengamati, mengklasifikasi, mengukur, mengkomunikasikan, menyimpulkan, dan merencanakan eksperimen.



Gambar II.5 Grafis Penelitian Ilmiah

Keterkaitan pengamatan eksperimental dengan teori adalah dua hal yang mendasari pemahaman yang koheren di bidang sains. Pemahaman teoritis konsep-konsep sains perlu dilengkapi dengan pengalaman praktis

di laboratorium. Laboratorium merupakan tempat bagi peserta didik untuk melakukan eksperimen-eksperimen dari teori yang telah diberikan di kelas. Fungsi dari eksperimen itu sendiri sebagai penunjang pembelajaran guna meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap suatu materi yang telah dipelajari. Laboratorium selama ini telah menjadi jantung dari pendidikan sains. Laboratorium setidaknya memiliki tiga fungsi dasar, yaitu sebagai sumber belajar, dimana laboratorium digunakan untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan ranah kognitif, afektif dan psikomotorik dengan melakukan percobaan, metode pendidikan, yang meliputi metode pengamatan dan metode percobaan, dan sarana penelitian, yaitu tempat dilakukannya berbagai penelitian sehingga terbentuk pribadi peserta didik yang bersikap ilmiah.



Gambar II.6 Aktivitas Pada Laboratorium

Sumber: Dokumentasi SMAN 6 Depok

Laboratorium sekolah sebagai perangkat pendidikan di sekolah merupakan bagian integral dalam sistem kurikulum sekolah berfungsi sebagai berikut:

1. Pelayanan Laboratorium sekolah/madrasah memberikan pelayanan kegiatan praktikum dalam proses pembelajaran.
2. Pengadaan/pengembangan media pembelajaran Laboratorium sekolah/madrasah menyediakan berbagai bahan dan peralatan yang diperlukan untuk mendukung proses pembelajaran di sekolah.
3. Pusat penelitian dan pengembangan Laboratorium sekolah/madrasah menyediakan berbagai bahan dan peralatan yang bermanfaat untuk melaksanakan penelitian bagi peserta didik, pendidik dan tenaga kependidikan.

Perkembangan teknologi pada dua dekade terakhir membawa berbagai macam perubahan di segala bidang, termasuk di bidang pendidikan. Teknologi digital mempermudah proses pembelajaran dengan menghadirkan format baru dalam mendukung proses pembelajaran. Era digital yang mendorong inovasi-inovasi baru dimana teknologi telah membuka kemungkinan proses pembelajaran sains baru dalam bentuk laboratorium digital. Laboratorium digital merupakan sebuah pengalaman belajar yang mensimulasikan laboratorium otentik. Laboratorium disimulasikan dan divisualisasikan melalui format digital, maka dapat digunakan peserta didik untuk mengeksplorasi konsep dan teori.

C. Jenis Laboratorium Di SMA

Berdasarkan klasifikasinya laboratorium dapat dibedakan atas: Laboratorium pendidikan, yaitu laboratorium yang digunakan untuk lembaga pendidikan terutama tingkat SD, SMP, SMA. Dan Laboratorium riset, yaitu laboratorium yang digunakan oleh para praktisi keilmuan dalam upaya menemukan sesuatu untuk meneliti suatu hal yang dibidangnya.

Ditinjau dari bidang keilmuannya, laboratorium di Sekolah Menengah Atas (SMA) terdiri dari:

1. Laboratorium IPA
 - a) Laboratorium Biologi
 - b) Laboratorium Fisika
 - c) Laboratorium Kimia
2. Laboratorium IPS
3. Laboratorium Bahasa
4. Laboratorium Komputer/Multimedia

Akan tetapi dalam pembahasan pengembangan Laboratorium Sains Digital ini dibatasi ruang lingkupnya pada Laboratorium Biologi, Laboratorium Fisika, dan Laboratorium Kimia saja.



Gambar II.7 Aktivitas Pada Laboratorium

Sumber: Dokumentasi SMAN 2 Kota Tangerang Selatan

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara Dan Reformasi Birokrasi Nomor 03 Tahun 2010 Tentang Jabatan Fungsional Pranata Laboratorium Pendidikan Dan Angka Kreditnya, bahwa laboratorium pendidikan yang selanjutnya disebut laboratorium adalah unit penunjang akademik pada lembaga pendidikan, berupa ruangan tertutup atau terbuka, bersifat permanen atau bergerak, dikelola secara sistematis untuk kegiatan pengujian, kalibrasi, dan/atau produksi dalam

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

skala terbatas, dengan menggunakan peralatan dan bahan berdasarkan metode keilmuan tertentu, dalam rangka pelaksanaan pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat.

Dalam peraturan tersebut laboratorium dibagi menjadi 4 (empat) tipe, yaitu:

1. Laboratorium Tipe I
adalah Laboratorium ilmu dasar yang terdapat di sekolah pada jenjang pendidikan menengah, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan peserta didik.
2. Laboratorium Tipe II
adalah Laboratorium ilmu dasar yang terdapat di pendidikan tinggi tingkat persiapan (Semester 1 dan 2), atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan mahasiswa.
3. Laboratorium Tipe III
adalah Laboratorium bidang keilmuan terdapat di jurusan atau program studi, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan pendidikan, dan penelitian mahasiswa dan dosen.

4. Laboratorium Tipe IV

adalah Laboratorium terpadu yang terdapat di pusat studi fakultas atau universitas, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, mahasiswa didik dan dosen.

Berdasarkan tipe tersebut, maka laboratorium di SMA termasuk dalam kategori tipe I.



Gambar II.8 Peralatan Laboratorium

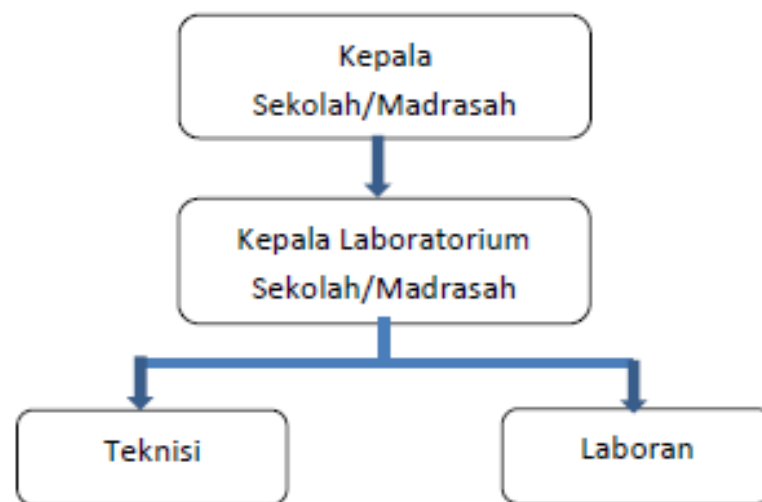
Sumber: Dokumentasi SMAN 2 Kota Tangerang Selatan

D. Pengelolaan Laboratorium SMA

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan, tenaga laboratorium merupakan tenaga

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

kependidikan pada SMP/MTs, SMA/MA, SMK/MAK, SDLB, SMPLB, dan SMALB atau bentuk lain yang sederajat. Struktur organisasi laboratorium sekolah/madrasah terdiri atas kepala sekolah/madrasah, kepala laboratorium, teknisi, dan laboran. Berikut ini bagan organisasi laboratorium sekolah/madrasah.



Gambar II.9 Struktur Organisasi Laboratorium SMA

Standar dan kualifikasi sumber daya manusia untuk pengelolaan laboratorium telah diatur melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Standar Tenaga Laboratorium Sekolah/Madrasah. Dalam peraturan tersebut diuraikan bahwa Kepala laboratorium adalah pendidik atau teknisi/laboran yang diangkat sebagai kepala laboratorium berdasarkan standar kompetensi yang ditetapkan. Kepala laboratorium merupakan unsur penting dalam pengelolaan laboratorium yang salah satu tugas utamanya adalah membuat perencanaan kegiatan laboratorium.

Sedangkan Teknisi laboratorium/juru bengkel adalah orang yang berperan dalam beroperasinya peralatan laboratorium dan bengkel atau dengan istilah lain adalah asisten pendidik/kepala laboratorium yang

mendukung pelaksanaan kegiatan laboratorium dalam aspek teknis. Laboran adalah orang yang bertugas membantu aktivitas peserta didik di laboratorium dalam melakukan suatu kegiatan praktik dan praktikum. Dalam melakukan tugasnya, seorang Laboran bertanggung jawab dalam menyediakan peralatan yang diperlukan untuk kegiatan praktikum (praktik kerja) dan/atau penelitian serta mengembalikan peralatan tersebut ke tempat semula, merapikan dan membersihkan area kerja setelah kegiatan selesai dilakukan.



Gambar II.10 Pelatihan Laboran

Sumber: <https://p4tkipa.kemdikbud.go.id>

Dalam kaitannya pengembangan Laboratorium Sains Digital dengan masuknya Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), maka Kepala Laboratorium, Teknisi, dan Laboran harus meningkatkan kompetensinya di bidang TIK. Seorang kepala laboratorium membuat perencanaan kegiatan dan pengembangan laboratorium sekolah, yaitu menyusun program tahunan pengelolaan laboratorium yang merupakan rencana komprehensif

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

yang akan dilakukan untuk kalender tahun pelajaran yang akan dijalankan. Kegiatan tersebut mencakup rencana kegiatan praktik dan praktikum, pengelolaan bahan, alat dan metode, serta sumber daya laboratorium lainnya (seperti infrastruktur, personel, dan anggaran) agar mampu memfasilitasi/melayani seluruh kegiatan di laboratorium secara efektif. Sesuai namanya, siklus pelaksanaan kegiatan ini adalah setahun sekali pada awal kalender tahun pelajaran, kecuali kalau ada perubahan program.



Gambar II.11 Laboran

Sumber: Dokumentasi SMAN 1 Bogor

Dalam menyusun program, penting untuk mempertimbangkan perkiraan volume setiap subkegiatan/pelayanan selama setahun agar penetapan jenis dan jumlah unit sumber daya yang dibutuhkan untuk mendukung program bisa diukur secara akurat. Penting juga memperhatikan capaian kinerja kegiatan tahun sebelumnya sebagai upaya peningkatan kualitas dan pengembangan pelayanan laboratorium.

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

Pengembangan laboratorium sekolah adalah kegiatan mengembangkan sistem pengelolaan laboratorium dengan kepala laboratorium sebagai ketua tim/manajer puncak. Lingkup pekerjaan mengembangkan sistem pengelolaan laboratorium adalah melakukan penyusunan sistem manajemen mutu pengelolaan laboratorium, mengimplementasikannya dalam praktik laboratorium sehari-hari, melakukan evaluasi dan tindak lanjut hasil evaluasi, serta melakukan perbaikan berkesinambungan agar mutu pelayanan laboratorium terpelihara, dan mampu memberikan pelayanan terbaik kepada pendidik, peserta didik, dan warga sekolah lainnya. Perbaikan berkesinambungan sangat perlu dilakukan agar sistem manajemen mutu yang diterapkan senantiasa mutakhir disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dan tuntutan peningkatan mutu pelayanan secara berkala. Sebagai ketua tim, kepala laboratorium bertugas memimpin, melakukan pembagian tugas pengelolaan dan pengembangan setiap unsur sistem manajemen mutu kepada anggota, dan mengarahkan serta mengawasi efektivitas pelaksanaannya.

E. Peta Sebaran dan Kondisi

Kegiatan praktikum oleh peserta didik merupakan salah satu faktor yang penting dalam menunjang keberhasilan peserta didik dalam mengikuti proses kegiatan belajar mengajar. Beberapa mata pelajaran praktikum selain harus mengetahui konsep dasar dan teori-teori penunjangnya, juga harus melakukan eksperimen/percobaan di laboratorium untuk memahami tentang suatu konsep tertentu atau teori-teori dasar yang telah dipelajarinya agar mempunyai tingkat pemahaman yang lebih luas. Untuk melaksanakan suatu kegiatan praktikum maka diperlukan ruang laboratorium dan fasilitas

peralatan serta bahan-bahan yang memadai. Namun demikian pada kenyataannya masih banyak Sekolah Menengah Atas (SMA) yang belum memiliki laboratorium.

Dari data yang di publikasi oleh Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) pada Tahun 2019 bahwa hampir sepertiga dari sekolah di Indonesia belum memiliki laboratorium. Laboratorium sebagai sarana pendukung pembelajaran berbagai mata pelajaran, seperti sains, juga kurang memadai dan kekurangan laboratorium tersebut mencapai 62,7% (enam puluh dua koma tujuh persen) secara nasional. Kekurangan yang paling banyak dialami oleh jenjang SMK -80,5%(delapan puluh koma lima persen). Sedangkan untuk SMA dari kebutuhan laboratorium sesuai dengan Standart Nasional Pendidikan (SNP) masih terjadi kekurangan sebesar 55,0 %. Dengan demikian diperlukan pemenuhan fasilitas primer pembelajaran, yakni laboratorium.



Gambar II.12 Ruang Laboratorium

Sumber: <https://smapluspgri.sch.id>

Berdasarkan Rekapitulasi Data Pokok Pendidikan Nasional untuk data semester Ganjil 2020/2021 jumlah SMA secara nasional adalah 13.962, jumlah tersebut adalah sekolah yang telah terdaftar dan aktif di sistem Dapodik.

Rekapitulasi Data Pokok Pendidikan Nasional							
2020/2021 Ganjil							
Rekap Nasional Semester 2020/2021 Ganjil							
Per 30 November 2020 00:00:00							
#	Sekolah	Peserta Didik	Rombel	Guru	Tendik	Jumlah Kirim	% Kirim
PAUD	203.983	6.341.707	439.050	458.801	209.994	187.080	92%
PKBM & SKB	10.319	1.555.460	65.517	37.808	7.425	8.025	78%
SD	149.098	24.538.292	1.122.071	1.423.019	311.291	148.503	100%
SMP	41.028	10.023.078	348.990	642.890	177.595	40.554	99%
SMA	13.962	4.977.029	165.618	314.277	86.497	13.834	99%
SMK	14.285	5.175.222	185.414	307.697	80.710	14.019	98%
SLB	2.255	143.478	33.586	25.773	6.217	2.221	98%
Total	434.930	52.754.266	2.360.246	3.210.265	879.729	414.234	95%

Gambar II.13 Rekap Data Dapodik nasional

Sumber: <https://dapo.kemdikbud.go.id/>

Berdasarkan data Dapodik pada bulan Nopember 2020 jumlah laboratorium Biologi, Fisika, dan Kimia di SMA tiap provinsi adalah seperti tabel berikut ini:

Tabel II-1 Data Jumlah Laboratorium Per-Provinsi

PROVINSI	LAB. BIOLOGI	LAB. FISIKA	LAB. KIMIA
Prov. Aceh	245	230	241
Prov. Bali	94	90	88
Prov. Banten	244	227	225
Prov. Bengkulu	94	85	81
Prov. D.I. Yogyakarta	127	121	125
Prov. D.K.I. Jakarta	359	349	352
Prov. Gorontalo	46	39	45
Prov. Jambi	125	112	109

Prov. Jawa Barat	856	803	799
Prov. Jawa Tengah	616	587	599
Prov. Jawa Timur	681	632	650
Prov. Kalimantan Barat	188	168	146
Prov. Kalimantan Selatan	107	97	106
Prov. Kalimantan Tengah	76	76	80
Prov. Kalimantan Timur	98	88	89
Prov. Kalimantan Utara	19	14	18
Prov. Kepulauan Bangka Belitung	50	52	50
Prov. Kepulauan Riau	70	61	64
Prov. Lampung	254	234	229
Prov. Maluku	119	100	85
Prov. Maluku Utara	84	74	62
Prov. Nusa Tenggara Barat	151	127	118
Prov. Nusa Tenggara Timur	196	153	168
Prov. Papua	92	68	81
Prov. Papua Barat	44	34	32
Prov. Riau	207	181	168
Prov. Sulawesi Barat	41	35	33
Prov. Sulawesi Selatan	316	303	261
Prov. Sulawesi Tengah	117	80	69
Prov. Sulawesi Tenggara	148	149	142
Prov. Sulawesi Utara	119	104	102
Prov. Sumatera Barat	206	205	187
Prov. Sumatera Selatan	335	320	295
Prov. Sumatera Utara	497	479	494
Total	7021	6477	6393

Sumber: Manajemen Dapodik Per-Nopember 2020

III. PRAKTIKUM MAYA

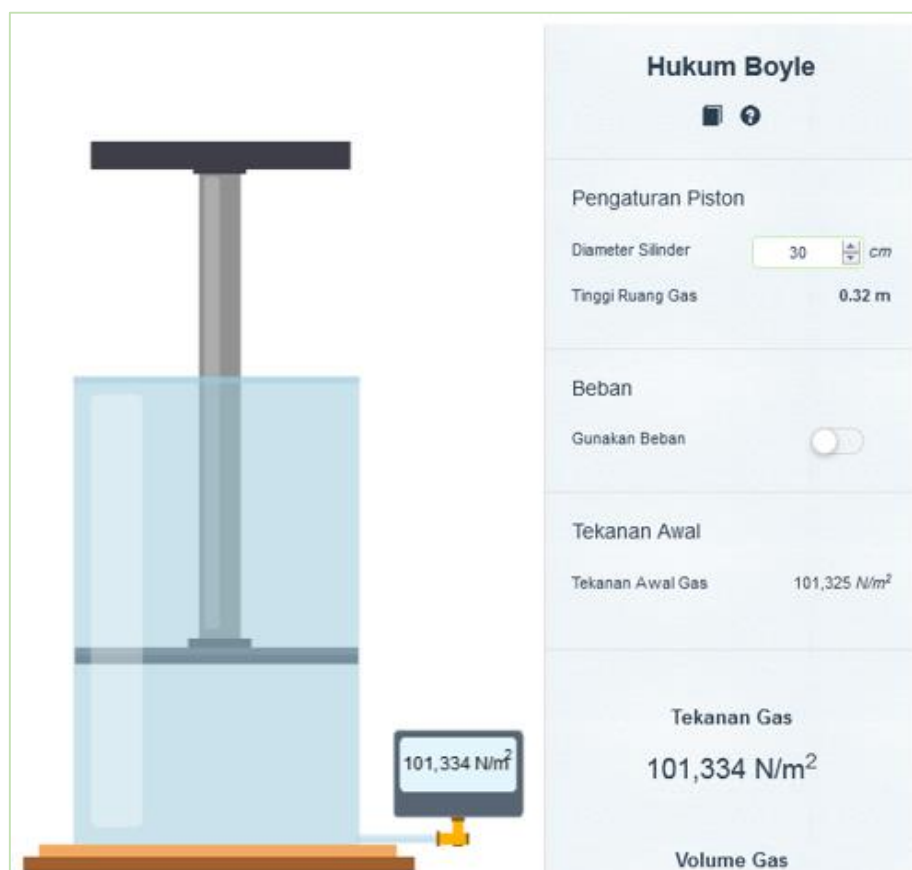
Setiap pembelajaran diperlukan suatu strategi, metode, serta media pembelajaran yang dapat memberikan kesan positif kepada peserta didik terhadap kegiatan pembelajaran. Seperti dalam hal pembelajaran sains, hampir semua materi mengharuskan adanya kegiatan eksperimen untuk mendukung tercapainya tujuan pembelajaran. Belum seluruh SMA dapat memberikan pembelajaran praktikum dengan optimal kepada peserta didiknya terutama untuk mata pelajaran Biologi, Fisika, dan Kimia, sekolah yang tidak melakukan praktikum disebabkan karena kurangnya kesadaran pendidik mengenai pentingnya melakukan praktikum, kurang tersedianya alat dan bahan yang dibutuhkan untuk praktikum, sehingga peserta didik tidak memiliki pengalaman dan pengetahuan yang diharapkan.

Salah satu upaya yang perlu dilakukan adalah adanya inovasi pendidikan dalam bentuk pendayagunaan media agar peserta didik memiliki pemahaman yang utuh tentang suatu konsep. Keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium untuk dapat melakukan eksperimen nyata dapat diatasi dengan jenis eksperimen lainnya yang bahkan dapat dioperasikan oleh tiap peserta didik, yaitu berupa eksperimen maya.

Eksperimen maya menyajikan praktikum secara virtual berupa simulasi dan pemodelan yang dioperasikan dengan komputer. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang telah merasuk ke dunia pendidikan saat ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah.

A. Pemanfaatan TIK untuk Praktikum Secara Maya

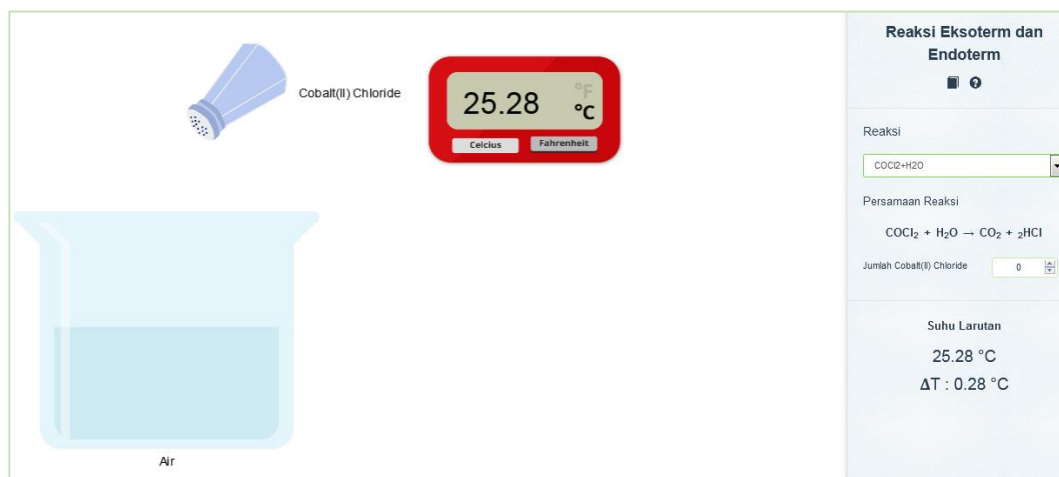
Kebutuhan pendidikan dan pembelajaran di era milenial ini mengharuskan para pendidik untuk dapat mengimplementasikan teknologi ke dalam pembelajaran mata pelajaran sains seperti Biologi, Fisika dan Kimia secara efektif. Transformasi teknologi akan membantu para pendidik agar piawai menyajikan pembelajaran sains dengan interaktif, komunikatif dan menyenangkan, sekaligus dapat mengemas suatu materi yang cukup rumit dan sulit menjadi lebih mudah dipahami.



Gambar III.1 Ilustrasi Praktikum Secara Digital

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

Sebagai contoh pada materi Termokimia, dimana materi ini akan memperkenalkan peserta didik tentang energi, jenis-jenis entalpi dan perubahannya. Pada materi ini sangat sarat dengan perhitungan dan rumus-rumus serta peserta didik harus memiliki keterampilan psikomotorik untuk menunjang pembuktian dari fenomena yang disajikan dalam setiap sub topik. Hal inilah yang menyebabkan konsep termokimia sangat bersifat prinsipal dan membuat peserta didik merasa bahwa kimia itu sulit. Dengan bantuan simulasi dan pemodelan komputer maka materi Termokimia akan lebih mudah untuk dipahami sehingga dapat mereduksi anggapan tentang materi yang sulit dan mengubahnya menjadi lebih menyenangkan bagi peserta didik.



Gambar III.2 Ilustrasi Praktikum Kimia secara Digital

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

Selain itu untuk menunjang upaya pembuktian teori dalam termokimia misalnya hukum Hess, hukum termodinamika, energi ikatan maka diperlukan alat dan bahan yang tersedia di laboratorium misalnya : termometer, kalorimeter, kalorimeter bomb, larutan HCl, NaOH, COCl_2 , NaHCO_3 dan lain-lain. Biasanya pendidik akan mencari bahan alternatif

pengganti jika laboratorium mereka tidak lengkap. Bagi sebagian pendidik yang lain yang tidak mempunyai fasilitas laboratorium yang lengkap akhirnya pembelajaran pada konsep termokimia selalu dilewati oleh pendidik yang mengajar di kelas kimia. Pembelajaran kimia juga disampaikan secara verbal tanpa pengujian karena sekolah kesulitan anggaran untuk membeli alat dan bahan kimia yang cukup mahal. Nah disini dengan pemantauan TIK, yaitu dengan melakukan praktikum secara maya akan dapat memberi alternatif pembelajaran dan sekaligus solusi penghematan anggaran sekolah.

Secara terminologi berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), praktikum adalah bagian dari pengajaran yang bertujuan agar peserta didik mendapat kesempatan untuk menguji dan melaksanakan dalam keadaan nyata apa yang diperoleh dalam teori; pelajaran praktik. Sedangkan maya merujuk pada fitur atau peranti yang tidak benar-benar ada, disimulasikan oleh komputer dan dapat digunakan oleh pengguna seolah-olah memang ada. Maka praktikum maya dapat diartikan sebagai bagian pengajaran untuk melakukan suatu praktik pengujian dari teori yang dilakukan menggunakan simulasi komputer yang membuat peranti yang tidak benar-benar ada seolah-olah menjadi ada. Dengan aplikasi praktikum maya maka akan dapat menjelaskan konsep-konsep abstrak dan peserta didik seolah-olah sedang melakukan praktikum di laboratorium yang sebenarnya.



Gambar III.3 Laboratorium Digital

Sumber: <https://cnx.org>

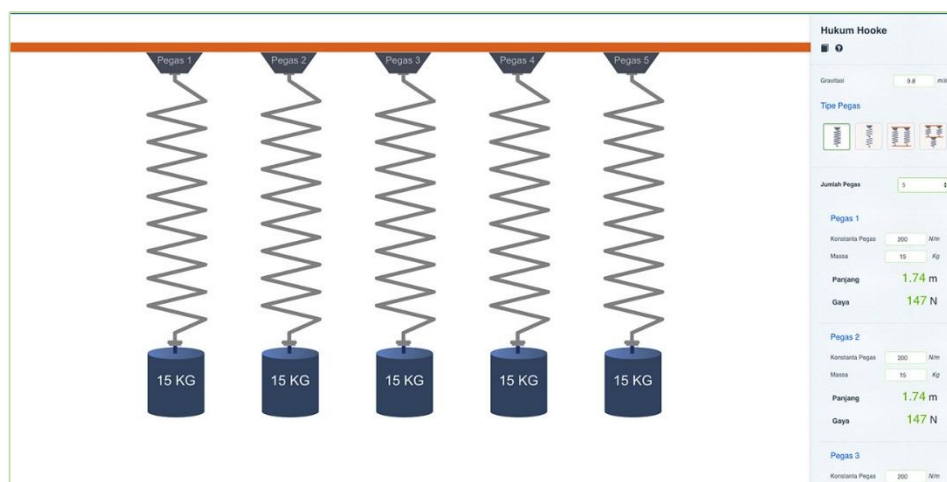
Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pembelajaran dapat di bagi atas dua peran, yaitu: (1) sebagai media presentasi pembelajaran, misal berbentuk slide power point dan animasi dengan program flash; (2) sebagai media pembelajaran mandiri atau E-Learning, misal peserta didik diberikan tugas untuk membaca atau mencari sumber dari internet, mengirimkan jawaban tugas, bahkan mencoba dan melakukan materi pembelajaran. Melalui E-Learning, belajar tidak lagi dibatasi oleh ruang dan waktu. Belajar dapat dilakukan kapan saja dan dimana saja, dimana konsep ini juga sesuai untuk diterapkan bagi sekolah yang menggunakan sistem Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ).

Di dalam Laboratorium sains Digital nantinya akan dikembangkan sistem manajemen untuk mengelola konten-konten digital sebagai media presentasi pembelajaran khususnya untuk melakukan praktikum secara maya. Aplikasi-aplikasi komputer yang merupakan bagian dari sarana teknologi informasi dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan kreativitas

pendidik dan peserta didik dalam pembelajaran. Salah satu aplikasi yang dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran yaitu aplikasi presentasi seperti *Microsoft Powerpoint*, *Lectora*, *Articulate Storyline* dan sebagainya. Dengan aplikasi-aplikasi tersebut akan memicu kreativitas dalam mengembangkan materi menjadi lebih menarik dan mudah dipahami peserta didik.

Dengan demikian pratikum maya secara teknis adalah pemanfaatan TIK untuk membuat:

1. Pemodelan, yaitu suatu representasi untuk menggambarkan, menjelaskan dan memprediksi sebuah fenomena.
2. Simulasi, yaitu program komputer yang mereproduksi fenomena alam melalui visualisasi dari sebuah model yang bertujuan:
 - a. membantu peserta didik dalam mempelajari model fenomena alam dalam dunia nyata yang memiliki perilaku sistem kompleks,
 - b. membantu peserta didik untuk memahami dunia konseptual dari ilmu pengetahuan melalui animasi, yang dapat meningkatkan pemahaman dari konsep ilmiah yang abstrak.



Gambar III.4 Simulasi/pemodelan Komputer

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

Masalah yang terjadi di lapangan saat ini adalah pendidik sering tidak melaksanakan praktikum karena mengejar target menyelesaikan materi sesuai dengan silabus yang sangat padat. Pendidik tidak mempunyai cukup waktu untuk mengajak peserta didik melakukan eksperimen di laboratorium sekolah. Keterbatasan biaya yang diperlukan untuk menyediakan peralatan dan bahan praktikum menyebabkan peralatan laboratorium di sekolah sangat minim dan kualitasnya rendah sehingga kurang memadai dalam menunjang pelaksanaan praktikum. Jika dipaksakan melakukan eksperimen dengan peralatan tersebut, hasilnya tidak dapat digunakan untuk membangun konsep, prinsip, hukum dan teori yang seharusnya dipahami. Diharapkan dengan pengembangan Laboratorium Sains Digital permasalahan tersebut dapat teratasi.

B. Kekurangan dan Kelebihan Praktikum Maya

Seiring berjalannya waktu teknologi informasi yang mengalami perkembangan cukup pesat menawarkan beberapa alternatif untuk melaksanakan kegiatan pembelajaran, seperti pembelajaran berbasis animasi, power-point, multimedia interaktif dan masih banyak cara lain yang dapat mendukung dan memudahkan proses belajar mengajar. Pemanfaatan TIK sebagai media pembelajaran diharapkan dapat mengatasi keterbatasan ruang dan waktu, sehingga proses belajar mengajar dapat berjalan secara efektif dan efisien. Di samping itu, penggunaan komputer dapat menjadi alternatif ketika peralatan laboratorium kurang memadai. Dalam pelaksanaan pembelajaran, dengan bantuan komputer, peserta didik secara langsung berinteraksi dengan komputer yang telah dilengkapi dengan beberapa software pembelajaran yang berisi simulasi virtual/maya. Melalui simulasi

tersebut peserta didik dibimbing untuk menemukan kesimpulan akan materi yang sedang dipelajari.



Gambar III.5 Aktivitas Praktikum Maya

Sumber: <https://www.labster.com>

Pada umumnya peserta didik sangat merespon pembelajaran sains dengan metode praktikum secara virtual atau maya ini. Menurut beberapa peserta didik mereka sangat tertantang untuk belajar dan mengeksplorasi sumber-sumber belajar baru serta dapat mengulang-ulang apa yang dipraktikkan itu di mana saja, kapan saja dengan siapa saja.

Beberapa kelebihan yang diperoleh dengan menggunakan laboratorium digital dan melakukan praktikum maya adalah

1. mempermudah pemahaman materi yang sedang dipelajari;
2. menampilkan proses praktikum menjadi lebih menarik;
3. dapat memvisualkan dalam bentuk pemodelan suatu kejadian atau proses yang sulit dan berbahaya, seperti: proses fusi nuklir, gunung berapi, dll;
4. penggunaan waktu menjadi lebih efektif;

5. memperluas akses praktikum kepada peserta didik karena dapat dilakukan dari mana saja dan kapan saja;
6. diperoleh penghematan untuk praktikum yang menggunakan bahan yang mahal;



Gambar III.6 Ilustrasi Laboratorium Digital

Sumber: <https://www.dtu.dk>

Namun demikian selain banyak memiliki kelebihan, praktikum secara maya juga memiliki kekurangan, yaitu:

1. membutuhkan perangkat pendukung baik perangkat keras maupun perangkat lunak;
2. mengurangi pengalaman (*experience*) dalam melakukan praktik;
3. tidak dapat mewakili seluruh aspek;

Beberapa kendala yang mungkin dialami selama pembelajaran dengan menggunakan praktikum maya :

1. Peserta didik masih kesulitan untuk melaksanakan praktikum mandiri karena banyak fitur dan menu pada aplikasi gagal diakses atau tidak berjalan sebagaimana mestinya.

2. Terjadi listrik padam sehingga komputer dan perangkat pendukungnya mati.
3. Jaringan internet tidak stabil sehingga pendidik dan peserta didik harus berhenti beberapa saat untuk mengulang kembali praktikum dengan mengulang semua proses yang telah dilaksanakan sebelumnya, kecuali sudah di download sebelumnya sehingga tidak harus selalu tersambung internet.

Pembelajaran sains tidak terlepas dari kegiatan praktikum, dimana praktikum bagian dari proses belajar mengajar sehingga peserta didik dapat menemukan pengetahuan melalui penyelidikan. Laboratorium Sains Digital akan memiliki peran penting dalam mengimplementasikan kegiatan praktikum. Praktikum maya digunakan untuk demonstrasi sebelum praktikum yang sebenarnya berlangsung di laboratorium. Laboratorium Sains Digital ini juga dapat memenuhi kebutuhan peserta didik seperti memberikan kebebasan kepada peserta didik untuk melakukan atau melaksanakan praktikum dimana dan kapan saja tanpa harus didampingi oleh pendidik.



Gambar III.7 Aktivitas Laboratorium Virtual/Digital

Sumber: <https://www.labster.com>

Laboratorium digital dengan praktikum maya adalah salah satu bentuk laboratorium dengan kegiatan pengamatan atau eksperimen dengan menggunakan software yang dijalankan oleh sebuah komputer, semua peralatan yang diperlukan oleh sebuah laboratorium terdapat di dalam software tersebut. Simulasi komputer memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar Biologi, Fisika dan Kimia secara dinamis dan menyenangkan.

Melalui laboratorium digital, simulasi suatu kondisi yang kompleks, terlalu mahal atau berbahaya, yang kadang tidak dapat dilakukan pada kondisi riil, menjadi dapat dilakukan. Secara financial, membangun sebuah laboratorium digital juga relatif lebih terjangkau. Laboratorium berbasis komputer ini memungkinkan para peserta didik dapat melakukan praktikum atau eksperimen seolah menghadapi fenomena atau set peralatan laboratorium nyata. Melalui pembelajaran multimedia dalam bentuk praktikum maya, 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.

C. Laboratorium Maya Kemendikbud

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah memiliki program Laboratorium Maya, yang secara teknis merupakan salah satu fitur pada portal Rumah Belajar Kemendikbud yang dapat diakses pada alamat: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/>. Program /aplikasi Rumah Belajar telah lahir sejak tahun 2011 dengan didasari akan tren pendidikan di era digital dengan karakteristik peserta didik yang membutuhkan kepraktisan dalam mengakses informasi. Fitur-fitur pada Rumah Belajar menyediakan

bahan belajar serta fasilitas komunikasi yang mendukung interaksi antar komunitas sehingga pembelajaran dapat dilakukan secara dinamis untuk mendukung penerapan pembelajaran jarak jauh.



Gambar III.8 Laboratorium Maya Kemendikbud

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

Laboratorium Maya diharapkan dapat menjadi salah satu solusi terhadap ketidakterersediaan laboratorium di sekolah. Bahkan pendidik dan peserta didik yang sekolahnya sudah memiliki laboratorium juga dapat memanfaatkannya di mana saja dan kapan saja.

Aplikasi Laboratorium Maya yang dikembangkan oleh Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) Kemendikbud itu, dapat digunakan oleh peserta didik dan pendidik untuk melakukan percobaan di laboratorium secara virtual (maya). Bagi pengguna umum selain pendidik dan peserta didik, juga dapat mengakses aplikasi tersebut dan mencoba simulasi secara daring. Semua percobaan atau simulasi yang tersedia di Laboratorium Maya dapat diunduh oleh pengguna dengan melakukan login terlebih dahulu.



Rumah Belajar Virtual Lab

Selamat Datang dan Selamat Bergabung di Laboratorium Maya

Lab Maya memiliki beberapa menu yang harus diketahui oleh pengguna, yaitu:

1. Menu bagian kanan atas merupakan Halaman seperti Bantuan dan lain-lain.
2. Menu bagian Kiri (sidebar) merupakan Kategori Model Lab Maya dan beberapa fasilitas lain seperti Forum, Kelas, dan List Model Lab Maya terbaru (Dashboard)

Melakukan Percobaan (Siswa dan Guru):

1. Silahkan **Log in** terlebih dahulu
2. Jika ingin mencoba model terbaru, silahkan pilih model yang tersedia di Dashboard (menu bagian kiri). Setelah masuk ke halaman penjelasan singkat Model silahkan klik **Lakukan Percobaan Sekarang**.
3. Jika ingin melakukan percobaan dengan kategori tertentu, silahkan pilih Kategori terlebih dahulu (contoh SMP). Setelah masuk ke halaman penjelasan singkat Model silahkan klik **Lakukan Percobaan Sekarang**.

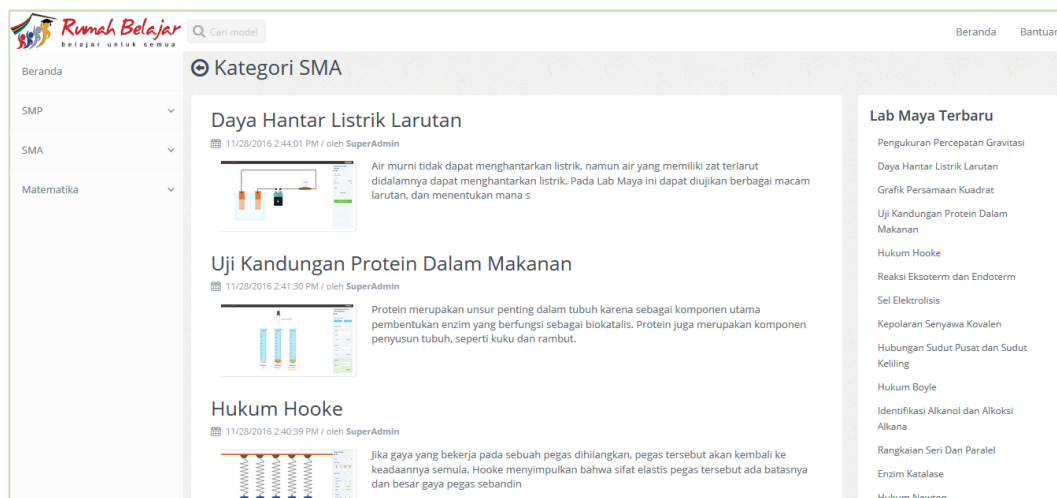
Memberi Komentar dan Referensi (Khusus Guru):

1. Silahkan **Log in** terlebih dahulu
2. Pilih model yang bersangkutan
3. Setelah masuk ke halaman penjelasan singkat model, silahkan lihat bagian bawah. Pada Tab Komentar, masukan tulisan di bagian Tambahkan Komentar. **Jangan lupa untuk menekan tombol Kirim Komentar.**
4. Setelah muncul informasi Komentar terkirim, silahkan tunggu sampai **Admin menerbitkan komentar** Anda
5. Sedangkan untuk memberikan Link Referensi, silahkan pilih Tab Referensi yang terletak di sebelah kanan Tab Komentar.
6. Referensi juga memerlukan **Moderasi Admin**.

Gambar III.9 Beranda Laboratorium Maya Kemendikbud

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

Bagi pendidik yang ingin melakukan percobaan dengan memanfaatkan aplikasi Laboratorium Maya harus melakukan persiapan terlebih dahulu. Persiapan mulai dari mengidentifikasi konten atau simulasi yang tersedia di Laboratorium Maya, merancang pembelajarannya, hingga menyiapkan strategi ketika pelaksanaan di kelas. Ketika melakukan identifikasi konten, ada beberapa langkah yang harus dilakukan oleh pendidik, yaitu: mendaftar di fitur Laboratorium Maya, login pada fitur Laboratorium Maya, pilih kategori (SMP atau SMA), pilih topik yang akan dimanfaatkan, unduh Laboratorium Maya atau Lakukan percobaan secara on line. Fitur Laboratorium Maya menyediakan konten untuk mata pelajaran IPA dan matematika untuk jenjang SMP dan SMA. Sedangkan khusus untuk jenjang SMA, terbagi menjadi tiga kategori, yaitu Biologi, Fisika, dan Kimia.



Gambar III.10 Beranda Laboratorium Maya Kemendikbud

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

Dapat disimpulkan bahwa Laboratorium Maya merupakan *software* komputer yang memiliki kemampuan untuk melakukan modeling peralatan komputer secara matematis yang disajikan melalui sebuah simulasi. Dengan kata lain, laboratorium virtual atau maya merupakan bentuk tiruan dari sebuah laboratorium riil yang digunakan dalam aktivitas pembelajaran ataupun penelitian secara ilmiah guna menekankan sebuah konsep atau mendalami sebuah konsep-konsep tertentu. Laboratorium maya diperlukan untuk memperkuat pemahaman konsep dalam proses pembelajaran. Laboratorium maya bukanlah pengganti tetapi bagian dari Laboratorium riil yang digunakan untuk melengkapi dan memperbaiki kelemahan-kelemahan yang ada. Di samping itu dimungkinkan pula bagi sekolah-sekolah yang belum memiliki laboratorium secara fisik dapat menerapkan laboratorium maya.

Fitur Laboratorium Maya memiliki beberapa keunggulan yaitu melengkapi sumber belajar peserta didik, sebagai bentuk pengintegrasian dari pemanfaatan TIK dalam pembelajaran, laboratorium maya bukanlah pengganti tetapi bagian dari laboratorium riil yang digunakan untuk

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

melengkapi dan memperbaiki kelemahan-kelemahan yang ada; memiliki kemampuan modeling dan simulasi yang memungkinkan untuk memperjelas suatu konsep.

IV. MENGEMBANGKAN LABORATORIUM SAINS DIGITAL PADA SMA

Revolusi industri 4.0 menuntut sumber daya manusia (SDM) dengan kemampuan tertentu untuk mampu bersaing di dunia global. Sejumlah pakar menyebutkan kemampuan yang harus dimiliki untuk mampu bersaing, yaitu kemampuan berkomunikasi, kemampuan berkolaborasi, kemampuan berpikir kritis dan menyelesaikan masalah, serta memiliki kreativitas dan berinovasi. Generasi unggul yang memiliki keterampilan tersebut, perlu dipersiapkan melalui proses pembelajaran sehari-hari di sekolah.



Gambar IV.1 Grafis Industry 4.0

Sumber: <https://aptika.kominfo.go.id>

A. Konsep Laboratorium Sains Digital Pada SMA

Program digitalisasi sekolah merupakan terobosan baru di dunia pendidikan yang memanfaatkan perkembangan teknologi terkini dalam

berbagai proses pembelajaran. Upaya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) ini merupakan implementasi dari pembelajaran baru yang disiapkan untuk menghadapi tantangan global di era revolusi industri 4.0. Salah satu langkah strategis yang dilakukan oleh Direktorat SMA menyongsong program digitalisasi sekolah adalah dengan mengembangkan Laboratorium Sains Digital.

1. Rumusan

Ide pengembangan Laboratorium Sains Digital pada SMA didasarkan pada pertimbangan beberapa hal, yaitu:

a) Regulasi

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2015 Tentang Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, tugas dan fungsi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan adalah sebagai berikut:

Tugas : menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pendidikan anak usia dini, pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan masyarakat, serta pengelolaan kebudayaan untuk membantu Presiden dalam menyelenggarakan pemerintahan negara.

Fungsi :

- 1) Perumusan dan penetapan kebijakan di bidang pendidikan anak usia dini, pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan masyarakat, serta pengelolaan kebudayaan;

- 2) Pelaksanaan fasilitasi penyelenggaraan pendidikan anak usia dini, pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan masyarakat, serta pengelolaan kebudayaan;
- 3) Pelaksanaan kebijakan di bidang peningkatan mutu dan kesejahteraan pendidik dan pendidik lainnya, serta tenaga kependidikan;
- 4) Koordinasi pelaksanaan tugas, pembinaan, dan pemberian dukungan administrasi kepada seluruh unsur organisasi di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan;
- 5) Pengelolaan barang milik/kekayaan negara yang menjadi tanggung jawab Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan;
- 6) Pengawasan atas pelaksanaan tugas di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan;
- 7) Pelaksanaan bimbingan teknis dan supervisi atas pelaksanaan urusan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan di daerah;
- 8) Pelaksanaan pengembangan, pembinaan, dan perlindungan bahasa dan sastra;
- 9) Pelaksanaan penelitian dan pengembangan di bidang pendidikan anak usia dini, pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan masyarakat, serta kebudayaan; dan
- 10) Pelaksanaan dukungan substantif kepada seluruh unsur organisasi di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Telah banyak regulasi berupa peraturan Menteri dan turunannya yang diterbitkan oleh Kemendikbud dalam rangka mengemban tugas dan fungsinya tersebut. Baik yang berkaitan

dengan pembinaan dan tata kelola sekolah, pembinaan dan tata kelola Pendidik dan Tenaga Kependidikan (GTK), tata kelola sarana prasarana, maupun terkait monitoring dan evaluasi termasuk akreditasi dan lain sebagainya.



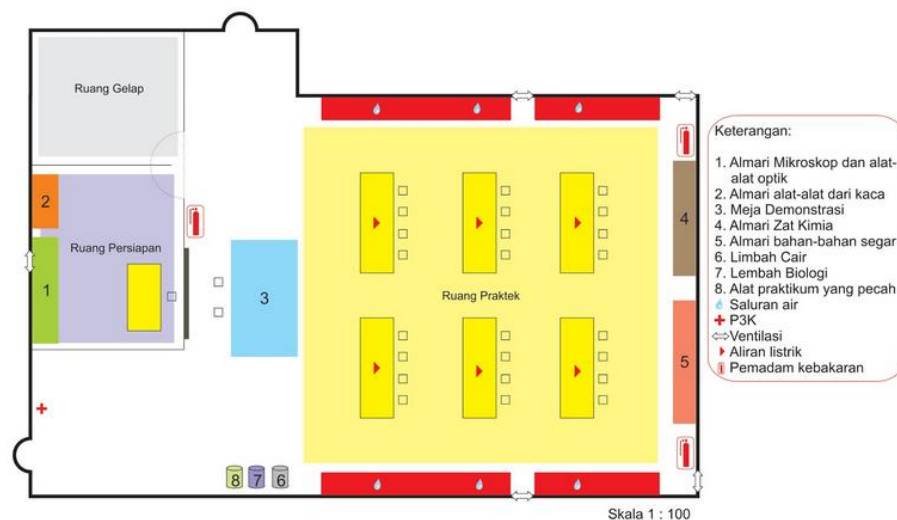
Gambar IV.2 Grafis Regulasi

Misalnya regulasi terkait sarana dan prasarana, ada Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Standar Sarana Dan Prasarana Untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTS), Dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA). Pada standar sarana dan prasarana Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA) pada bagian Laboratorium Biologi dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Ruang Laboratorium Biologi berfungsi sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pembelajaran biologi secara praktik yang memerlukan peralatan khusus.
- 2) Ruang Laboratorium Biologi dapat menampung minimum satu rombongan belajar.

- 3) Rasio minimum ruang Laboratorium Biologi 2,4 m²/peserta didik. Untuk rombongan belajar dengan peserta didik kurang dari 20 orang, luas minimum ruang laboratorium 48 m² termasuk luas ruang penyimpanan dan persiapan 18 m². Lebar minimum ruang laboratorium biologi 5 m.
- 4) Ruang Laboratorium Biologi memiliki fasilitas yang memungkinkan pencahayaan memadai untuk membaca buku dan mengamati obyek percobaan.
- 5) Ruang laboratorium biologi dilengkapi sarana sebagaimana tercantum pada Tabel 4.7. (Tabel 4.7. berisi daftar Sarana/alat, Rasio, dan Deskripsi Sarana Laboratorium Biologi)

DESAIN LABORATORIUM BIOLOGI



Gambar IV.3 Tata Ruang Laboratorium

Sumber: <https://www.siswapelajar.com>

Demikian halnya penjelasan di Laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia, semua berisikan standarisasi *Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas*

bangunan/ruangan fisik, dan juga daftar peralatan dan bahan yang secara fisik harus ada di dalam laboratorium tersebut.

Dalam Petunjuk Teknis Bantuan Operasional Sekolah Reguler (BOS) yang mengatur tata kelola penggunaan dana BOS untuk operasional sekolah, disebutkan salah satu penggunaan yang diijinkan adalah untuk pengadaan bahan habis pakai praktikum pembelajaran. Dimana hal tersebut juga berorientasi pada penggunaan dana BOS untuk pembelian alat dan bahan secara fisik untuk keperluan praktikum di laboratorium. Demikian halnya dengan beberapa program bantuan peralatan ke sekolah, khususnya alat dan bahan untuk laboratorium dalam spesifikasinya juga mengarah pada alat dan bahan secara fisik.



Gambar IV.4 Peralatan Laboratorium

Sumber: Dokumentasi SMAN 2 Tangerang Selatan

Regulasi yang mengatur Sumber Daya Manusia (SDM) pengelola Laboratorium terdapat pada Peraturan Menteri

Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Standar Tenaga Laboratorium Sekolah/Madrasah. Dalam peraturan ini menjabarkan tentang kualifikasi dan kompetensi yang disyaratkan untuk para pengelola laboratorium, mulai dari Kepala Laboratorium sampai dengan teknisi.



Gambar IV.5 Pelatihan Kepala Laboratorium

Sumber: <https://p4tkipa.kemdikbud.go.id>

Kualifikasi dan kompetensi yang tercantum dalam peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 juga mengarah pada pengelolaan laboratorium secara fisik. Namun demikian, kualifikasi dan kompetensi pengelolaan laboratorium juga telah disyaratkan kompetensi dalam penguasaan peralatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK).

Beberapa contoh regulasi yang bersinggungan dengan laboratorium di sekolah yang diuraikan di atas dapat memberi gambaran bahwasannya hampir semua regulasi yang ada saat ini masih berorientasi pada bangunan dan sarana prasarana

laboratorium secara fisik atau konvensional. Oleh karenanya pengembangan laboratorium Sains Digital yang notabene mengarah pada pemasukan unsur teknologi informasi dan komunikasi harus memperhatikan dan mengakomodir hal ini. Hal ini perlu dilakukan agar arah pengembangannya tidak bertentangan dan melanggar regulasi yang ada dan bahkan mendapat penguatan.

b) Laboratorium Konvensional di SMA

Berdasarkan kajian pada beberapa regulasi yang bersinggungan dengan laboratorium di sekolah, maka eksistensi dari Laboratorium Biologi, Laboratorium Fisika, dan Laboratorium Kimia secara konvensional/fisik beserta kelengkapan sarana prasarannya di SMA masih sangatlah vital dan penting. Hal ini dikarenakan keberadaan dan kelengkapan sarana dan prasarana laboratorium di SMA menjadi komponen penilaian yang akan mempengaruhi akreditasi sekolah.



Gambar IV.6 Sertifikat Akreditasi

Sumber: <https://p4tkipa.kemdikbud.go.id>

Demikian halnya dengan Sistem Penjaminan Mutu Pendidikan (PMP) yang pada instrumennya juga memuat seputar ketersediaan dan kelengkapan sarana prasarana sampai dengan tingkat kelayakannya sebagai komponen penilaian yang akan mempengaruhi Nilai Rapor Mutu Pendidikan sekolah.



Gambar IV.7 Rapor Mutu Sekolah

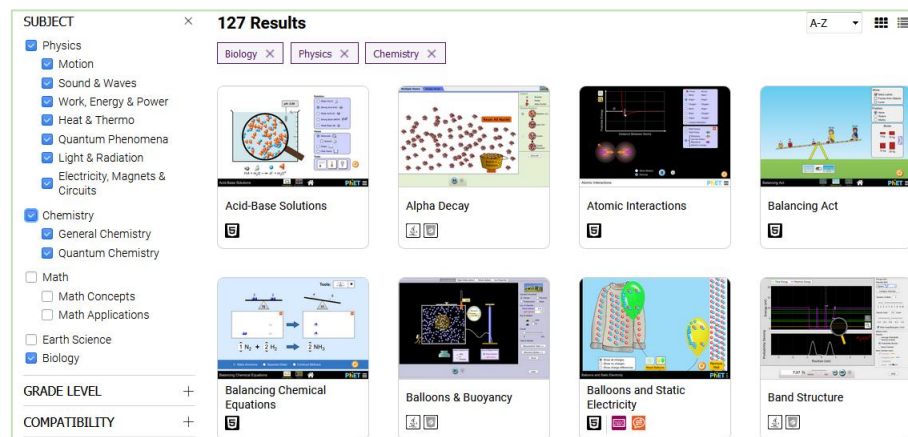
Sumber: <https://pmp.dikdasmen.kemdikbud.go.id>

Berdasarkan Data Pokok Pendidikan bahwa jumlah SMA secara nasional sejumlah 13.965 sekolah. Lebih dari setengah jumlah tersebut tercatat telah memiliki ruang dan peralatan laboratorium untuk Biologi, Fisika, dan Kimia dan merupakan laboratorium konvensional. Artinya di sekolah tersebut selain telah ada Laboratorium secara fisik, juga telah tersedia Sumber Daya Manusia (SDM) yang mengelolanya yang mungkin juga telah mendapatkan pembinaan dan pelatihan tentang tata kelola

laboratorium di SMA. Akan tetapi memang tidak semua laboratorium yang sekarang ada di SMA berada dalam kondisi yang ideal untuk mendukung pembelajaran, dikarenakan sebagian ada yang mengalami kerusakan maupun kekurangan peralatan dan bahan untuk praktikum. Namun demikian keberadaan ribuan laboratorium di SMA yang sampai dengan saat ini operasional dan mendukung pembelajaran di sekolah tentu saja tidak dapat diabaikan, karena memang secara regulasi mempunyai landasan yang kuat dan secara fungsi sangat dibutuhkan di sekolah. Maka keberadaan laboratorium konvensional harus menjadi pertimbangan untuk diakomodir dalam pengembangan konsep Laboratorium Sains Digital di SMA.

c) Perkembangan Laboratorium Digital

Di sisi lain, perkembangan teknologi pada 2 dekade terakhir membawa berbagai macam perubahan di segala bidang, termasuk di bidang pendidikan. Teknologi digital mempermudah proses pembelajaran dengan menghadirkan format baru dalam mendukung proses pembelajaran. Era digital yang mendorong inovasi-inovasi baru dimana teknologi telah membuka kemungkinan proses pembelajaran sains baru dalam bentuk laboratorium digital. Laboratorium digital merupakan sebuah pengalaman belajar yang mensimulasikan laboratorium otentik. Laboratorium disimulasikan dan divisualisasikan melalui format digital, maka dapat digunakan peserta didik untuk mengeksplorasi konsep dan teori.



Gambar IV.8 Konten Laboratorium Digital

Sumber: <https://phet.colorado.edu>

Laboratorium digital dapat didefinisikan sebagai perangkat lunak multisensori yang memiliki interaktivitas untuk menyimulasikan praktikum-praktikum tertentu dengan mereplikasi laboratorium konvensional. Laboratorium digital memungkinkan peserta didik untuk belajar melalui pendekatan studi kasus, berinteraksi dengan peralatan laboratorium, melakukan eksperimen, menganalisis eksperimen sekaligus mengevaluasi proses yang dilakukan. Peserta didik dapat melihat ke dalam perangkat yang mereka operasikan melalui tampilan visual, animasi dan representasi yang diadaptasi dari laboratorium yang sesungguhnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan laboratorium digital dimana didalamnya terdapat aplikasi/materi untuk melakukan praktikum secara virtual/maya akan memperluas kesempatan peserta didik untuk dapat menjelajah, bereksperimen, dan belajar menjadi lebih dinamis.



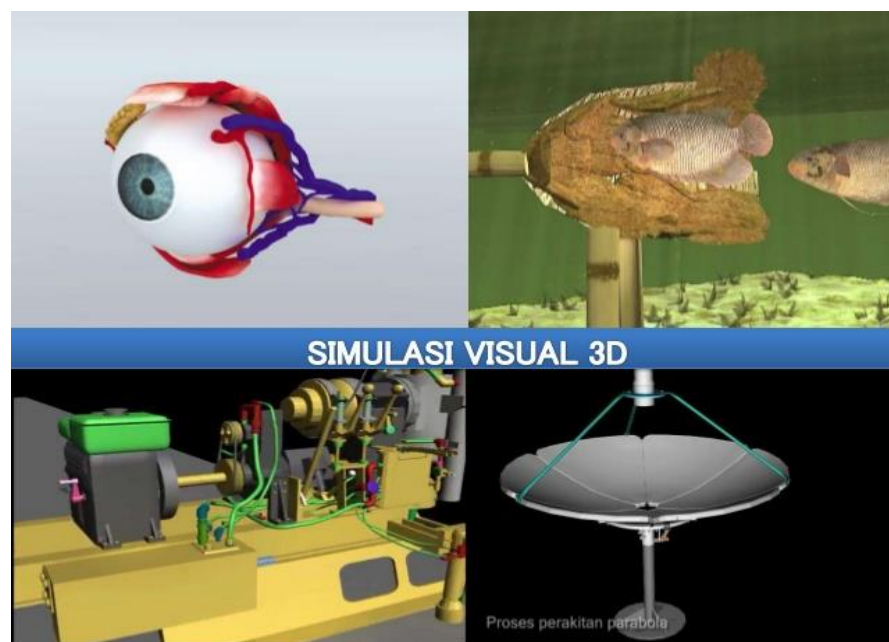
Gambar IV.9 Konten Laboratorium Maya Kemendikbud

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui Pusdatin juga telah mengembangkan program Laboratorium Maya (<https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/>) berisikan kumpulan konten digital berupa simulasi dan pemodelan komputer untuk melakukan praktikum secara maya, dimana konten dapat diakses secara daring maupun dapat di unduh untuk dijalankan secara luring. Konten tersedia untuk beberapa jenjang pendidikan dan beberapa mata pelajaran, namun demikian memang belum tersedia secara lengkap.

Laboratorium digital dapat dibedakan menjadi dua tipe utama yaitu laboratorium berdasarkan simulator dan laboratorium yang berbasis pada peralatan *hardware* yang nyata baik 2-D maupun 3-D. Tipe pertama didasarkan pada seting pemodelan perangkat lunak yang menggambarkan objek atau proses secara abstrak. Pada model ini masalah yang dapat

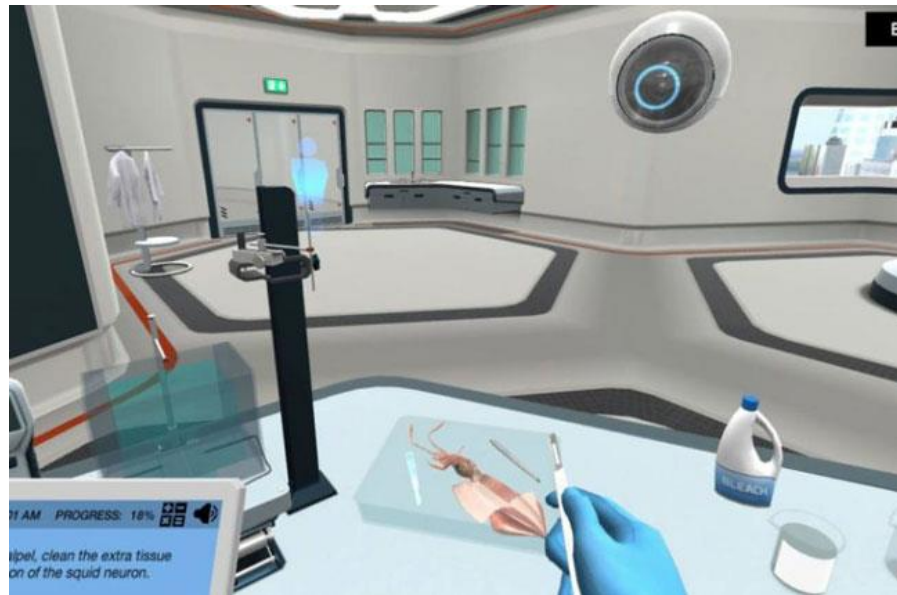
muncul adalah terkait keakuratan perilaku simulator. Sangat sering dijumpai perilaku dan karakter benda nyata tidak dapat sepenuhnya disimulasikan dari model abstrak. Hal ini karena model abstrak yang dikembangkan dalam format sederhana untuk membantu peserta didik untuk memahami dasar-dasar.



Gambar IV.10 Simulasi 3-D

Sumber: <https://belajarsimulasidigital.wordpress.com>

Jenis kedua adalah aplikasi laboratorium digital yang mencakup simulasi/penggambaran yang lebih besar yang memungkinkan interaksi lebih intens dengan aplikasi. Di setting penggambaran dari sisi ruangan/bangunan, peralatan dan bahan yang dapat bereaksi terhadap setiap perlakuan pengguna. Untuk model ini membutuhkan perangkat TIK yang lebih kompleks untuk mengoperasikannya.



Gambar IV.11 Laboratorium Virtual – Simulasi Ruang

Sumber: <https://www.labster.com>

Dalam penggunaannya, terdapat beberapa jenis konten digital pada laboratorium digital membutuhkan perangkat keras yang mendukung input tertentu dari penggunanya. Input yang dimaksud antara lain: menekan tombol, menyentuh layar, atau melalui gerakan anggota tubuh pengguna (*gesture*). Jenis perangkat keras untuk mengoperasikan laboratorium virtual/digital semakin beragam seiring perkembangan teknologi, mulai dari komputer, konsol (*Digital Player Console*), proyeksi dinding CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), gawai (*mobile phone*), dan perangkat realitas virtual (*Head Mounted Display*).

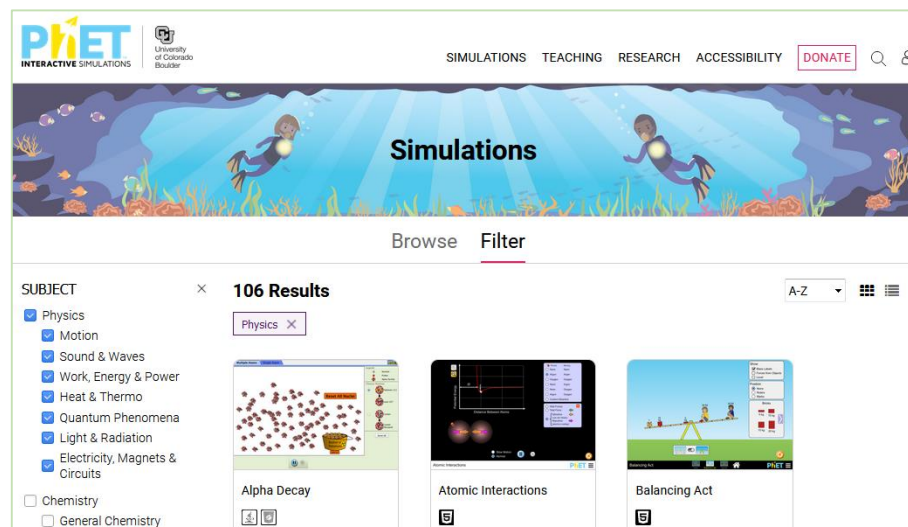


Gambar IV.12 Perangkat Head Mounted Display

Sumber: <https://lib.msu.edu>

Perangkat untuk menjalankan laboratorium digital tersebut dapat menciptakan pengalaman 'imersi rendah' (*low immersion*), maupun menghasilkan pengalaman 'imersi tinggi' (*high immersion*). Pada simulasi laboratorium yang dijalankan pada komputer/desktop pada umumnya menghasilkan lingkungan pembelajaran interaktif dengan imersi rendah.

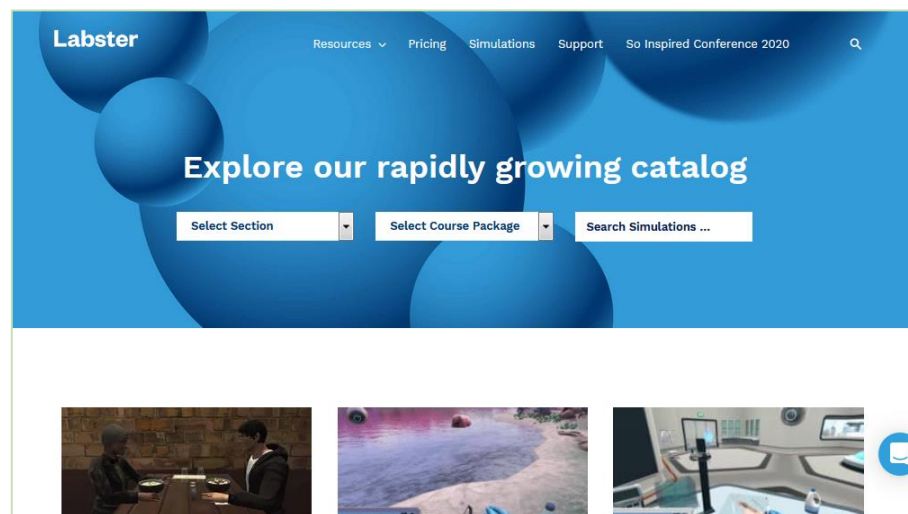
Penggunaan perangkat realitas virtual (*Virtual Reality*) akan menghasilkan imersi tinggi, yaitu sebuah pengalaman mendalam yang menempatkan pengguna di dalam sebuah lingkungan maya yang sepenuhnya mengelilingi pengguna (360°) sehingga pengguna merasa bahwa dirinya berada di dalamnya dan bagian dari itu.



Gambar IV.13 Laboratorium virtual fisika PhET

Sumber: <https://phet.colorado.edu>

Pada laboratorium virtual fisika PhET (<https://phet.colorado.edu>), simulasi dijalankan melalui platform komputer *desktop* dalam tampilan grafis 2 dimensi. Pengguna dapat menjalankan praktikum melalui layar komputer dengan input interaktivitas yang berasal dari tombol keyboard atau mouse. Pada laboratorium virtual jenis ini, pengalaman yang didapatkan pengguna disebut sebagai pengalaman “imersi rendah”, karena beberapa kegiatan praktikum diwakili dengan menekan tombol, menyentuh atau menggeser *mouse*. Interaksi antara peralatan laboratorium dan pengguna dibatasi oleh ruang kerja yang datar, dan input yang relatif berbeda dengan kondisi riil. *Keyboard*, *mouse* atau sentuhan jari menjadi perpanjangan tangan untuk melakukan kegiatan praktikum, sehingga bisa dikatakan pengguna tidak “menyentuh” secara langsung peralatan laboratorium.



Gambar IV.14 Laboratorium virtual Labster

Sumber: <https://www.labster.com>

Pada aplikasi laboratorium digital yang menggunakan perangkat HMD, seperti Labster (<https://www.labster.com/>) pengguna dapat “memasuki” laboratorium secara virtual dan mengakses beberapa jenis praktikum, lengkap dengan peralatan dan prosedur kerja. Praktikum dikemas dengan pendekatan studi kasus, memiliki sebuah alur cerita yang dapat diikuti oleh pengguna, dan dapat mengevaluasi hasil praktikum yang dilakukan pengguna. Dengan merujuk beberapa contoh laboratorium virtual tersebut, maka kita dapat mendefinisikan beberapa tujuan dan keunggulan penggunaan laboratorium virtual.

Perkembangan aplikasi-aplikasi laboratorium digital dengan banyak kelebihan yang ditawarkan membawa harapan untuk dapat menjadi solusi dari kelemahan-kelemahan pada laboratorium konvensional. Terlebih bagi sekolah yang belum memiliki laboratorium secara fisik, tentu menjadi angin segar

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

karena dengan laboratorium digital dengan menggunakan perangkat komputer dan jaringan sekolah sudah dapat melakukan praktikum secara maya. Hal ini semakin di permudah dengan ketersediaan perangkat komputer disekolah yang semakin meningkat karena melalui program digitalisasi sekolah Kemendikbud telah banyak menggelontorkan bantuan perangkat komputer ke sekolah.



Gambar IV.15 Berbagai Gawai Untuk Akses Laboratorium Digital

Kehadiran laboratorium digital memang tidak serta merta dapat menggusur dan menggantikan peran laboratorium konvensional di sekolah. Karena bagaimanapun beberapa aspek dalam laboratorium konvensional tidak akan pernah tergantikan oleh teknologi di laboratorium virtual/digital.

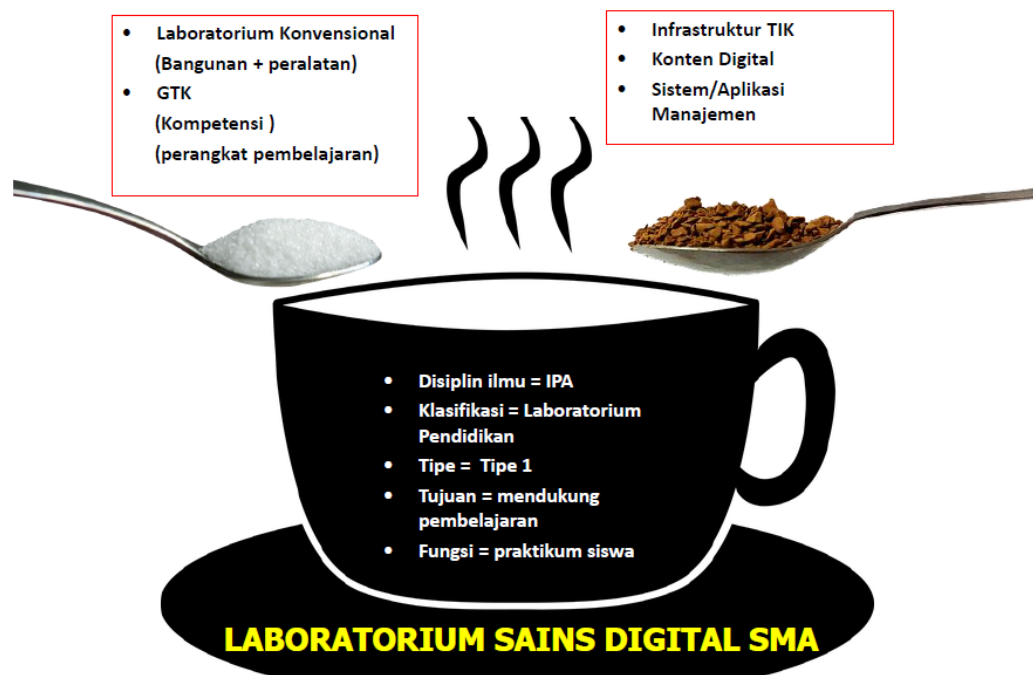
2. Konsep Laboratorium Hybrid

Dari penjabaran beberapa kondisi diatas, dapat disimpulkan beberapa hal yang mesti menjadi pertimbangan dan pemikiran dalam merumuskan pengembangan Laboratorium Sains Digital, yaitu:

- a) Regulasi-regulasi terkait dengan pembinaan, tata kelola, sarana prasarana, pemberian bantuan, penilaian sekolah sampai dengan terkait dengan GTK yang bersentuhan dengan keberadaan, peran dan fungsi laboratorium di SMA masih berorientasi pada laboratorium secara fisik/konvensional.
- b) Saat ini ribuan SMA telah memiliki bangunan/ruang laboratorium Biologi, Fisika, dan Kimia lengkap dengan peralatan, bahan dan Sumber Daya Manusia (SDM) yang mengelolanya.
- c) Telah berkembang aplikasi laboratorium digital yang merupakan platform berbasis teknologi informasi dan komunikasi yang menawarkan banyak kelebihan.

Mencermati kondisi-kondisi tersebut, maka secara logis pengembangan Laboratorium Sains Digital dilakukan dengan tetap mempertahankan eksistensi laboratorium konvensional di sekolah namun dioptimalisasi dalam fungsi dengan memasukkan aplikasi laboratorium virtual/digital. Dengan kata lain dilakukan kolaborasi dan harmonisasi dengan harapan dapat mengombinasikan kelebihan dan keunggulan masing-masing sekaligus dapat menutup kelemahan masing-masing.

Secara teknis di sekolah tetap mempertahankan laboratorium konvensional yang ada, namun secara fungsi akan dioptimalkan dengan memasukkan infrastruktur TIK sebagai penunjang dan mengombinasikannya dalam operasional laboratorium, dimana konsep ini dikenal dengan Laboratorium *Hybrid*/Hibrida.



Gambar IV.16 Ilustrasi Rumusan Laboratorium Sains Digital

Konsep laboratorium Hybrid akan lebih fleksibel untuk dapat digunakan di berbagai kondisi sekolah sesuai dengan kondisi dan daya dukung yang dimiliki oleh sekolah. Bagi SMA yang sudah maju dimana telah memiliki sarana dan prasarana laboratorium konvensional yang memadai dan telah beroperasi dengan baik untuk mendukung pembelajaran, maka masuknya Laboratorium Sains Digital menjadi pelengkap dan bersifat pengayaan dari sisi materi dan juga mengoptimalkan layanan karena peserta didik dapat mengakses kapanpun dan dimanapun. Bagi SMA pada level ini adanya Laboratorium Sains Digital juga akan menghemat biaya operasional laboratorium, karena praktikum secara langsung dapat dikurangi intensitasnya dan peserta didik dapat mengulang-ulang praktikum menggunakan simulasi di komputer.

Sedangkan pada SMA yang kondisi sarana prasarana laboratoriumnya belum memadai, apalagi SMA yang belum memiliki

laboratorium konvensional, maka adanya Laboratorium Sains Digital menjadi solusi dengan keterbatasan yang ada tetap dapat melakukan praktikum secara maya.



Gambar IV.17 Ilustrasi Konsep Hybrid Perpaduan Konvensional dan Digital

Laboratorium digital merupakan sistem yang dapat digunakan untuk mendukung sistem praktikum yang berjalan secara konvensional. Dengan adanya laboratorium hybrid ini dapat memberikan kesempatan lebih luas kepada peserta didik untuk melakukan praktikum, baik praktikum secara langsung atau menggunakan simulasi komputer secara daring maupun luring, termasuk peserta didik yang berhalangan hadir ke sekolah karena dapat melakukannya dari mana saja walaupun tidak hadir untuk mengikuti praktikum di ruang laboratorium. Hal ini dapat meningkatkan layanan pembelajaran menjadi lebih efektif karena peserta didik dapat belajar sendiri secara aktif tanpa bantuan instruktur ataupun asisten.

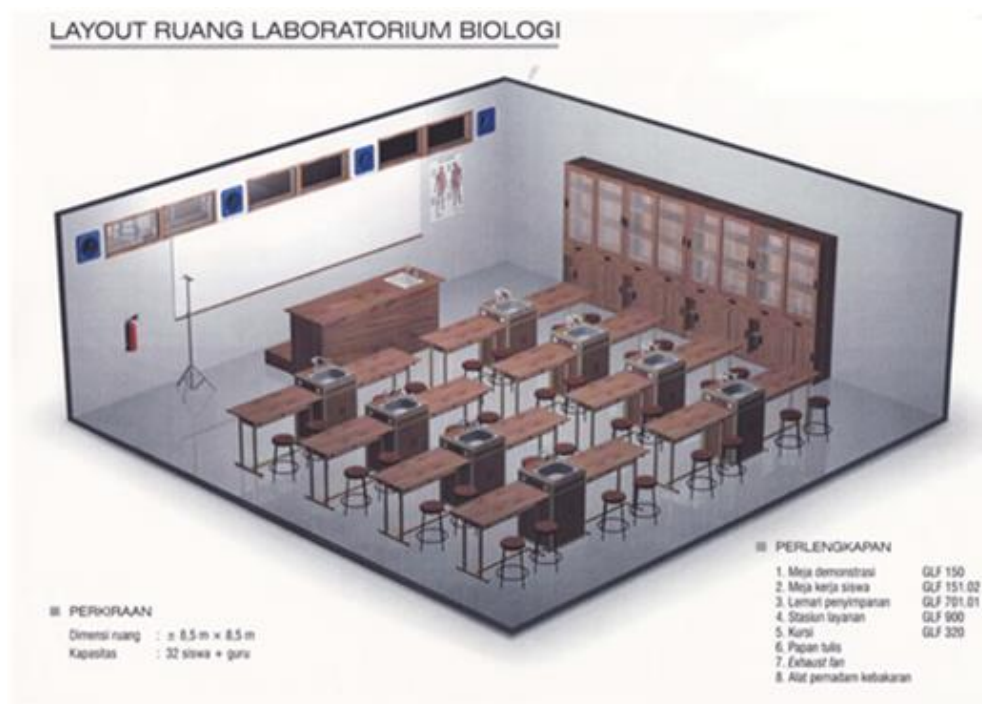
B. Infrastruktur Laboratorium Sains Digital

Dengan konsep sebagai laboratorium hybrid, yaitu tetap mempertahankan laboratorium konvensional dengan memasukkan infrastruktur TIK sebagai penunjang dan mengombinasikannya dalam operasional laboratorium, maka infrastruktur untuk Laboratorium Sains Digital juga merupakan kombinasi dan gabungan dari laboratorium konvensional dan laboratorium virtual/digital.

1. Sarana dan Pra-sarana Laboratorium Konvensional

Sekolah yang telah memiliki dan mengoperasikan laboratorium Biologi, laboratorium Fisika, dan laboratorium Kimia konvensional akan tetap mempertahankannya dan bahkan mengoptimalkan penggunaannya. Untuk standar sarana dan prasarana laboratorium konvensional ini mengacu pada Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Standar Sarana Dan Prasarana Untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTS).

Ruangan laboratorium konvensional akan menjadi basis dan akan dipasang perangkat-perangkat yang dibutuhkan untuk mengembangkan dan menjalankan praktikum secara maya sesuai konsep laboratorium hybrid. Mungkin akan dibutuhkan meja tambahan untuk penempatan perangkat komputer, penempatan TV/layar eletronik/LCD Proyektor, jaringan listrik tambahan dan juga untuk jaringan internet.



Gambar IV.18 Ilustrasi Lay Out Laboratorium

Sumber: <https://www.slideshare.net>

Bagi sekolah yang sudah maju yang telah menggunakan peralatan dan aplikasi yang lebih canggih untuk melakukan praktikum maya, misalnya menggunakan *virtual reality* (VR) maka perlu menyiapkan peralatan dan perangkat yang diperlukan termasuk ruangan yang diperlukan untuk menjalankan teknologi tersebut.

Sedangkan bagi sekolah yang belum memiliki laboratorium sains konvensional, maka persiapan difokuskan pada perangkat komputer dan pendukungnya. Untuk menjalankan praktikum secara maya dapat memanfaatkan perangkat komputer pada laboratorium komputer atau komputer yang ada atau dibawa ke ruang kelas.

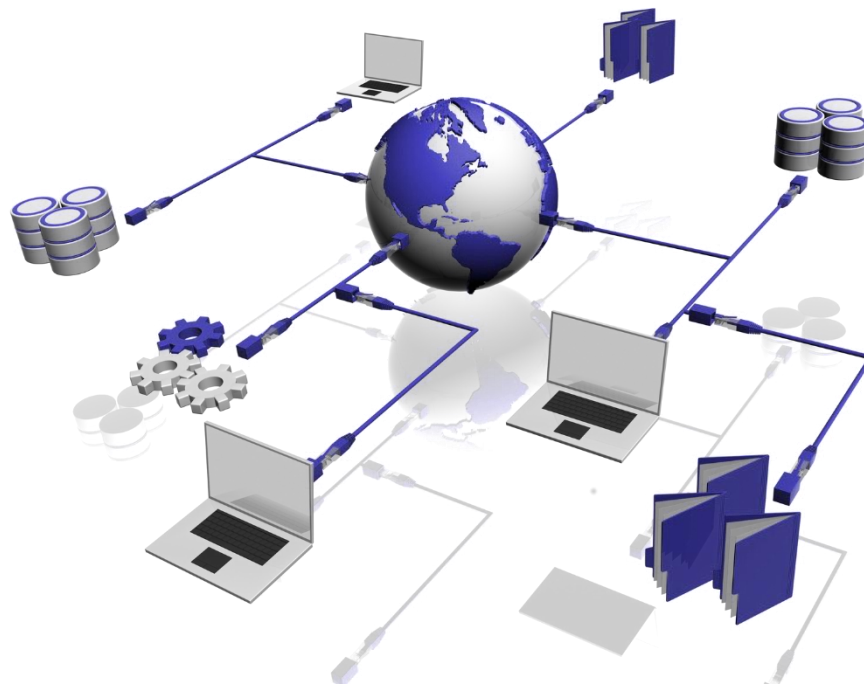


Gambar IV.19 Laboratorium Komputer SMA

Sumber: Dokumentasi SMAN 2 Kota Tangerang Selatan

2. Infrastruktur TIK

Pratikum maya dapat diartikan sebagai bagian pengajaran untuk melakukan suatu praktik pengujian dari teori yang dilakukan menggunakan simulasi komputer. Oleh karenanya dibutuhkan perangkat komputer dan penunjangnya, berupa jaringan listrik dan jika menjalankan dalam mode daring maka juga diperlukan jaringan internet baik menggunakan kabel atau menggunakan wifi. Jika konten praktikum maya telah diunduh dan dijalankan secara luring, maka hanya perlu komputer dan jaringan lokal saja (Local Area Network/LAN) saja. Akan tetapi jika menjalankan secara daring maka dibutuhkan akses internet dengan *bandwidth* yang cukup agar konten dapat diputar dengan lancar mengingat konten biasanya dalam format web menggunakan aplikasi *flash*, HTML atau semacamnya.



Gambar IV.20 Grafis Infrastruktur TIK

Sumber: <https://www.pngdownload.id>

Untuk implementasi Laboratorium Sains Digital yang lebih maju/*advanced*, dimana sekolah telah mengembangkan atau menggunakan aplikasi dengan fitur-fitur layanan yang beragam termasuk manajemen konten digital maka dibutuhkan komputer server untuk mengoperasikannya. Aplikasi Laboratorium Sains Digital dan semua konten digital dipasang pada server untuk kemudian diakses melalui komputer *client* yang terhubung melalui jaringan. Apabila Laboratorium Sains Digital di skenarioikan untuk dapat diakses secara daring, maka secara teknis dapat melakukan *hosting* dengan menyewa server dan layanannya ke pihak provider. Bagi sekolah yang memang telah memiliki kemampuan untuk mengelola server sendiri, maka Laboratorium Sains Digital dapat dipasang pada server sekolah sendiri.

C. Konten Praktikum Maya

Konsep Laboratorium Sains Digital secara teknis pada akhirnya akan berupa aplikasi yang digunakan untuk mengatur, mengelola, menjalankan, dan mendokumentasikan seluruh proses dan aktifitas operasional sebuah laboratorium secara digital. Dan aktifitas utama dalam Laboratorium Sains Digital adalah melakukan praktikum secara maya, maka didalamnya terdapat menu untuk mengelola manajemen konten digital ini. Terdapat beberapa sumber dan alternatif agar sekolah mendapatkan dan mempunyai konten digital praktikum maya.

1. Konten Laboratorium Maya Kemendikbud

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah memiliki program Laboratorium Maya, yang secara teknis merupakan salah satu fitur pada portal Rumah Belajar Kemendikbud yang dapat diakses pada alamat: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/>. Laboratorium Maya Kemendikbud menyediakan konten untuk mata pelajaran IPA dan matematika untuk jenjang SMP dan SMA. Sedangkan khusus untuk jenjang SMA, terbagi menjadi tiga kategori, yaitu Biologi, Fisika, dan Kimia.



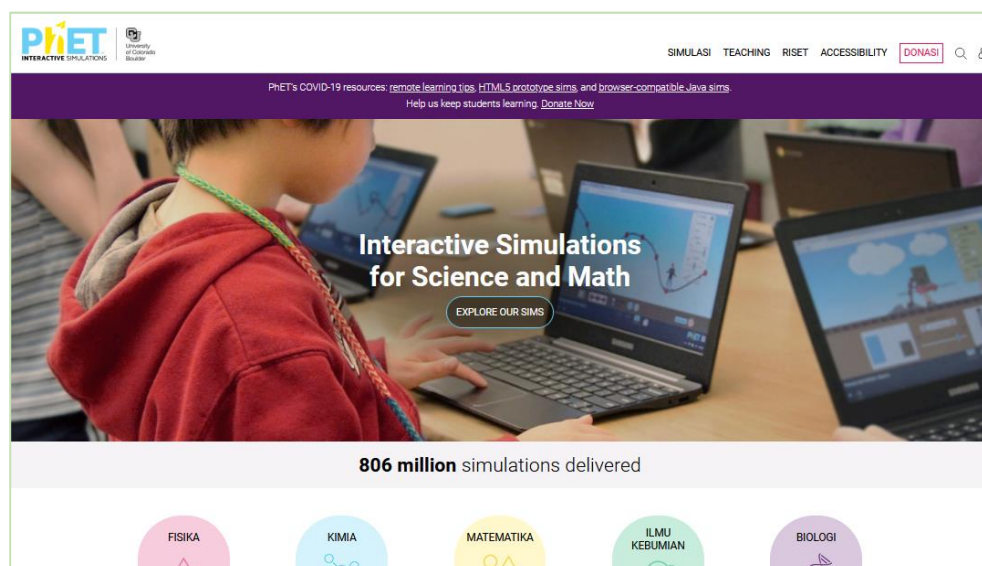
Gambar IV.21 Konten Laboratorium Maya Kemendikbud

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

Seluruh konten yang dipublikasi pada Laboratorium Maya Kemendikbud dapat diunduh oleh sekolah setelah sebelumnya mendaftar pada laman Laboratorium Maya dan akunnya telah diaktifkan. Namun demikian jumlah konten yang disediakan belumlah lengkap, sehingga diperlukan sumber lain yang relevan dan menyediakan konten praktikum maya sesuai kebutuhan.

2. Konten Sumber Lain

Terdapat beberapa sumber konten praktikum maya yang dapat dimanfaatkan selain Laboratorium Maya Kemendikbud yang menyediakan media pembelajaran, Yang pertama adalah *Physics and Education Technology (PhET) Interactive Simulations* yang di dalamnya berisi pemodelan dari setiap komponen laboratorium nyata yang divisualisasikan ke dalam simulasi maya (virtual). Laman ini dapat diakses pada alamat: <https://phet.colorado.edu>.

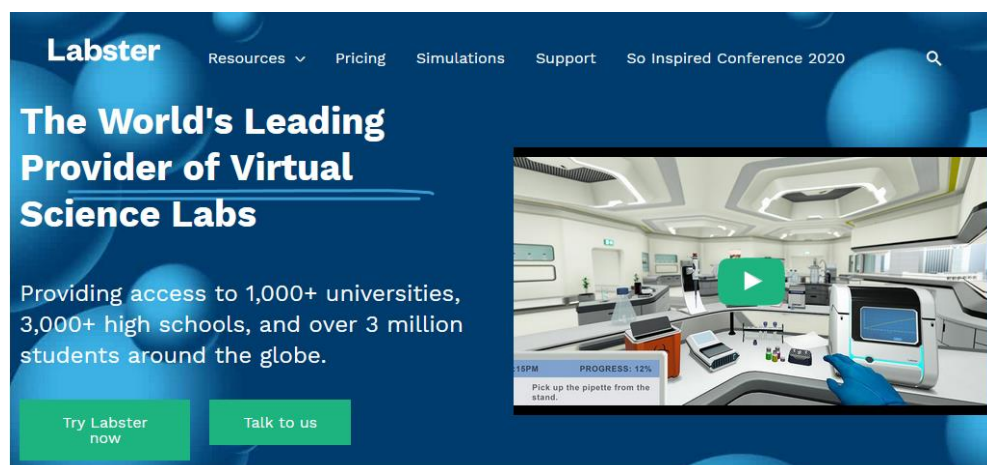


Gambar IV.22 Physics and Education Technology (PhET) Interactive Simulations

Sumber: <https://phet.colorado.edu>

Simulasi yang disediakan media PhET sangat interaktif dan mudah sehingga peserta didik tertarik untuk belajar dengan cara mengeksplorasi secara langsung dan dapat bereksperimen dalam waktu yang relatif singkat. Media PhET dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret melalui penciptaan tiruan-tiruan bentuk pengalaman mendekati suasana sebenarnya dan berlangsung dalam suasana tanpa resiko.

Berikutnya adalah Labster, yaitu sebuah platform yang menyediakan laboratorium digital yang dapat diakses pada alamat: <https://www.labster.com/>. Labster merupakan sebuah bentuk simulasi laboratorium yang lebih canggih yang juga dapat disebut merupakan *educational game*/game edukasi bagi siapa saja yang berminat untuk mempelajari kisi-kisi ilmu alam seperti biologi, kimia, maupun bioteknologi.



Gambar IV.23 Laboratorium digital Labster

Sumber: <https://www.labster.com>

Konten pada labster secara tampilan adalah virtual 3D untuk menggunakan mesin NGS (*Next Generation Sequencing*), Mikroskop

Elektron, dan perangkat lainnya yang seharga ratusan ribu dollar. Semua dihadirkan dengan simulasi secara *real* seperti penghitungan matematis, pengukuran tingkat keasaman untuk manipulasi DNA, serta berbagai fungsi lainnya. Tak sampai disitu, Labster juga menghadirkan asistern virtual yang dapat membantu observasi.



Gambar IV.24 Laboratorium On line Amrita Olabs

Sumber: <http://amrita.olabs.edu.in>

Berikutnya laboratorium online amrita,olabs pada alamat: <http://amrita.olabs.edu.in/>. Yang kontennya mencakup studi dan penggunaan teknik matematika untuk mendemonstrasikan berbagai fungsi kompleks dalam berbagai bidang ilmu. Laboratorium menggunakan teknologi simulasi canggih untuk menciptakan lingkungan laboratorium dunia nyata. Skenario laboratorium nyata ditangkap melalui demonstrasi langsung eksperimen untuk mengasimilasi informasi tentang prosedur dan peralatan. Visualisasi dan pengembangan simbol grafis dilakukan berdasarkan situasi

realistis dan dibandingkan dengan peralatan nyata masing-masing. Simulasi dibuat interaktif menggunakan berbagai alat pembuatan, sehingga menciptakan dan mensimulasikan lingkungan laboratorium nyata.

Terdapat sumber-sumber lain yang dapat digunakan, baik yang berbayar maupun tidak. Cara lain untuk mendapatkan konten digital praktikum maya juga dapat dilakukan dengan membeli pada pihak ketiga yang relevan. Tentu saja harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan konten digital yang dibeli berkualitas dan secara substansi/isi sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

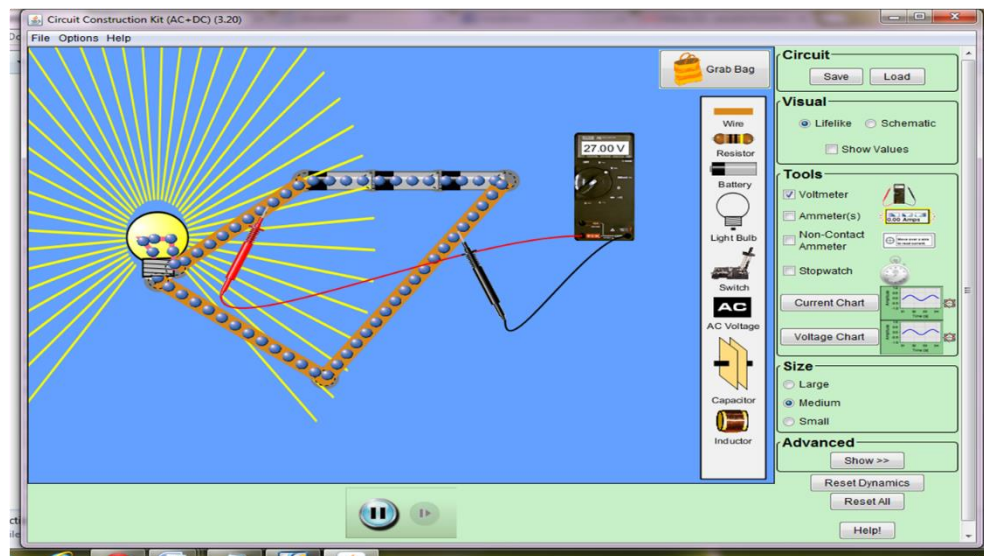
3. Membuat Konten Laboratorium Digital

Dengan asumsi bahwa bahwa pendidiklah yang paling paham tentang substansi materi dalam suatu praktikum, maka yang paling ideal adalah jika materi praktikum maya dibuat sendiri oleh pendidik. Pembuatan konten digital untuk praktikum maya juga dapat diproduksi oleh tim yang dipersiapkan oleh sekolah. Secara umum konten digital praktikum maya terbagi dalam dua jenis, yaitu:

a) Simulasi

Simulasi merupakan suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta lingkungan di sekelilingnya. Peniruan yang dimaksud adalah menggambarkan sifat-sifat karakteristik kunci dari objek yang ditiru. Simulasi dapat digunakan untuk menunjukkan efek yang terjadi akibat beberapa kondisi atau alternatif tindakan terhadap suatu sistem. Simulasi digunakan ketika sistem yang rill tidak dapat dijalankan, sulit/tidak dapat diakses, dalam lingkungan yang berbahaya atau keterlibatan manusia di lingkungan tersebut beresiko tinggi, sistem yang sedang dirancang dalam proses pengembangan atau bahkan

sistem yang belum dibuat. Dalam ruang lingkup laboratorium virtual, simulasi merupakan peniruan dari perangkat atau kegiatan praktikum, simulasi juga memungkinkan alternatif-alternatif akibat yang terjadi apabila pengguna melakukan kegiatan di luar prosedur yang ditentukan .



Gambar IV.25 Konten Simulasi

Sumber: <https://phet.colorado.edu>

b) Imersi

Imersi merupakan persepsi pengguna yang merasakan kehadiran secara fisik di dunia non-fisik (maya). Persepsi dibuat dengan menyajikan pengalaman indrawi melalui gambar, suara atau rangsangan lain. Dalam ranah realitas maya (*virtual reality*) misalnya, imersi dibuat dengan menempatkan pengguna di lingkungan maya secara menyeluruh, melalui perangkat HMD (*Head Mounted Display*) pengguna dapat melihat ke segala arah dan secara psikologis akan merasa berada di dalam lingkungan maya tersebut, dalam hal ini pendidik dan peserta didik seolah dibawa masuk ke ruangan

laboratorium dengan peralatan dan bahan yang semuanya adalah maya tapi seolah-olah nyata.



Gambar IV.26 Konten Imersi

Sumber: <https://www.labster.com>

Secara teknis konten digital untuk praktikum maya dapat dibuat dengan beragam format dan menggunakan bermacam-macam teknologi/aplikasi, mulai dari yang sederhana sampai dengan yang *advance*/canggih. Beberapa teknologi/aplikasi yang biasanya digunakan untuk memproduksi konten digital praktikum maya diantaranya:

a) Video Editor

Laboratorium Sains Digital akan membutuhkan fitur yang digunakan untuk mengenalkan peralatan dan bahan yang akan digunakan untuk praktikum. Secara sederhana konten pengenalan alat dan bahan dapat disajikan dalam bentuk video, maka pembuatannya hanya membutuhkan peralatan untuk merekam dan mengedit video atau video editor. Saat ini banyak sekali aplikasi video

editor yang dapat digunakan, seperti: *Adobe Premiere Pro*, *AVS Video Editor*, *VirtualDub*, *Corel Video Studio*, *Windows Movie Maker*, dan masih banyak lagi.



Gambar IV.27 Ilustrasi Aplikasi Video Editor

Sumber: <https://carisinyal.com>

b) Animasi

Konten praktikum secara digital juga dapat disajikan menggunakan animasi, yaitu gambar berbentuk dari sekumpulan objek berurutan yang bergerak cepat untuk menciptakan suatu ilusi gerakan. Bahkan perkembangan saat ini animasi sudah banyak diproduksi dalam format 3-D.



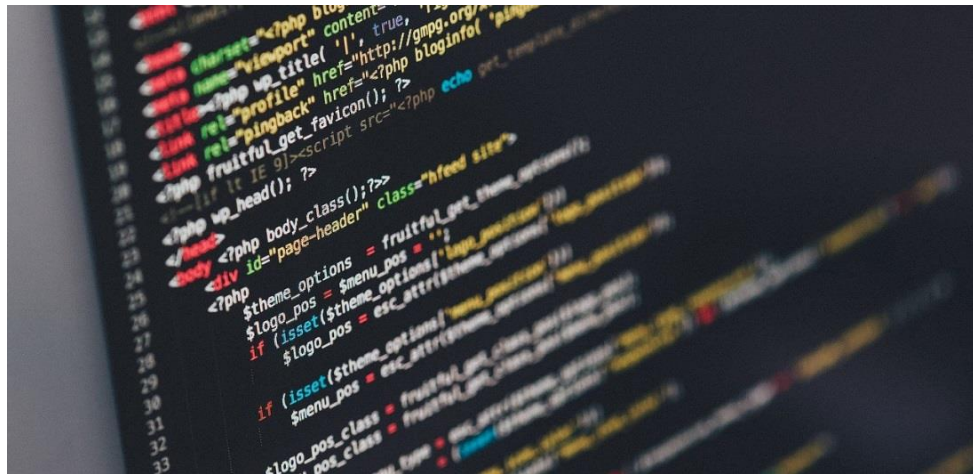
Gambar IV.28 Ilustrasi Konten Animasi

Sumber: <https://www.gambaranimasi.org>

Beberapa aplikasi pembuat animasi yang populer diantaranya: *Blender, OpenToonz, Toon Boom Harmony, Moho Pro 12*, dan lain sebagainya.

c) Bahasa Pemrograman

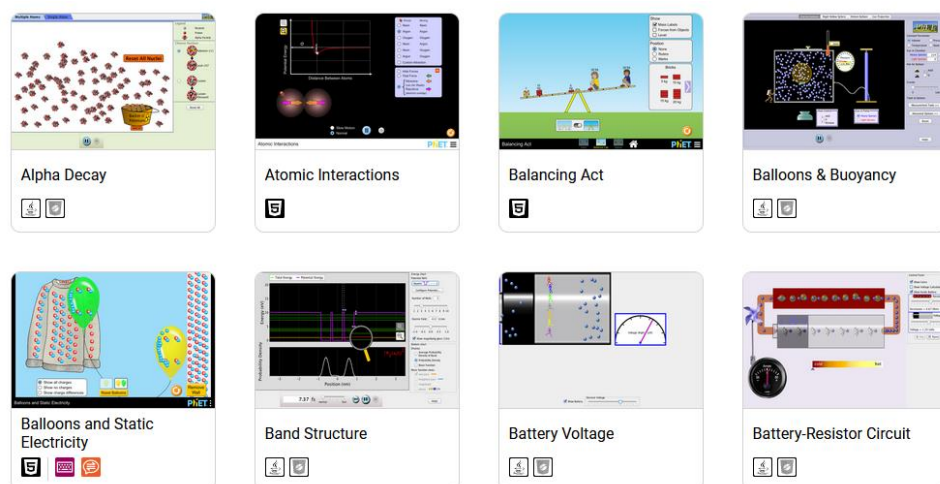
Pada saat ini konten digital untuk melakukan praktikum maya yang ada di berbagai sumber, sebagian besar diproduksi menggunakan bahasa pemrograman komputer. Banyak pilihan bahasa pemrograman yang dapat digunakan, tetapi yang populer diantaranya: HTML, Java, PHP, dan lain-lain.



Gambar IV.29 Ilustrasi Bahasa Pemrograman

Sumber: <https://medium.com>

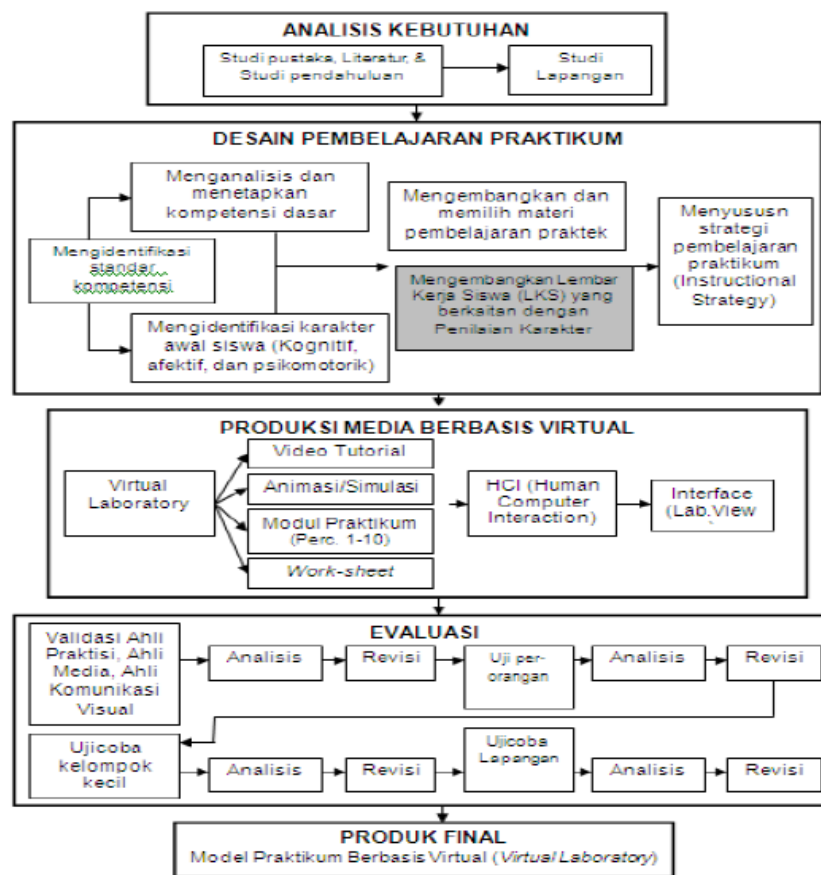
Bahasa pemrograman, atau sering diistilahkan juga dengan bahasa komputer atau bahasa pemrograman komputer, adalah instruksi standar untuk memerintah komputer. Bahasa pemrograman ini merupakan suatu himpunan dari aturan sintaks dan semantik yang dipakai untuk mendefinisikan program komputer. Sebagian besar materi pada laboratorim digital yang ada saat ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman komputer.



Gambar IV.30 Konten Dari Hasil Pemrograman

Sumber: <https://phet.colorado.edu>

Untuk membuat konten digital menggunakan bahasa pemrograman, biasanya ada tahapan-tahapannya, dimulai dengan mengumpulkan bahan dan mempelajari alur proses bisnisnya, membuat perancangan, melakukan ujicoba sampai dengan aplikasi berjalan sesuai yang dikehendaki.



Gambar IV.31 Proses Bisnis Produksi Konten Praktikum Maya

d) *Augmented Reality*

Augmented reality (AR) adalah pengalaman visual interaktif di mana objek yang berada di dunia nyata dan ditambahkan informasi baru oleh sebuah perangkat untuk menghasilkan persepsi baru. Visualisasi lingkungan fisik dari dunia nyata dikombinasikan dengan visualisasi maya untuk menghadirkan persepsi baru. Dalam definisi ini

augmented reality harus memenuhi tiga fitur dasar, yaitu: kombinasi dunia nyata dan virtual, interaksi terjadi secara langsung, dan visualisasi yang akurat dalam penggabungan antara objek virtual dan objek nyata.



Gambar IV.32 Augmented Reality

Sumber: <http://pena.belajar.kemdikbud.go.id>

e) *Virtual Reality*

Virtual reality (VR, terjemahan : realitas maya) adalah sebuah teknologi yang menempatkan pengguna di lingkungan maya. Realitas maya ditampilkan melalui peralatan khusus yang memungkinkan pengguna untuk melihat dunia buatan/maya, bergerak di dalamnya, dan berinteraksi dengan fitur atau barang virtual. Perangkat khusus yang dimaksud antara lain: kombinasi beberapa layar datar (minimal 4 arah layar) dan perangkat *Head Mounted Display* (HMD).

Hal utama yang membedakan antara VR dan AR, adalah di dalam VR seluruh lingkungan dibentuk oleh perangkat, keberadaan objek fisik dari dunia nyata sudah tidak ada lagi, berbeda dengan AR yang

menggabungkan objek nyata dan objek maya. Dalam ranah laboratorium virtual, VR dipakai oleh beberapa pengembang aplikasi untuk menampilkan laboratorium virtual secara menyeluruh seperti Labster, CTIL, Digihuman, LAVREB dan beberapa laboratorium virtual yang dikembangkan oleh universitas-universitas terkemuka.



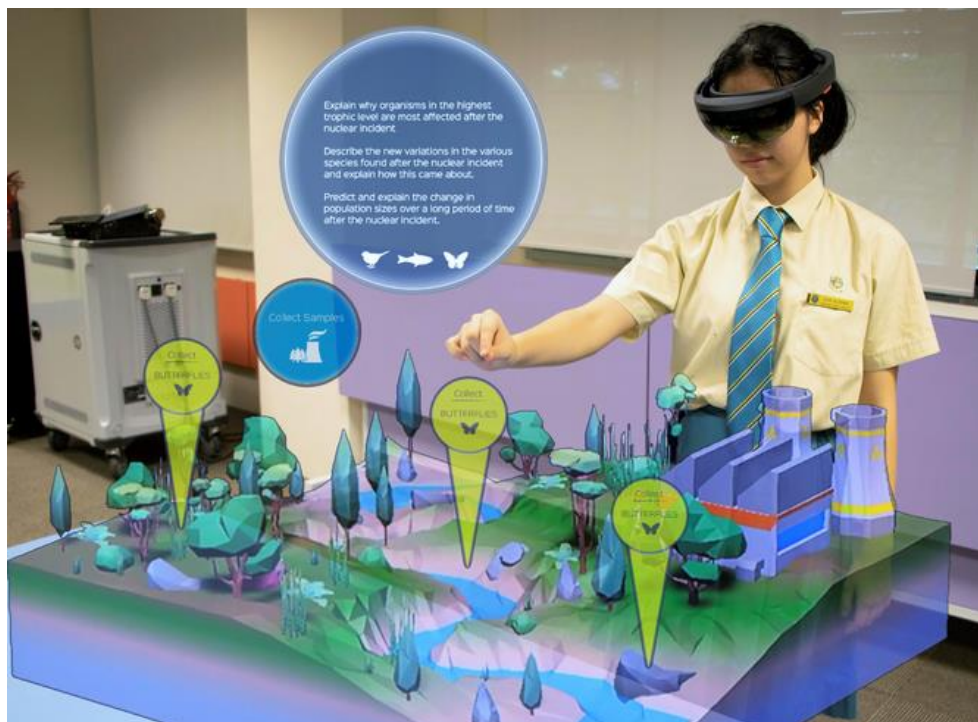
Gambar IV.33 Virtual reality

Sumber: <https://www.cnnindonesia.com>

f) Mixed Reality

Mixed reality (MR, terjemahan: realitas campuran) adalah penggabungan dunia nyata dan virtual untuk menghasilkan lingkungan dan visualisasi baru, di mana objek fisik dan digital ditampilkan bersama-sama secara berdampingan dan berinteraksi. Realitas campuran tidak secara eksklusif terjadi di dunia fisik atau virtual, tetapi merupakan gabungan antara realitas nyata dan realitas maya. Sehingga, bisa dikatakan bahwa MR merupakan penggabungan antara teknologi VR dan AR.

Dalam MR pengguna dapat bergerak secara langsung di lingkungan fisik, bersamaan dengan hal tersebut pengguna dapat melihat objek-objek maya yang ditambahkan oleh perangkat, sekaligus berinteraksi dengannya. Perangkat MR mampu menangkap lingkungan fisik secara baik, dan menggabungkan objek virtual secara presisi ke dalamnya. Melalui HMD khusus, pengguna akan melihat penggabungan antara objek virtual dan objek nyata dan menghasilkan persepsi baru yang lebih dinamis. Pada saat buku ini ditulis, terdapat beberapa perangkat MR seperti *Hololens*, *Acer Windows Mixed Reality*, *Samsung Odyssey* dan beberapa perangkat dalam pengembangan.



Gambar IV.34 Mixed reality

Sumber: <https://news.microsoft.com>

D. Fitur dan Layanan pada Laboratorium Sains Digital

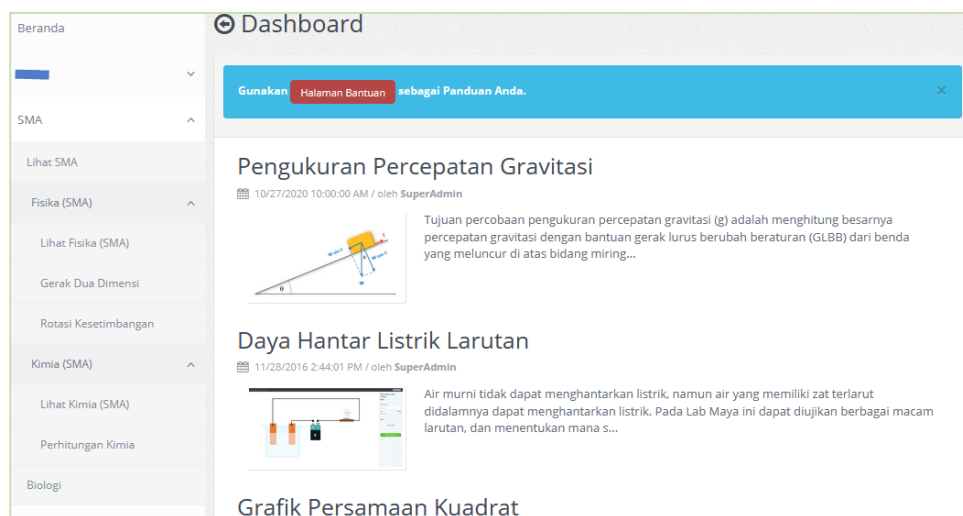
Pada implementasi Laboratorium Sains Digital yang lebih maju/advanced dan ideal, maka tidak hanya berfokus pada penyediaan konten digital untuk melakukan praktikum maya tetapi sudah lebih besar lagi dengan mengembangkan aplikasi tata kelola laboratorium secara menyeluruh. Maka perlu dikembangkan fitur-fitur layanan yang meliputi seluruh aspek di dalam laboratorium, mulai dari sisi administrasi, pengelolaan konten, manajemen, operasional sampai dengan evaluasi. Fitur-fitur utama yang dibutuhkan pada aplikasi Laboratorium Sains Digital adalah:

1. Manajemen Konten Digital

Langkah pertama untuk mengembangkan Laboratorium Sains Digital adalah bagaimana sekolah memiliki konten digital untuk melakukan praktikum secara maya. Pilihan praktis dan cepat adalah menggunakan konten praktikum maya yang telah ada/tersedia, yaitu yang disediakan oleh berbagai sumber dan juga bagi sekolah yang memiliki sumber daya yang bagus maka dapat membuat sendiri sebagaimana penjelasan di bagian konten diatas.

Pertanyaan selanjutnya, setelah sekolah memiliki konten-konten digital praktikum maya tersebut, bagaimana mengelolanya? Apakah dikelola secara mandiri oleh masing-masing pendidik, atau dikelola dalam sistem di sekolah. Direkomendasikan agar penggunaan dan perawatannya optimal dikelola oleh sistem di sekolah. Maka pada aplikasi Laboratorium Sains Digital harus dikembangkan fitur untuk mengelola/memanajemen konten digital ini.

Secara teknis proses bisnis didalam manajemen pengelolaan konten digital praktikum maya, akan mirip dengan manajemen pengelolan konten di aplikasi *Learning Mangement System* (LMS) atau juga di kenal dengan *e-learning*. Fitur ini berfungsi untuk melakukan tata kelola konten (tambah, ubah, hapus, pindah, dll), membuat pengelompokkan, kategori, aktifasi, dan lain sebagainya.



Gambar IV.35 Ilustrasi Menu Manajemen Konten

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

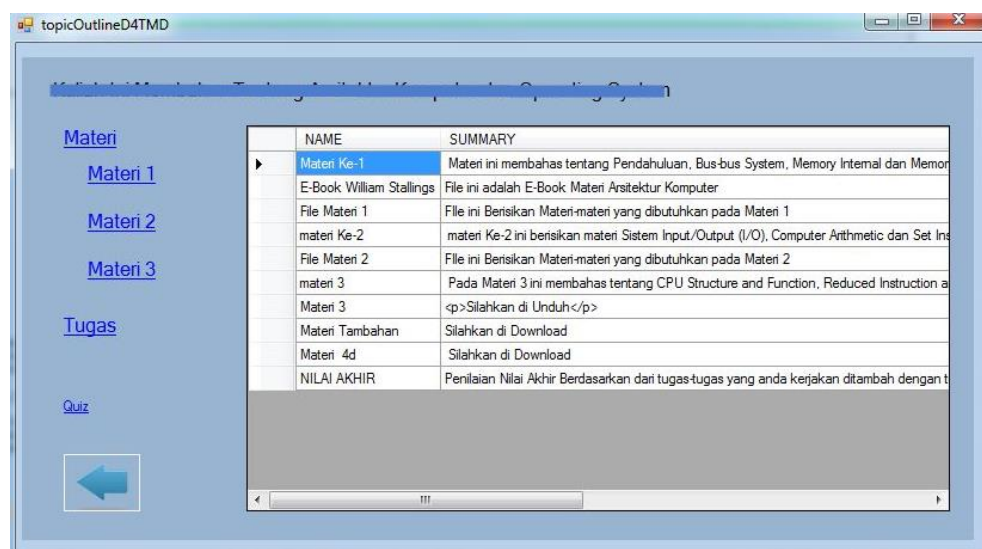
2. Lembar Kerja Siswa

Lembar Kerja Peserta didik (LKS) adalah panduan peserta didik yang digunakan untuk melakukan kegiatan penyelidikan atau pemecahan masalah. Lembar kerja peserta didik dapat berupa panduan untuk latihan pengembangan aspek kognitif maupun panduan untuk pengembangan semua aspek pembelajaran dalam bentuk panduan eksperimen atau demonstrasi. LKS memuat sekumpulan kegiatan mendasar yang harus dilakukan oleh peserta didik untuk memaksimalkan pemahaman dalam upaya pembentukan

kemampuan dasar sesuai indikator pencapaian hasil belajar yang harus ditempuh.

LKS biasanya berupa lembaran- lembaran untuk menyelesaikan tugas yang harus dikerjakan peserta didik dalam pokok materi tertentu. Pada kegiatan laboratorium, LKS akan sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran, agar kegiatan praktikumnya berjalan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Komponen LKS pada aktivitas laboratorium adalah judul praktikum, tujuan praktikum, informasi, keselamatan kerja, alat dan bahan, pertanyaan pre-lab, prosedur percobaan, hasil pengamatan, pertanyaan post-lab, pertanyaan aplikasi, dan kesimpulan.

Oleh karenanya pada aplikasi Laboratorium Sains Digital, juga harus menyediakan fitur untuk mengelola LKS ini, dalam hal ini adalah LKS dalam format digital.



Gambar IV.36 Ilustrasi Menu LKS Digital

Sumber: <https://cesbatch8.wordpress.com>

3. Referensi

Referensi adalah suatu informasi yang dijadikan rujukan atau sumber acuan untuk memperkuat atau mempertegas suatu pernyataan. Praktikum pada hakikatnya adalah proses pengujian dari suatu teori tertentu, oleh karenanya adanya referensi akan lebih menguatkan dan memberikan pengayaan terhadap suatu materi. Fitur referensi akan memudahkan menelusur dan mencari penguat/pendukung dari sumber-sumber seperti e-book, e-journal, e-library, ensiklopedi online, artikel online, dll. Fitur referensi akan mengarahkan pengguna pada pilihan-pilihan direktori situs yang relevan.







Gambar IV.37 Ilustrasi Menu Referensi

Sumber: <https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id>

4. Glosarium Alat

Glosarium alat adalah fitur pada aplikasi Laboratorium Sains Digital yang berisi daftar peralatan dan bahan yang ada di laboratorium

beserta penjelasannya. Daftar alat ini dapat disajikan dalam bentuk dokumen digital, misalnya PDF yang memuat gambar dan deskripsi dari alat/bahan. Format lain dapat juga disajikan dalam bentuk animasi ataupun video pengenalan alat.

DAFTAR NAMA-NAMA ALAT DAN KEGUNAANNYA DI LABORATORIUM			
NO	NAMA ALAT	KEGUNAAN	GAMBAR
1.	Tabung Reaksi	<ul style="list-style-type: none"> a. Sebagai tempat untuk mereaksikan bahan kimia b. Untuk melakukan reaksi kimia dalam skala kecil 	
2.	Erlenmeyer	<ul style="list-style-type: none"> a. Erlenmeyer digunakan dalam proses titrasi untuk menampung larutan yang akan dititrasi b. Menampung filtrat hasil penyaringan 	
3.	Gelas Kimia	<ul style="list-style-type: none"> a. Sebagai tempat untuk melarutkan zat yang tidak memerlukan ketelitian tinggi b. Sebagai wadah menampung dan menyimpan larutan sekaligus untuk memanaskannya 	
4.	Pipet Tetes	Membantu memindahkan larutan kimia dari wadah yang satu ke wadah yang lainnya dalam skala yang kecil	

Gambar IV.38 Ilustrasi Glosarium Alat – PDF

Sumber: <https://www.slideshare.net>

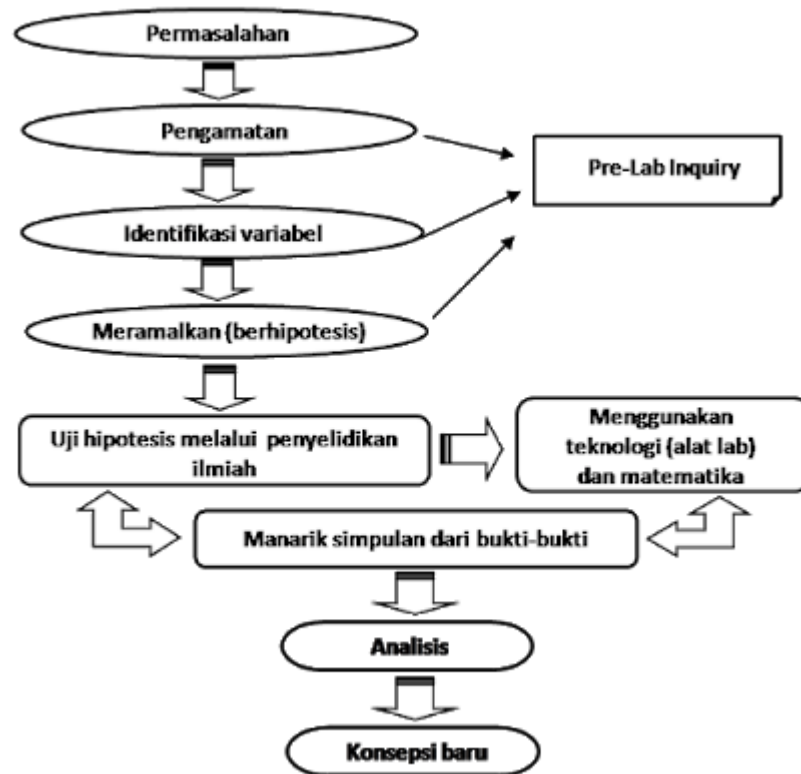


Gambar IV.39 Ilustrasi Glosarium Alat Video

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=As12kTu-Hxo>

5. Pre-LAB

Aktivitas pre-lab diawali oleh suatu permasalahan baik yang diajukan oleh peserta didik maupun diberikan oleh pendidik. Dari permasalahan peserta didik membuat hipotesis atau dugaan sementara yang berupa jawaban berdasarkan pengetahuan awal. Dengan fitur Pre-lab maka peserta didik dapat memahami permasalahan/proses yang akan dilakukan pada waktu praktikum lebih awal dan sekaligus sebagai persiapan untuk melakukan praktikumnya. Melalui fitur ini juga dapat memberikan gambaran kepada peserta didik, peralatan dan bahan yang akan digunakan pada waktu praktikum, walaupun semua dalam bentuk konten digital. Juga dapat berisi pesan atau arahan dari pendidik/laboran sebagai persiapan praktikum baik praktikum secara nyata maupun secara maya.

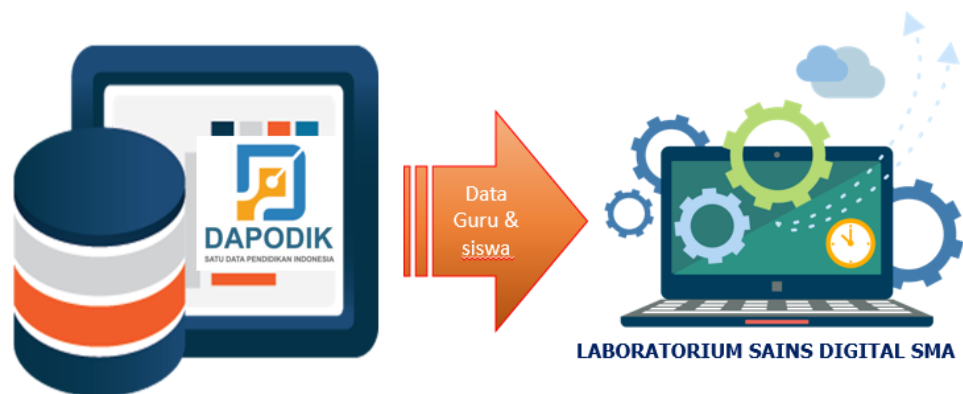


Gambar IV.40 Proses Bisnis Pre-Lab

Sumber: <http://mediafunia.blogspot.com>

6. Terhubung dengan database Peserta didik dan GTK

Secara teknis aplikasi Laboratorium Sains Digital dapat berupa aplikasi berbasis web berbentuk portal, sehingga pengguna untuk masuk ke dalam aplikasi memerlukan akun untuk autentikasi. Pengguna Laboratorium Sains Digital dalam hal ini adalah pendidik, laboran dan peserta didik, dimana datanya telah dikelola melalui sistem pendataan di SMA, yaitu Data Pokok Pendidikan (Dapodik). Oleh karenanya agar tidak perlu menginput ulang data pendidik dan peserta didik, dan agar datanya lebih valid maka data pengguna langsung mengambil dari Dapodik.



Gambar IV.41 Proses Bisnis Integrasi Dapodik

7. Terhubung dengan Jadwal Pelajaran

Pada aplikasi Laboratorium Sains Digital juga harus terhubung dengan jadwal pelajaran, dimana itu akan menjadi rujukan untuk jadwal praktikum. Memang secara teknis, dengan aplikasi Laboratorium Sains Digital berbasis web yang selalau *on line* dan dapat diakses dari mana saja dan kapan saja, maka fungsi jadwal sebagai pengaturan waktu pelaksanaan praktikum menjadi tidak relevan. Akan tetapi jadwal akan menjadi rujukan/batasan sebuah praktikum kapan sudah harus diakses dan dilakukan oleh peserta didik, baik praktikum secara bersama-sama maupun praktikum secara mandiri.

Jadwal Praktikum Semester Ganjil Tahun Akademik 2017 / 2018

NO.	JAM	RUANG LAB.	SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUMAT	SABTU
1	08.00 - 09.30	Lab. Penrograman	Alpro 1 (S1/2/PB) Kel.2 HR, SN, MF	Alpro 1 (S1/2/PC) Kel.3 HR, SN, AI, FB	Alpro 1 (S1/2/PA) Kel.1 HR, AS, KM	AFBI (S1/2/PA) Kel.1 AF, MF, FM	Alpro Dasar (T1/2/PB) Kel.2 HR, MF	Alpro Dasar (S1/2/PB) Kel.2 HR, FB, ALFJ
		Lab. Aplikasi & Komputasi	Struktur Data (S1/III/2/PB) Kel.2 WN, FH	Basis Data II (T1/2/PC) Kel.3 WN, FM, MF		Elektronika (T1/III/2/PB) Kel.2 AS, KM	SO Open Source (T1/III/2/PC) Kel.3 WN, MF	SO Open Source (T1/III/2/PB) Kel.2 WN, FM, FH
		Lab. Aplikasi Profesional	Visual Lanjut (S1/2/PA) Kel.1 AF, FM	Visual Lanjut (S1/2/PA) Kel.2 AF, FH	Visual Lanjut (S1/2/PA) Kel.3 AF, FB, FM		Visual Lanjut (S1/2/PA) Kel.4 AF	IMDK (M1/III/2/P) Kel.1 AF, MF
		Lab. Jaringan Komputer						
2	09.30 - 11.00	Lab. Penrograman	Alpro 1 (S1/2/PB) Kel.2 HR, SN	Alpro 1 (S1/2/PC) Kel.3 HR, SN, AI, FB	Alpro 1 (S1/2/PA) Kel.1 HR, KM, AS, MF		Alpro Dasar (T1/2/PB) Kel.2 HR, MF	Alpro Dasar (T1/2/PA) Kel.1 HR, KM, AS, FJ
		Lab. Aplikasi & Komputasi	Komp. Multimedia (S1/III/2/PB) Kel.2 WN, MF	Basis Data Lanjut (S1/2/PA) Kel.2 WN, FM, MF	Bahasa Rakitan (T1/III/2/PB) Kel.2 FM, AF, FB	Elektronika (T1/III/2/PA) Kel.1 FM, MF	SO Open Source (T1/III/2/PA) Kel.1 WN, FM, AF	FBO (T1/III/2/PA) Kel.1 FM, FB, WN
		Lab. Aplikasi Profesional	IMDK (T1/2/PA) Kel.3 AF	IMDK (T1/2/PA) Kel.2 AF, FH				IMDK (M1/III/2/P) K-1.1 AF, MF
		Lab. Jaringan Komputer	Jakson 1 (M1/III/2/P) Kel.1 FM					
3	11.00 - 12.30	Lab. Penrograman	FBO (T1/III/2/PC) Kel.3 MF	Teknik Multimedia (T1/2/PB) Kel.2 HR, AI	Alpro Dasar (T1/2/PC) Kel.3 HR, FB, AS, KM			Alpro Dasar (T1/2/PA) Kel.1 HR, KM, AS, FJ
		Lab. Aplikasi & Komputasi	Struktur Data (S1/III/2/PA) Kel.1 WN, HR	Perbuk (S1/III/2/PA) Kel.1 FM, MF, WN	Basis Data II (T1/2/PC) Kel.3 WN, FM, MF	Bahasa Rakitan (T1/III/2/PA) Kel.1 FM, MF, AI		FBO (T1/III/2/PA) Kel.1 FB, FM, MF
		Lab. Aplikasi Profesional	IMDK (T1/2/PA) Kel.1 AF			Sistem Operasi (M1/III/2/P) Kel.1 AF		Berita dan Foto (M1/2/PB) Kel.1 WN, MF
		Lab. Jaringan Komputer	Jakson 1 (M1/III/2/P) Kel.1 FM					

Gambar IV.42 Ilustrasi Jadwal Praktikum

8. Terhubung dengan Perangkat Pembelajaran/silabus

Silabus merupakan seperangkat rencana serta pengaturan pelaksanaan pembelajaran dan penilaian yang disusun secara sistematis yang memuat komponen-komponen yang saling berkaitan untuk mencapai penguasaan kompetensi dasar. Silabus bermanfaat sebagai pedoman dalam pengembangan pembelajaran lebih lanjut, seperti pembuatan rencana pembelajaran, pengelolaan kegiatan pembelajaran dan pengembangan sistem penilaian. Silabus merupakan sumber pokok dalam penyusunan rencana pembelajaran, kaib rencana pembelajaran untuk satu Standar Kompetensi maupun satu Kompetensi Dasar. Oleh karenanya sangat penting untuk dapat memetakan konten-konten digital praktikum pada Laboratorium Sains Digital berdasarkan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasarnya

(KD). Hal ini akan memudahkan pendidik dalam mengevaluasi ketuntasan pembelajaran.

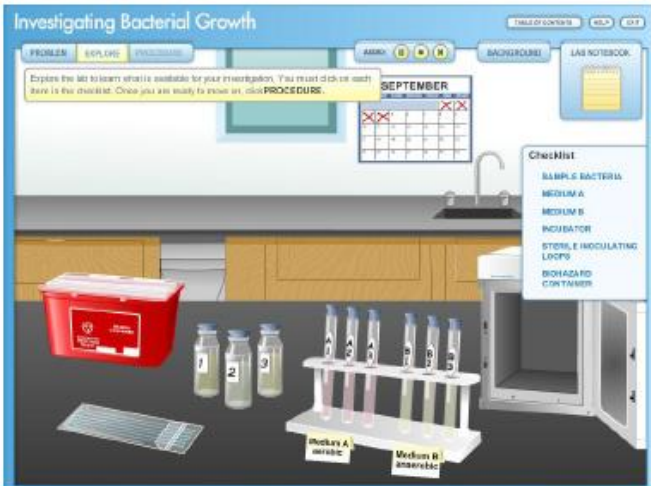

Kompetensi Dasar:

3.5 Menganalisis struktur dan cara hidup bakteri serta perannya dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat.

4.5 Menyajikan data tentang ciri-ciri dan peran bakteri dalam kehidupan berdasarkan hasil studi literatur dalam bentuk laporan tertulis.

Materi 6

Judul: Monera



Gambar IV.43 Ilustrasi Silabus dan Materi

Sumber: Buku Praktikum Maya Untuk Mendukung Pembelajaran Jarak Jauh di SMA

Direktorat Sekolah Menengah Atas telah melakukan pemetaan konten digital praktikum maya yang bersumber dari Laboratorium Maya Kemendikbud maupun sumber lain untuk mata pelajaran Biologi, Fisika, dan Kimia. Hasil pemetaan tersebut diterbitkan dalam buku dengan judul “Praktikum Maya Untuk Mendukung Pembelajaran Jarak Jauh di SMA”. Buku ini dimaksudkan untuk sebagai pegangan dan

panduan bagi para guru mata pelajaran Biologi, Fisika, dan Kimia untuk memperoleh bahan ajar digital untuk melakukan pembelajaran praktikum secara maya. Pemetaan konten digital praktikum maya pada buku ini tidak hanya dikhususkan dalam mendukung pembelajaran jarak jauh yang diterapkan di masa pandemi COVID – 19 namun tetap dapat digunakan untuk seterusnya.



Gambar IV.44 Buku Praktikum Maya Untuk Mendukung Pembelajaran Jarak Jauh di SMA

Pemetaan konten dalam buku Praktikum Maya Untuk Mendukung Pembelajaran Jarak Jauh di SMA dapat menjadi referensi dan acuan dalam menyusun manajemen konten pada aplikasi Laboratorium Sains Digital.

9. Terhubung dengan Pusat Sumber Belajar

Pusat Sumber Belajar SMA (PSB SMA) merupakan sistem pengelolaan yang terorganisasi untuk menyusun, mengembangkan, dan menyediakan sumber belajar dalam mendukung proses pembelajaran dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi sebagai media informasi dan komunikasi, wahana belajar,

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

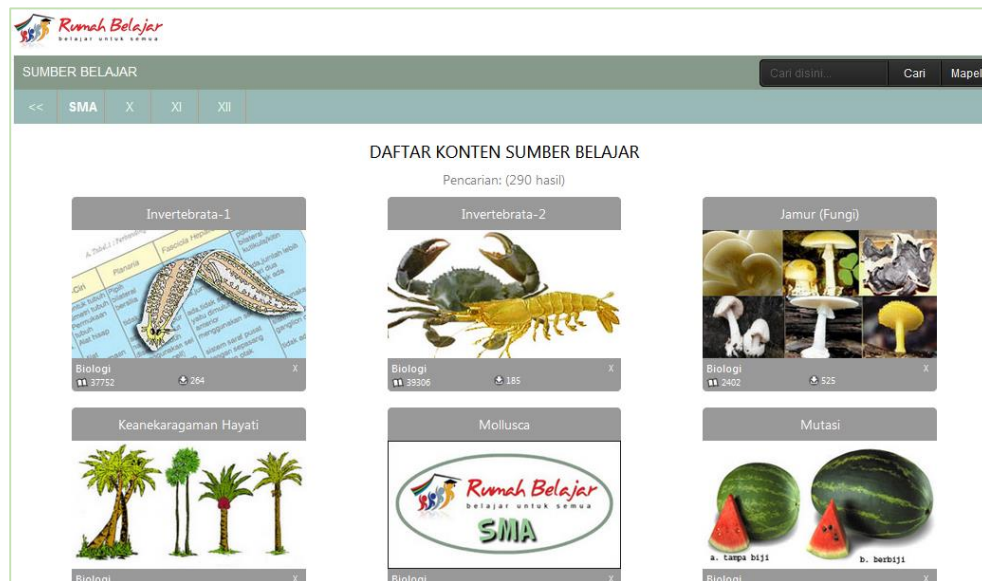
dan media unjuk kinerja. PSb SMA berisi komponen-komponen perpustakaan, pelayanan audio-visual/multimedia, peralatan dan produksi, laboratorium.

Sementara Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan juga telah mengembangkan pusat sumber belajar untuk sekolah, yaitu fitur yang menyajikan materi ajar bagi peserta didik dan pendidik berdasarkan kurikulum untuk semua jenjang, mulai dari PAUD sampai dengan SMA/SMK, bahkan juga tersedia materi untuk umum. Materi ajar disajikan secara terstruktur dengan tampilan yang menarik dalam bentuk gambar, video, animasi, simulasi, evaluasi, dan permainan. Terdapat dua laman sumber belajar yang dapat menjadi rujukan, di alamat: <https://psbsekolah.kemdikbud.go.id> dan <https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id>.



Gambar IV.45 Pusat Sumber Belajar Kemendikbud

Sumber: <https://psbsekolah.kemdikbud.go.id>



Gambar IV.46 Pusat Sumber Belajar Kemendikbud

Sumber: <https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id>.

10. Fitur menyimpan data/file/log

Setelah melakukan proses pembelajaran, pendidik akan melakukan evaluasi untuk mengetahui peserta didik manakah yang sudah menguasai materi pelajaran, apakah materi pelajaran sudah dikuasai peserta didik atau belum, apakah metode yang digunakan pendidik sudah tepat dalam melakukan pembelajaran, dan lain sebagainya. Demikian halnya dengan penggunaan Laboratorium Sains Digital, perlu dilakukan evaluasi keefektifannya dalam mendukung pembelajaran. Untuk keperluan evaluasi pembelajaran itulah maka semua transaksional di sistem terkait proses pembelajaran berupa praktikum secara maya harus tercatat di sistem.

Sedangkan log pada sistem berfungsi untuk mempermudah mengevaluasi kinerja sistem maupun sub-sistem secara keseluruhan,

dengan adanya logg maka sebuah sistem lebih mudah dievaluasi baik dari sisi *maintenance* maupun pengembangannya.



Gambar IV.47 Ilustrasi Log Sistem

E. Pengelolaan Laboratorium Sains Digital

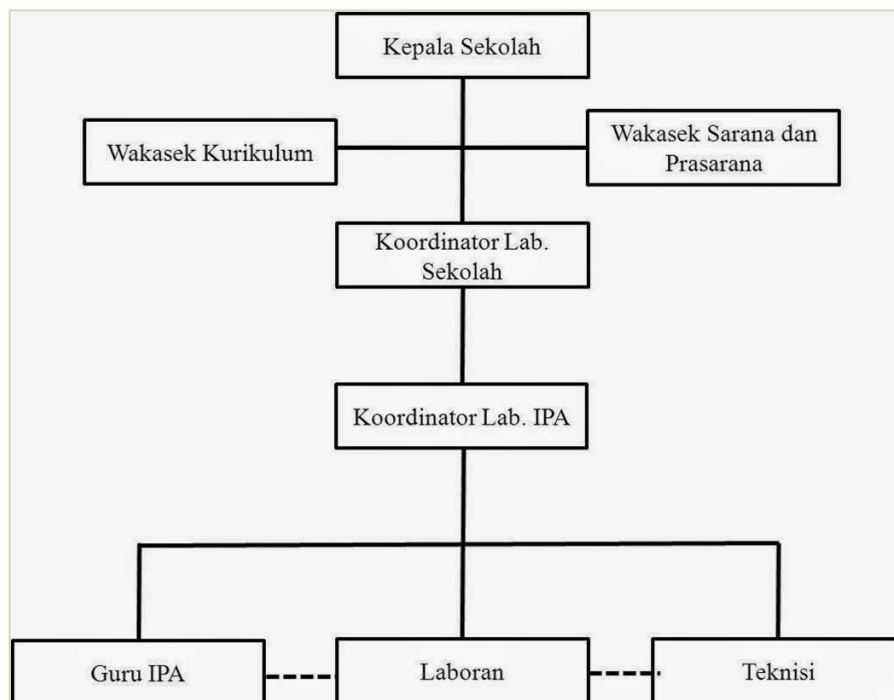
Setelah dari sisi infrastruktur, konten, dan aplikasi dari Laboratorium Sains Digital lengkap, maka fokus berikutnya adalah terkait dengan pengelolaannya. Laboratorium merupakan ujung tombak dalam proses pengembangan dan penyebaran ilmu pengetahuan sehingga keberadaan laboratorium tersebut perlu didukung dengan tenaga laboran yang profesional. Karena itu, tenaga laboratorium sebagai salah satu komponen penting terhadap pengelolaan laboratorium. Tenaga laboratorium sekolah merupakan salah satu tenaga kependidikan yang sangat diperlukan untuk mendukung peningkatan kualitas proses pembelajaran di sekolah melalui kegiatan laboratorium. Sebagaimana tenaga kependidikan, tenaga

laboratorium sekolah juga merupakan tenaga fungsional yang harus memiliki skill dan kompetensi di bidangnya.

1. Struktur Organisasi

Untuk struktur organisasi pengelola Laboratorium Sains Digital tidak ada perubahan dengan laboratorium konvensional. Dapat mengacu pada Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 26 Tahun 2008 tentang Standar Tenaga Laboratorium Sekolah/Madrasah telah menetapkan kompetensi dan subkompetensi bagi Kepala Laboratorium, Teknisi Laboratorium, dan Laboran Laboratorium Sekolah/Madrasah. Empat kompetensi utama yang harus dipenuhi sebagai seorang laboran. atau teknisi sebagaimana yang tercantum dalam Permen tersebut adalah:

- a) Kompetensi Kepribadian,
- b) Kompetensi Sosial,
- c) Kompetensi Administratif,
- d) Kompetensi Profesional.

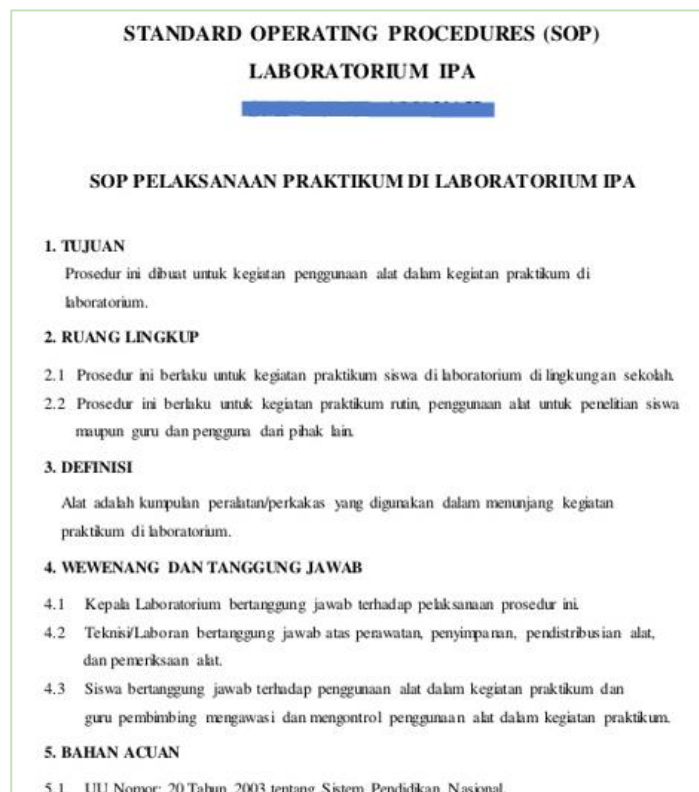


Gambar IV.48 Ilustrasi Struktur Organisasi Laboratorium SMA

Mengingat Laboratorium Sains Digital adalah sistem berbasis teknologi informasi dan komunikasi maka kompetensi tenaga laboratorium perlu ditingkatkan seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi antara lain melalui pelatihan-pelatihan sebagai wahana peningkatan wawasan dan skill tenaga laboratorium sekolah khususnya dibidang TIK.

2. POS

Prosedur Operasi Standar atau Standar Operasional Prosedur yang dapat disingkat sebagai SOP, adalah suatu alur/cara kerja yang sudah ter-standarisasi, Standar Operasional Prosedur ini memiliki kekuatan sebagai suatu petunjuk. Hal ini mencakup hal-hal dari operasi yang memiliki suatu prosedur yang pasti.



Gambar IV.49 Ilustrasi SOP/POS Laboratorium

Biasanya pada laboratorium konvensional di sekolah telah dibuatkan SOP nya, maka untuk Laboratorium Sains Digital tinggal menambahkan SOP dari sisi operasional sistem TIK nya. Secara teknis SOP untuk perlakuan sistem TIK baik perangkat keras maupun perangkat lunak sama dengan SOP yang diterapkan pada laboratorium komputer.

3. Pemeliharaan

Konsep Laboratorium Sains Digital adalah laboratorium Hybrid, yang mana pada hakikatnya adalah mengombinasikan laboratorium konvensional dengan laboratorium virtual dalam satu sistem. Oleh karenanya untuk pemeliharaan tentu ada dua macam , pemeliharaan untuk sarana dan prasarana laboratorium konvensional berupa

Laboratorium Sains Digital Untuk Sekolah Menengah Atas

bangunan dan peralatan fisik. Dan pemeliharaan untuk sarana dan prasarana untuk laboratorium virtual berupa perangkat komputer dan jaringannya, dimana untuk pemeliharaannya secara teknis sama dengan pemeliharaan perangkat komputer di laboratorium komputer.



Gambar IV.50 Ilustrasi Grafis Pemeliharaan

V. STRATEGI IMPLEMENTASI LABORATORIUM SAINS DIGITAL PADA SMA

Kondisi sekolah dari sisi infrastruktur, SDM dan manajemen cukup beragam, maka kesiapan dalam mengembangkan dan mengimplementasikan Laboratorium Sains Digital juga akan beragam. Tingkatan pengembangan laboratorium virtual juga sangat beragam dari sebuah sistem simulasi yang sederhana, sampai simulasi kompleks yang melibatkan lingkungan maya dengan berbagai perangkat di dalamnya. Oleh karenanya disarankan dalam implementasinya dilakukan secara bertahap sejalan kesiapan dengan kesiapan sekolah dari sisi sarana prasarana dan SDM nya.

A. Tahapan Implementasi

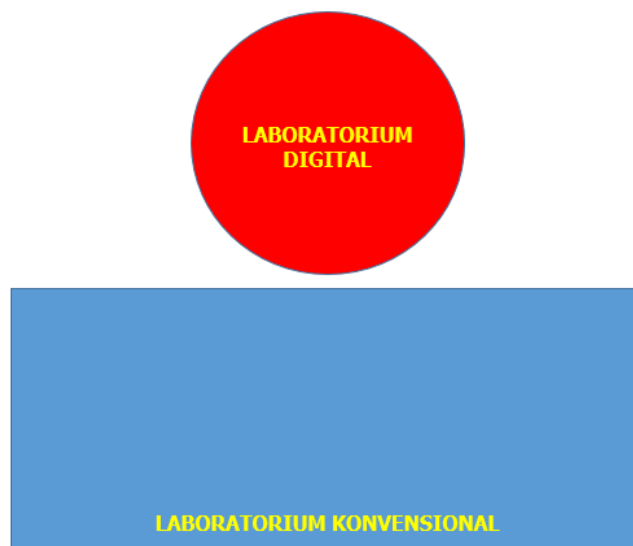
Laboratorium Sains Digital dapat dikembangkan dan diimplementasikan secara bertahap sejalan dengan kesiapan dan tingkat kematangan TIK di sekolah. Untuk memudahkan identifikasi, maka tahapan implementasi dapat dibagi dalam 4 (empat) level berikut ini:

1. Suplemen

Pada sekolah yang baru merintis pembelajaran berbasis TIK, dimana salah satu upayanya adalah dengan mulai menggunakan praktikum secara maya dalam pembelajaran. Biasanya sekolah di

level ini telah memiliki laboratorium konvensional, namun dalam operasionalnya terkendala oleh peralatan atau bahan yang kurang memadai atau jumlahnya tidak sebanding dengan jumlah peserta didiknya. Hal ini menyebabkan proses pembelajaran di laboratorium menjadi tidak maksimal karena mungkin praktikum tertentu tidak dapat dilakukan karena tidak tersedia alat dan bahannya.

Menyikapi kondisi tersebut pendidik berinisiatif dengan menambal kekosongan yang ada dengan menggunakan praktikum secara maya. Jadi penggunaan aplikasi praktikum maya dilakukan secara sporadis oleh pendidik masing-masing dengan hanya mengambil beberapa materi yang dibutuhkan saja. Penggunaannya tidak terstruktur hanya untuk mengatasi kendala pada laboratorium konvensional atau hanya untuk pengayaan, maka tidak masuk dalam perangkat pembelajaran pendidik di silabus. Jadi materi praktikum maya sifatnya masih sebatas pengayaan atau tambahan saja.



Gambar V.1 Suplemen

2. Komplemen

Sekolah pada level ini tingkat kematangan TIK nya sudah cukup baik, ditandai dengan penguasaan TIK oleharganya dan juga ketesediaan peralatan dan program berbasis TIK sudah cukup bagus. Pendidik-pendidiknya sudah terbiasa menyampaikan pembelajaran berbasis TIK di ruang kelas dan juga sudah akrab dengan internet, oleh karenanya mengetahui nilai lebih dan keunggulan yang ditawarkan oleh teknologi. Sekolah melihat penerapan pembelajaran berbasis TIK menjadi kebutuhan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Sekolah ini sudah memiliki laboratorium konvensional yang beroperasi dengan baik.

Dalam rangka meningkatkan kualitas pembelajaran dengan memanfaatkan kelebihan dan keunggulan program berbasis TIK, maka sekolah mengambil kebijakan untuk memasukkan praktikum maya ke dalam perangkat pembelajaran pendidik. Mungkin belum seluruh pendidik Biologi, Fisika dan Kimia yang siap dan belum seluruh topik digunakan. Akan tetapi sekolah dengan mempertimbangkan segala sesuatunya menentukan mana praktikum yang dilakukan secara langsung dan mana yang dilakukan secara maya. Jadi praktikum secara maya menjadi bagian dari proses pembelajaran yang wajib dilalui oleh peserta didik untuk memenuhi ketuntasan belajar.

Dengan model seperti ini, sekolah akan dapat melakukan penghematan dengan mengurangi intensitas penggunaan laboratorium konvensional dengan menggombinasikannya dengan praktikum secara maya. Di level ini penggunaan materi semakin meningkat dari sisi jumlah topik yang digunakan, maka konten digital

berupa aplikasi praktikum maya yang cukup banyak jumlahnya dikelola di jaringan komputer sekolah.



Gambar V.2 Komplemen

3. Integrasi

Sekolah pada level ini tingkat kematangan TIK nya sudah baik, ditandai dengan penguasaan TIK oleh warganya dan juga ketersediaan peralatan dan program berbasis TIK di sekolah sudah banyak dan pembelajaran berbasis TIK sudah berjalan baik. Pendidik-pendidiknya sudah terbiasa menyampaikan pembelajaran berbasis TIK di ruang kelas dan juga sudah akrab dengan internet, Sekolah telah memiliki laman sekolah yang aktif dan juga sudah menggunakan aplikasi e-learning untuk mendukung pembelajaran berbasis TIK. Sekolah melihat penerapan pembelajaran berbasis TIK menjadi keharusan. Sekolah ini sudah memiliki laboratorium konvensional yang beroperasi dengan baik, tetapi ingin lebih mengoptimalkan lagi dengan mengembangkan aplikasi untuk mengelola konten-konten praktikum maya.

Dalam rangka terus meningkatkan kualitas pembelajaran dengan memanfaatkan kelebihan dan keunggulan program berbasis TIK, maka sekolah mengambil kebijakan untuk mewajibkan praktikum maya ke dalam perangkat pembelajaran pendidik. Pada hakikatnya sekolah di level ini memiliki dan mengoperasikan dua laboratorium sekaligus, laboratorium konvensional dengan diback up oleh konten praktikum maya sebagai pengayaan secara penuh dengan materi yang lengkap.

Aplikasi laboratorium sains Digital dipasang pada server sekolah atau di hosting dan mungkin telah diintegrasikan dengan laman sekolah. Dengan model ini peserta didik dapat mengikuti praktikum langsung di sekolah, selanjutnya dapat mengakses praktikum maya kapanpun dia mau dan dapat mengulang-ulang untuk meningkatkan pemahaman. Di dalam ruang laboratorium konvensional telah ditambahkan perangkat komputer dan jaringan sehingga sekaligus dapat menggunakan aplikasi praktikum maya dari ruang laboratorium akan tetapi secara sistem masih berjalan terpisah antara yang konvensional dan yang berbasis TIK.



Gambar V.3 Integrasi

4. Infuse

Sekolah pada level ini tingkat kematangan TIK nya sangat baik, ditandai dengan penguasaan TIK oleh warganya dalam berinteraksi, peralatan dan jaringan TIK tersedia dengan memadai dan telah menerapkan manajemen sekolah maupun pembelajaran berbasis TIK. Pendidik-pendidiknya sudah ahli dalam menyampaikan pembelajaran berbasis TIK di ruang kelas dan juga pengguna internet aktif, Sekolah telah memiliki laman sekolah yang aktif dan juga sudah menggunakan aplikasi e-learning untuk mendukung pembelajaran berbasis TIK. Sekolah menjadikan penerapan pembelajaran dan layanan berbasis TIK menjadi identitas dan keunggulan sekolahnya . Sekolah ini sudah memiliki laboratorium konvensional yang beroperasi dengan baik, tetapi ingin lebih mengoptimalkan lagi dengan mengembangkan aplikasi laboratorium digital dengan fitur lengkap untuk seluruh aspek manajemen dan operasional laboratorium secara maya/digital. Aplikasi laboratorium digital juga diintegrasikan dengan program-program berbasis TIK yang lainnya, seperti e-learning, perpustakaan digital, sistem dapodik, dan sistem-sistem lainnya di sekolah.

Secara teknis pada ruangan laboratorium telah ditambahkan berbagai perangkat TIK, dimana dalam operasionalnya saling mengisi dan terintegrasi antara peralatan konvensional dan peralatan TIK sehingga menjadi satu kesatuan proses yang tidak terpisahkan. Di level ini sekolah telah mampu mulai membuat/memproduksi sendiri konten digital untuk praktikum maya. Bahkan sekolah telah mulai menghadirkan peralatan dan teknologi yang lebih canggih seperti Video Reality (VR)



Gambar V.4 Infuse

5. Kondisi Khusus

Yang termasuk kategori sekolah dengan kondisi khusus dalam hal ini adalah sekolah yang belum/tidak memiliki laboratorium fisik/konvensional. Bisa jadi sekolah yang baru berdiri, atau sekolah yang terletak di daerah 3 T, atau kondisi lain yang menyebabkannya tidak/belum memiliki atau terkendala dalam mengoperasikan laboratorium. Dalam kondisi ini keberadaan aplikasi laboratorium Sains Digital dengan konten-konten praktikum maya didalamnya dapat menjadi solusi. Sekolah dapat memanfaatkan komputer yang ada di laboratorium komputer, atau komputer di ruang kelas, atau bahkan dari PC/laptop pendidik untuk mengakses dan menggunakan aplikasi praktikum maya. Untuk sekolah yang masih terjangkau jaringan internet maka dapat mengakses secara daring, dan bagi sekolah yang terkendala jaringan internet maka dapat mengoperasikan secara luring/lokal.

B. Evaluasi dan Pengembangan

Penerapan pembelajaran berbasis TIK termasuk pengoperasian laboratorian sains digital harus sejalan dengan kematangan TIK di

sekolah. Maka evaluasi secara terus menerus perlu dilakukan untuk melihat keefektifannya, dengan diimbangi dengan upaya peningkatan kompetensi pendidik dan laboran dibidang TIK.

VI. PENUTUP

A. Kesimpulan

Peradaban masa depan adalah masyarakat informasi ketika jasa informasi menjadi komoditas utama dan interaksi antar manusia sudah berbasis teknologi informasi dan komunikasi. Kemajuan teknologi dan informasi telah mendorong terciptanya laboratorium digital yang membuat proses pembelajaran semakin mudah dan semakin murah.

Laboratorium digital dapat mendukung kegiatan praktikum di laboratorium yang bersifat interaktif, dinamis, animatif, dan menyenangkan. Namun demikian kehadiran Laboratorium digital tidak serta merta menghilangkan dan menggantikan eksistensi dan peran laboratorium konvensional. Keduanya dapat dikombinasikan dengan memadukan dan mengambil keunggulan masing-masing. Pengembangan Laboratorium Sains Digital di SMA dengan konsep hybrid menjadi pilihan logis dengan mendorong optimalisasi pemanfaatan laboratorium konvensional yang berjumlah ribuan di SMA dan mengombinasikannya dengan kemajuan TIK berupa laboratorium digital untuk mengikuti perkembangan zaman.

B. Saran

Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian agar pengembangan dan implementasi Laboratorium Sains Digital dapat berjalan optimal:

1. Perlu adanya regulasi dan kebijakan yang mendukung pengembangan dan implementasinya.
2. Perlunya ditingkatkan koordinasi dari sisi teknis maupun kebijakan dengan Pusdatin Kemendikbud untuk mendorong produksi konten digital laboratorium maya menjadi semakin lengkap.
3. Perlunya koordinasi, sosialisasi, dan edukasi terhadap sekolah untuk memaksimalkan penggunaan dan pemanfaatannya.
4. Perlunya evaluasi dan pengembangan yang berkelanjutan dalam rangka peningkatan fungsi, peran dan layanan Laboratorium Sains Digital.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Sekolah Menengah Atas, Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2020, Praktikum Maya Untuk Mendukung Pembelajaran Jarak Jauh di SMA.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas, Direktorat Jenderal Pendidikan Menengah, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2011, Implementasi Pembelajaran Berbasis TIK di Sekolah Menengah Atas.
- Direktorat Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017, Panduan Kerja Tenaga Laboratorium Sekolah/Madrasah.
- Direktorat Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2018, Pedoman Pelaksanaan Pemilihan Laboran Sekolah Berprestasi.
- Ratih Rizqi Nirwana, 2011, Pemanfaatan Laboratorium Virtual Dan *E-Reference* Dalam Proses Pembelajaran Dan Penelitian Ilmu Kimia, Jurnal PHENOMENON, Volume 1 Nomor 1, Juli 2011.
- Syarifudin, Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Komunikasi dan Informatika (BBPPKI) Makassar, 2014, Literasi Teknologi Informasi Dan Komunikasi, Jurnal Penelitian Komunikasi Vol. 17 No.2, Desember 2014: 153-164.

Wandah Wibawanto, Penerbit LPPM UNNES, 2020, Laboratorium Virtual - Konsep Dan Pengembangan Simulasi Fisika.

Wawan Setiawan, Universitas Pendidikan Indonesia, 2017, Era Digital dan Tantangannya, dibahas pada Seminar Nasional Pendidikan 2017.

Nur Hikmah, Nanda Saridewi, Salamah Agung, Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2017, Penerapan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa, EduChemia Vol.2, No.2, Juli 2017.

Hendra Jaya, Program studi Pend. Teknik Elektronika FT Universitas Negeri Makassar, 2012, Pengembangan Laboratorium Virtual Untuk Kegiatan Praktikum Dan Memfasilitasi Pendidikan Karakter Di SMK, Jurnal Pendidikan Vokasi, Vol 2, Nomor 1, Februari 2012.

Sigit Dwi Saputro, Dosen di Prodi Pendidikan Informatika Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Trunojoyo Madura, Penerapan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Mahasiswa Pada Matakuliah Fisika.

Pakhrur Razi, Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP, 2012, Pengembangan Virtual Laboratory Berbasis Ict Untuk Pencapaian Kompetensi Kerja Ilmiah Siswa Dalam Pembelajaran Fisika Sman Kota Padang, EKSAKTA Vol. 1 Tahun XIII Februari 2012.

Pintek (2020, Oktober 13). 5 Tahap Membangun Sekolah Digital Menuju Pendidikan 4.0. Diakses pada 15 Nopember 2020 melalui: <https://pintek.id/blog/tahap-membangun-sekolah-digital/>

Pedia Ilmu (2020, Februari 7). Pengertian dan Hakikat Laboratorium. Diakses pada 15 Nopember 2020 melalui: <https://pediailmu.com/pendidikan/pengertian-dan-hakikat-laboratorium/>