

# NORMA & STANDAR

LABORATORIUM/  
BENGKEL SMK

**Kompetensi Keahlian  
Teknik Pendinginan  
dan Tata Udara**



DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN VOKASI  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
2021

# **NORMA & STANDAR LABORATORIUM/BENGGEL SMK KOMPETENSI KEAHLIAN TEKNIK PENDINGINAN DAN TATA UDARA**

## **Penanggung Jawab**

Dr. Ir. M. Bakrun, M.M. (Direktur Sekolah Menengah Kejuruan)

## **Ketua Tim**

Dr. Arie Wibowo Khurniawan, S.Si, M.Ak. (Koordinator Bidang Sarana dan Prasarana)

## **Penulis**

Prof. Ir. Moh. Khairudin, M.T., Ph.D.

Dr. K. Ima Ismara, M.Pd., M.Kes.

Prof. Herman Dwi Surjono, M.Sc., M.T., Ph.D.

Prof. Dr. Mutiara Nugraheni, S.TP., M.Si.

Drs. Darmono, M.T.

Noor Fitrihana, M.Eng.

Bayu Rahmat Setiadi, S.Pd., M.Pd.

Hernita, ST., M.Sc.

Suharto, S.Pd., MM.

Sunardi

ISBN: 978-623-6065-37-2

## **Editor**

Dian Alminatun Ni'ma

## **Desain**

Alip Irfandi

## **Layout**

Sakti Risfita

## **Ilustrasi Gambar**

Miftahul Janah

Gambar pada sampul merupakan gambar bebas lisensi dari Vecteezya

Cetakan I, 2021

© Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apa pun tanpa ijin tertulis dari penulis

DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN VOKASI  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
2021

# KATA PENGANTAR

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) bertujuan untuk menghasilkan tenaga kerja terampil, wirausaha pemula dan pembelajar sepanjang hayat untuk mengembangkan potensi dirinya dalam mengadopsi dan beradaptasi dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni serta tuntutan kebutuhan kualifikasi dan kompetensi dunia kerja saat ini dan masa depan. Dalam rangka mewujudkan tujuan SMK tersebut diperlukan sarana dan prasarana yang memadai untuk mendukung terlaksananya kegiatan pembelajaran bermutu.

Disrupsi teknologi di era revolusi industri 4.0 ditandai dengan semakin meluasnya penerapan otomatisasi, *artificial intelligence*, *big data*, *internet of things* (IoT) di industri dunia usaha dan dunia kerja (IDUKA) mengakibatkan perubahan-perubahan besar pada cara belajar, cara berinteraksi dan cara bekerja. SMK dituntut menghasilkan lulusan yang semakin relevan dan adaptif dengan tuntutan kebutuhan sumber daya manusia (SDM) di IDUKA saat ini dan masa depan. Untuk menyiapkan SDM yang berkualitas dan berdaya saing dalam mendukung agenda *Making Indonesia 4.0* diperlukan dukungan dan adopsi peralatan yang relevan dengan kebutuhan industri 4.0 di SMK sehingga lulusan SMK memiliki keterampilan baru yang dibutuhkan pasar kerja ke depan.

Untuk menjamin kualitas proses pembelajaran yang bermutu dan relevan di SMK, maka diperlukan norma dan standar peralatan yang menunjang terwujudnya capaian pembelajaran di setiap kompetensi keahlian. Pengembangan norma dan standar peralatan ini dilandaskan pada kebutuhan kurikulum, klaster uji kompetensi kerangka kualifikasi kerja nasional (KKNI) untuk SMK, kompetensi jabatan pertama lulusan SMK dan berorientasi pada kebutuhan dunia kerja di era industri 4.0.

Dengan adanya norma dan standar ini diharapkan dapat menjadi acuan penyediaan peralatan di SMK baik oleh pemerintah, penyelenggara SMK, IDUKA dan para pemangku kepentingan lainnya. Norma dan standar ini disusun sebagai bagian penjaminan mutu dalam pengembangan dan penyelenggaraan SMK.

Akhirnya tim penyusun memanjatkan puji syukur kepada Allah SWT dan mengucapkan terima kasih kepada Direktorat SMK yang telah memfasilitasi penyusunan buku ini dan semua pihak yang telah memberikan bantuan sehingga terselesaikannya penyusunan buku Norma dan Standar Peralatan SMK.

Jakarta, November 2020

Direktur Sekolah Menengah Kejuruan



Dr. Ir. M. Bakrun, M.M.

NIP 196504121990021002

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. RUANG LINGKUP .....	2
C. METODOLOGI.....	3
<b>BAB II. RUANG PRAKTIK DAN PERALATAN.....</b>	<b>7</b>
A. RUANG PRAKTIK .....	7
B. NORMA DAN STANDAR RUANG PRAKTIK.....	8
C. RUANG PRAKTIK SMK TEKNIK PENDINGINAN DAN TATA UDARA .....	29
D. DAFTAR PERALATAN PRAKTIK PADA LABORATORIUM PENDINGIN DAN TATA UDARA.....	37
E. DAFTAR PERALATAN PRAKTIK PADA LABORATORIUM DASAR TEKNIK ELEKTRONIKA PENDINGIN .....	66
F. DAFTAR PERALATAN PRAKTIK PADA AREA KERJA MEKANIK TEKNIK ELEKTRO.....	70
G. DAFTAR PERALATAN PRAKTIK PADA LABORATORIUM DASAR TEKNIK ELEKTRO.....	80
H. DAFTAR PERABOT DAN PERALATAN PRAKTIK PADA RUANG INSTRUKTUR DAN PENYIMPANAN .....	86
<b>BAB III PENUTUP .....</b>	<b>89</b>
A. KESIMPULAN.....	89
B. SARAN DAN REKOMENDASI.....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>94</b>

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Profil kompetensi lulusan teknik pendinginan dan tata udara.....	4
Gambar 2.	Metode <i>design thinking non linier</i> .....	5
Gambar 3.	Ilustrasi perlindungan diri pada saat terjadi gempa.....	18
Gambar 4.	Ilustrasi pengangkuran lemari .....	18
Gambar 5.	Minimum jarak antar meja di ruang kelas .....	18
Gambar 6.	Ilustrasi pengikatan pot bunga pada tiang.....	19
Gambar 7.	Komponen non-struktur harus diberi pengaku .....	19
Gambar 8.	Ilustrasi struktur yang diberikan <i>isolation bearing</i> .....	20
Gambar 9.	Ilustrasi penempatan pipa <i>hydrant</i> di jalan.....	21
Gambar 10.	Ilustrasi penempatan <i>hydrant box</i> , alarm dan alat pemadam api ringan (APAR).....	21
Gambar 11.	Ilustrasi lemari penyimpanan APD .....	22
Gambar 12.	Ilustrasi pemasangan <i>smoke detector</i> dan <i>sprinkler</i> .....	22
Gambar 13.	Ilustrasi <i>sprinkler</i> .....	22
Gambar 14.	Ilustrasi <i>smoke detector</i> .....	23
Gambar 15.	Ilustrasi akses ke bangunan untuk mobil pemadam kebakaran.....	24
Gambar 16.	Ilustrasi akses jalan untuk mobil pemadam kebakaran.....	24
Gambar 17.	Titik kumpul evakuasi.....	24
Gambar 18.	Ilustrasi jalur evakuasi .....	25
Gambar 19.	Protokol kesehatan di lab/bengkel .....	26
Gambar 20.	Prosedur penggunaan ruang .....	28
Gambar 21.	Visualisasi 2D ruang praktik siswa kompetensi keahlian teknik pendinginan dan tata udara .....	32
Gambar 22.	Visualisasi 3D ruang praktik siswa kompetensi keahlian teknik pendinginan dan tata udara tampak 1 .....	33
Gambar 23.	Visualisasi 3D ruang praktik siswa kompetensi keahlian teknik pendinginan dan tata udara tampak 2 .....	34
Gambar 24.	<i>Showroom/outlet</i> bidang keahlian teknologi rekayasa.....	35
Gambar 25.	<i>Smart classroom</i> .....	36
Gambar 26.	Visualisasi area kerja mekanik teknik elektro .....	94
Gambar 27.	Visualisasi laboratorium dasar teknik elektro .....	95
Gambar 28.	Visualisasi laboratorium dasar elektronika .....	96

Gambar 29. Visualisasi laboratorium pendingin dan tata udara .....	97
Gambar 30. Budaya 5S/5R di ruang praktik SMK.....	98
Gambar 31. Budaya <i>safety</i> /K3 (keselamatan dan kesehatan kerja) di SMK.....	99
Gambar 32. Budaya <i>safety</i> /K3 (keselamatan dan kesehatan kerja) di SMK.....	100

# DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Detail kebutuhan luas minimum ruang praktik teknik pendinginan dan tata udara.....	7
Tabel 2.	Penggunaan material untuk bangunan ruang praktik siswa .....	9
Tabel 3.	Material struktur kolom.....	12
Tabel 4.	Sistem struktur lantai untuk bangunan.....	13
Tabel 5.	Persyaratan struktur atap.....	14
Tabel 6.	Kebutuhan minimal luasan ruang praktik siswa .....	29
Tabel 7.	Peralatan <i>smart classroom</i> .....	30
Tabel 8.	Daftar peralatan praktik pada laboratorium pendingin dan tata udara.....	37
Tabel 9.	Daftar peralatan praktik pada laboratorium dasar teknik elektronika pendingin.....	66
Tabel 10.	Daftar peralatan praktik pada area kerja mekanik teknik elektro .....	70
Tabel 11.	Daftar peralatan praktik pada laboratorium dasar teknik elektro.....	80
Tabel 12.	Daftar perabot dan peralatan praktik pada ruang instruktur dan penyimpanan .....	86





# BAB I PENDAHULUAN

## A. LATAR BELAKANG

Guna mewujudkan visi Indonesia menjadi top 10 ekonomi dunia pada tahun 2030 pemerintah Indonesia melalui kementerian perindustrian telah menyiapkan peta jalan *Making Indonesia 4.0* dalam menghadapi tantangan era revolusi industri 4.0. Pembangunan kualitas sumber daya manusia menjadi salah satu prioritas dalam agenda making Indonesia 4.0. Memasuki revolusi industri 4.0, transformasi dan integrasi lingkungan kerja fisik ke lingkungan kerja digital seperti penggunaan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence, AI*), robotika, dan inovasi digital lainnya sudah semakin banyak digunakan di tempat kerja. Untuk itu pengembangan peta jalan pendidikan vokasi Indonesia 2020–2035 harus mengantisipasi perubahan besar yang terjadi akibat disrupsi teknologi baik cara belajar, cara bekerja dan kebiasaan hidup di masa depan.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) sebagai bagian dari pendidikan vokasi pada jenjang menengah diharapkan mampu menghasilkan tenaga teknis industri yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja saat ini dan masa depan. Untuk meningkatkan kualitas dan daya saing SDM pemerintah telah mengeluarkan intruksi Presiden nomor 9 tahun 2016 tentang Revitalisasi SMK. Untuk semakin menguatkan program peningkatan kualitas lulusan SMK, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah menetapkan Standar Nasional Pendidikan SMK melalui Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomer 34 tahun 2018 (SNP SMK). Dalam SNP SMK

standar kompetensi lulusan SMK meliputi 9 area kompetensi yang mencakup aspek karakter (*soft skills*), kompetensi teknis dan kewirausahaan.

Prosser & Quigley (1950) menyatakan pendidikan kejuruan akan efektif jika peralatan, mesin, dan tugas kerja sesuai dengan lingkungan dimana lulusan akan bekerja. Dukungan peralatan yang relevan dengan industri, penataan lingkungan belajar sesuai dengan lingkungan kerja di industri dan program pembelajaran yang sesuai dengan tugas-tugas yang akan dikerjakan di industri menjadi faktor penting dalam pencapaian kompetensi lulusan SMK. Menghadapi era revolusi industri 4.0, kemajuan teknologi di berbagai bidang akan mengubah kebutuhan SDM di dunia kerja. Untuk itu diperlukan dukungan dan pengembangan peralatan praktik yang mendukung penyiapan lulusan SMK sebagai tenaga kerja yang memenuhi kualifikasi dan kompetensi SDM di era revolusi industri 4.0. Diperlukan pembaharuan terus-menerus peralatan praktik SMK, kompetensi guru, dan kurikulum menyesuaikan dengan dinamika yang ada di industri.

Untuk meminimalkan gap teknologi dan kompetensi dengan dunia kerja dan serta memberikan penjaminan mutu maka diperlukan norma, standar, prosedur, dan kriteria di bidang sarana prasarana SMK. Norma dan standar peralatan praktik SMK bertujuan untuk memberikan panduan bagi para pemangku kepentingan dalam pengembangan sarana dan prasarana SMK yang relevan dengan tuntutan pasar kerja nasional dan global. Norma dan standar peralatan praktik ini dirancang berlandaskan pada kebutuhan kurikulum, kerangka kualifikasi dan standar kompetensi kerja nasional Indonesia, relevan dengan jabatan lulusan SMK di industri, kebutuhan pedagogis dan berorientasi industri 4.0 memenuhi persyaratan keselamatan dan kesehatan kerja.

## B. RUANG LINGKUP

Norma, standar, prosedur, dan kriteria peralatan praktik SMK ini dikembangkan berlandaskan dokumen standar sarana prasarana dalam SNP SMK 2018 dan struktur kurikulum SMK 2018 untuk menjabarkan lebih spesifik seperangkat peralatan praktik yang menunjang kompetensi keahlian. Untuk memenuhi kebutuhan SDM di era revolusi 4.0 diperlukan meng-*upgrade* peralatan sesuai dengan spesifikasi terbaru dan atau menambah ruang praktik baru sebagai pengembangan dari SNP SMK 2018.

Norma, standar, prosedur, dan kriteria peralatan praktik SMK ini dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan seperangkat peralatan praktik yang menunjang untuk kompetensi keahlian Teknik Pendinginan dan Tata Udara untuk menghasilkan profil lulusan seperti dijelaskan dalam gambar 1.

## C. METODOLOGI

Penyusunan norma dan standar ini menggunakan metode kualitatif dengan menggunakan tahapan *design thinking non linear*. Pertama, tahapan *Empathy* yaitu memahami kebutuhan pengguna meliputi SMK sebagai pengguna peralatan praktik dan IDUKA sebagai pengguna lulusan. Kedua, tahapan *Define* mendefinisikan kebutuhan standar sarana prasarana berlandaskan SNP SMK 2018 dan kebutuhan pasar kerja saat ini dan masa depan. Ketiga adalah tahapan *Ideate* yaitu mengembangkan norma dan standar peralatan praktik SMK yang relevan dengan kebutuhan kompetensi tenaga kerja industri yang berorientasi pada kebutuhan tenaga kerja di era revolusi industri 4.0. Keempat, tahapan pengembangan *prototype*, desain gambar ruang praktik 2 dimensi, 3 dimensi dan daftar peralatan-peralatan praktik yang menunjang kompetensi keahlian sesuai spektrum serta kurikulum SMK. Kelima adalah tahapan *Test/Validasi* yaitu memvalidasi rancangan *prototype* kepada para pemangku kepentingan seperti SMK, IDUKA dan para pengambil kebijakan di bidang sarana dan prasarana SMK. Proses pada setiap tahapan dapat diulang sesuai kebutuhan (*non linear*) sehingga didapatkan hasil akhir buku Norma dan Standar Laboratorium/Bengkel SMK.

Dasar pertimbangan yang digunakan dalam pengembangan norma dan standar fasilitas seperangkat peralatan praktik SMK adalah kebutuhan pedagogi dalam implementasi kurikulum, kebutuhan kompetensi untuk posisi jabatan pertama lulusan SMK di industri, pelaksanaan uji kompetensi skema sertifikasi KKN level II/III, dan mengantisipasi perubahan struktur tenaga kerja masa depan di era revolusi industri 4.0. Untuk mendukung efektifitas pembelajaran maka pemenuhan seperangkat peralatan menggunakan rasio peralatan adalah 1:1 atau 1:2 dan atau 1:4 yang disesuaikan dengan strategi pembelajaran, capaian kompetensi, kapasitas ruang, level teknologi, level keterampilan dan pembiayaan. Untuk mendukung pengembangan *teaching factory* melalui tata kelola SMK Badan Layanan Umum Daerah (BLUD) dapat dikembangkan peralatan yang mendukung untuk meningkatkan nilai jual produk/jasa seperti peralatan kemasan *point of sale* dan sejenisnya sebagai peralatan penunjang untuk mendukung kegiatan *teaching factory* SMK dalam menumbuhkan kompetensi, kemandirian dan kewirausahaan.

## PROFIL KOMPETENSI LULUSAN TEKNIK PENDINGINAN DAN TATA UDARA

### Bekerja menjadi:

- Refrigerator Operator
- Air Conditioning Operator
- Electrical Control Maintenance Junior Technician System
- Plumbing & Electrical System Maintenance Junior Technician
- Operator Produksi

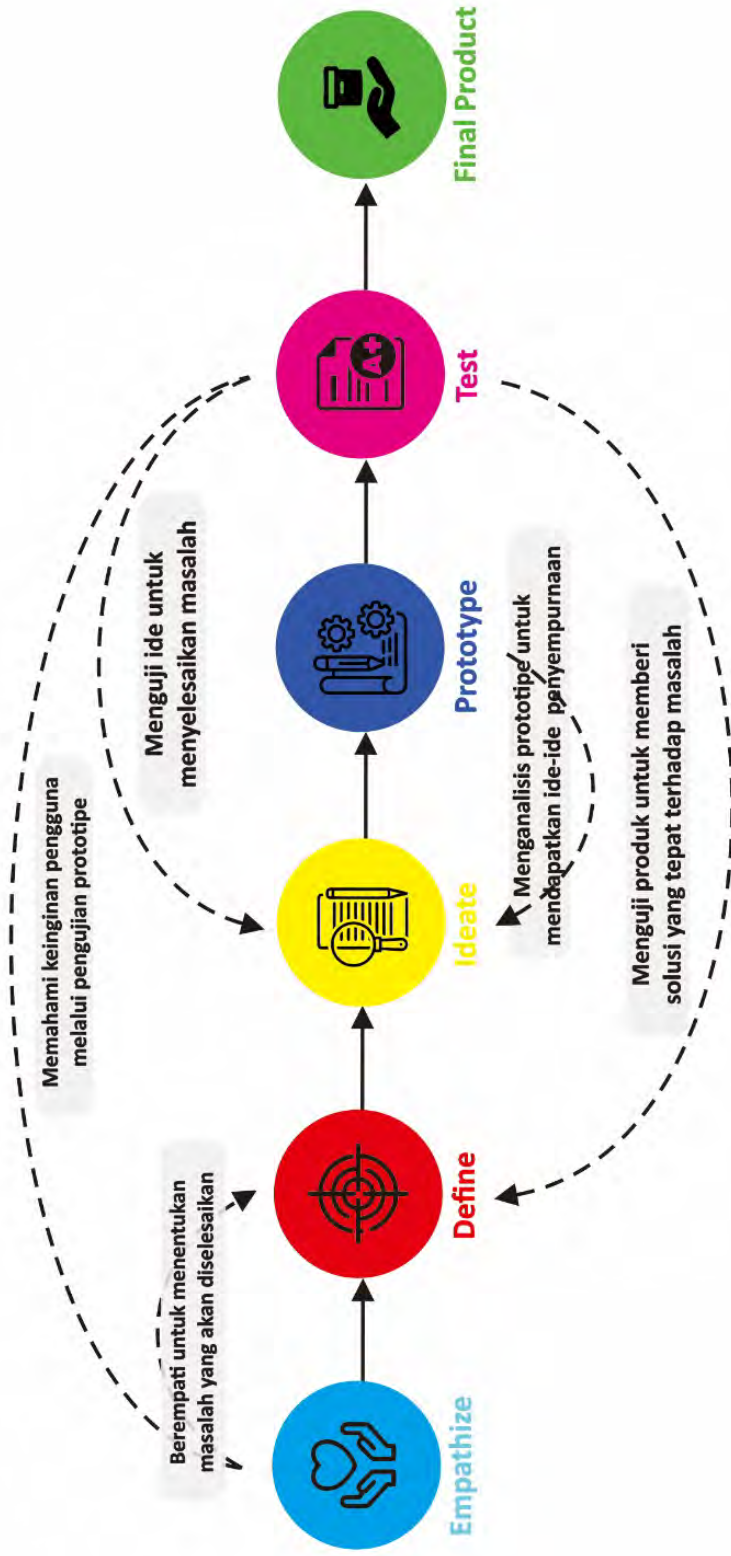
### Melanjutkan studi:

- D3, D4, dan S1 (Teknik Elektro, Teknik Listrik, Teknik Elektro Industri, Pendidikan Teknik Elektro, Rekayasa Elektro, Teknologi Rekayasa Elektro, Teknologi Listrik)

### Wirausahawan:

- Penyedia jasa perancangan dan perakitan instalasi pendingin
- Penyedia jasa pengerjaan instalasi pendingin
- Penyedia jasa perawatan dan perbaikan AC

Gambar 1. Profil kompetensi lulusan teknik pendinginan dan tata udara



Gambar 2. Metode *design thinking non linier*



## BAB II.

# RUANG PRAKTIK DAN PERALATAN

### A. RUANG PRAKTIK

Dalam SNP SMK 2018 ruang praktik Kompetensi Keahlian Teknik Pendinginan dan Tata Udara berfungsi sebagai tempat pelaksanaan kegiatan pembelajaran seperti pemipaan, dasar elektro, dasar elektronika, sistem refrigerasi, penggunaan perlengkapan dan bahan refrigerasi dan tata udara, penerapan prinsip kerja dan rangkaian kontrol, pendinginan/refrigerasi dan tata udara/AC. Besarnya luasan minimum ruang praktik Kompetensi Keahlian Teknik Pendinginan dan Tata Udara adalah 150 m<sup>2</sup> (seratus lima puluh meter persegi). Selanjutnya, detail kebutuhan luas minimum ruangan praktik tercantum di dalam Tabel 1.

Tabel 1. Detail kebutuhan luas minimum ruang praktik teknik pendinginan dan tata udara

No	Jenis	Rasio Minimum	Deskripsi
1	Laboratorium kendali elektronik	3 m <sup>2</sup> /peserta didik	Kapasitas untuk 9 peserta didik.
2	Laboratorium dasar teknik elektro	3 m <sup>2</sup> /instruktur	Kapasitas untuk 9 peserta didik.
3	Laboratorium dasar elektronika	3 m <sup>2</sup> /peserta didik	Kapasitas untuk 18 peserta didik

No	Jenis	Rasio Minimum	Deskripsi
4	Laboratorium pendingin dan tata udara	3 m <sup>2</sup> /peserta didik	Kapasitas untuk 9 peserta didik.
5	Sub ruang instruktur dan ruang simpan	3 m <sup>2</sup> /instruktur	Kapasitas untuk 9 instruktur

Pengembangan desain ruang menggunakan prinsip fleksibilitas ruang praktik yang dapat digunakan untuk memenuhi standar minimal ruang praktik, sebagai *maker space* dan sebagai ruang praktik untuk membentuk kompetensi siswa melalui pembelajaran berbasis *teaching factory* atau *project*.

## B. NORMA DAN STANDAR RUANG PRAKTIK

Norma dan Standar desain ruang praktik siswa SMK dikembangkan untuk memberikan ilustrasi desain lingkungan belajar yang modern untuk mendukung proses pembelajaran abad 21, namun sekolah diberikan fleksibilitas sesuai dengan kondisi yang ada di sekolah disesuaikan dengan memperhatikan minimal luasan ruang praktik, fungsi, kontur tanah, ergonomi, dan K3. Lingkungan belajar yang modern mengoptimalkan pemanfaatan teknologi terkini untuk memfasilitasi sarana dan prasarana bagi siswa dan guru yang mendukung pembelajaran berpusat pada siswa, berbasis *project*, *teaching factory*, pengembangan kewirausahaan dan pengembangan profesional berkelanjutan. Fasilitas lingkungan belajar modern di SMK mencakup enam elemen yaitu:

1. Ketersediaan jaringan internet
2. Peralatan audiovisual
3. Perabot yang mudah dipindahkan/diatur sesuai kebutuhan strategi pembelajaran
4. Lingkungan belajar yang mendukung interaksi sosial secara formal dan informal
5. Peralatan yang mendukung penguasaan kompetensi tenaga kerja industri dan kewirausahaan di era revolusi industri 4.0
6. Lingkungan area kerja laboratorium dan bengkel untuk menumbuhkan budaya kerja industri seperti 5R dan K3 (lihat gambar 29, 30, dan 31).

Lingkungan belajar di SMK dirancang memiliki fleksibilitas sebagai pusat pengembangan kompetensi, membentuk iklim tumbuhnya budaya industri dan menumbuhkan kreatifitas dan inovasi wirausaha pemula. Ada sembilan aspek yang harus diperhatikan dalam menciptakan ruang belajar yang aman, nyaman, selamat, sehat dan indah yaitu kualitas air, kebisingan, pencahayaan dan pemandangan, ventilasi, kualitas udara, kelembaban, suhu, pengendalian debu dan serangga serta sistem keamanan dan keselamatan. Norma dan standar ruang praktik SMK ini merupakan panduan untuk perencanaan dan pengembangan dalam membangun fasilitas sarana



dan prasarana SMK untuk mencapai kinerja yang lebih optimal. Norma dan standar ruang praktik SMK meliputi:

## 1. SISTEM ELEKTRIKAL LABORATORIUM

Standar minimal untuk sistem elektrikal laboratorium adalah kotak kontak/stop kontak 1 *phase* dengan jarak masing-masing 3 m, dan kotak kontak/stop kontak 3 *phase* dengan jarak masing-masing 6 m, pada sepanjang dinding bagian dalam ruang praktik.

## 2. PERSYARATAN MATERIAL BANGUNAN

Material yang digunakan untuk beton bertulang, baja ataupun kayu mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) yang terbaru dan telah ditetapkan. Material yang dimaksud juga dapat disesuaikan dengan kemajuan ilmu dan teknologi bahan. Tidak terbatas hanya itu, penggunaan material juga disesuaikan dengan kemampuan sumber daya setempat dengan tetap mempertimbangkan kekuatan dan keawetan sesuai pedoman SNI. Selanjutnya, prioritas material bangunan menggunakan produk dalam negeri, termasuk untuk bahan dari sistem pabrikasi. Persyaratan material bangunan dapat dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penggunaan material untuk bangunan ruang praktik siswa

No	Material	Alternatif material
1.	Penutup lantai	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan teraso, keramik, papan kayu, <i>vinyl</i>, marmer, <i>homo-genius tile</i> dan karpet yang disesuaikan dengan fungsi ruang dan klasifikasi bangunan;</li> <li>Adukan atau perekat harus memenuhi persyaratan teknis dan sesuai dengan jenis material yang digunakan.</li> </ul>
2.	Dinding pengisi	Batu bata, beton ringan, bata tela, batako, papan kayu, kaca dengan rangka kayu/aluminium, panel GRC dan/atau aluminium
	Dinding partisi	Papan kayu, kayu lapis, kaca, <i>calcium board</i> , <i>particle board</i> , dan/atau <i>gypsum-board</i> dengan rangka kayu kelas kuat II atau rangka lainnya, yang dicat tembok atau bahan finishing lainnya, sesuai dengan fungsi ruang dan klasifikasi bangunannya.
	Prasyarat bahan perekat	Adukan/perekat yang digunakan harus memenuhi persyaratan teknis dan sesuai jenis bahan dinding yang digunakan;
	Prasyarat komponen pracetak	Jika ada komponen pracetak yang telah digunakan pada dinding, maka dapat digunakan bahan pracetak yang sudah ada.

No	Material	Alternatif material
3.	Kerangka Langit-langit	<p>Kayu lapis atau yang setara, digunakan rangka kayu kelas kuat II dengan ukuran minimum:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4/6 cm untuk balok pembagi dan balok penggantung;</li> <li>• 6/12 cm untuk balok rangka utama; dan</li> <li>• 5/10 cm untuk balok tepi;</li> <li>• Besi <i>hollow</i> atau <i>metal furring</i> 40 mm x 40 mm dan 40 mm x 20 mm lengkap dengan besi penggantung Ø8 mm dan pengikatnya;</li> </ul> <p>Untuk bahan penutup akustik atau <i>gypsum</i> digunakan kerangka aluminium yang bentuk dan ukurannya disesuaikan dengan kebutuhan;</p>
	Bahan penutup langit	Kayu lapis, aluminium, akustik, <i>gypsum</i> , atau sejenis yang disesuaikan dengan fungsi dan klasifikasi bangunannya;
	Lapisan finishing	Harus memenuhi persyaratan teknis dan sesuai dengan jenis bahan penutup yang digunakan sesuai prosedur SNI.
4.	Bahan penutup atap	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan harus memenuhi persyaratan SNI yang berlaku.</li> <li>• Material penutup atap dapat terdiri dari atap beton, genteng, metal, <i>fibrecement</i>, <i>calcium board</i>, sirap, seng, aluminium, maupun asbes/asbes gelombang;</li> <li>• Atap dari beton harus dilapisi <i>waterproofing</i>;</li> <li>• Penggunaan material atap dapat disesuaikan dengan fungsi, klasifikasi dan kondisi daerahnya.</li> </ul>
	Bahan kerangka penutup atap	<p>Untuk penutup atap genteng digunakan rangka kayu kelas kuat II dengan ukuran:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2/3 cm untuk reng atau 3/4 cm untuk reng genteng beton;</li> <li>• 4/6 cm atau 5/7 cm untuk kaso, dengan jarak antar kaso disesuaikan ukuran penampang kaso;</li> </ul>
	Kerangka atap non-kayu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gording baja profil C, dengan ukuran minimal 125 x 50 x 20 x 3,2;</li> <li>• Kuda-kuda baja profil WF, dengan ukuran minimal 250 x 150 x 8 x 7;</li> <li>• Struktur baja ringan (<i>cold form steel</i>);</li> <li>• Beton plat dengan tebal minimum 12 cm.</li> </ul>

No	Material	Alternatif material
5.	Kusen dan daun pintu/jendela	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kayu kelas kuat/kelas awet II dengan ukuran jadi minimum 5,5 cm x 11 cm dan dicat kayu atau dipelitur sesuai persyaratan standar yang berlaku;</li> <li>• Rangka daun pintu yang dilapisi kayu lapis/<i>teakwood</i>, menggunakan kayu kelas kuat II dengan ukuran minimum 3,5 cm x 10 cm. Sedangkan ambang bawah 3,5 x 20 cm. Daun pintu dilapis dengan kayu lapis yang di cat atau dipelitur;</li> <li>• Daun pintu panil kayu digunakan kayu kelas kuat/kelas awet II, dicat kayu atau dipelitur;</li> <li>• Daun jendela kayu, digunakan kayu kelas kuat/kelas awet II, dengan ukuran rangka minimum 3,5 cm x 8 cm, dicat kayu atau dipelitur;</li> <li>• Rangka pintu/jendela yang menggunakan bahan aluminium ukuran rangkanya disesuaikan dengan fungsi ruang dan klasifikasi bangunannya;</li> <li>• Kusen baja profil E, dengan ukuran minimal 150 x 50 x 20 x 3,2 dan pintu baja BJLS 100 diisi <i>glass woll</i> untuk pintu kebakaran;</li> <li>• Penggunaan kaca untuk daun pintu maupun jendela disesuaikan dengan fungsi ruang dan klasifikasi bangunannya.</li> </ul>

### 3. PERSYARATAN STRUKTUR BANGUNAN

Struktur bangunan harus memenuhi standar mutu keselamatan (*safety*) dan kelayakan (*serviceability*) dan persyaratan SNI yang berlaku. Spesifikasi teknik untuk sistem struktur yang dimaksud diuraikan seperti di bawah ini.

#### a. Fondasi

Struktur fondasi harus direncanakan mampu untuk menahan beban di atasnya (beban sendiri, beban hidup, beban mati). Untuk daerah dengan tanah berpasir atau lereng dengan kemiringan di atas 15 derajat, jenis fondasi disesuaikan dengan bentuk massa bangunan untuk menghindari terjadinya liquifaksi pada saat gempa.

Fondasi untuk sekolah harus disesuaikan dengan jenis dan kondisi tanah, serta klasifikasi bangunannya. Fondasi dengan karakter khusus, maka kekurangan biaya dapat diajukan secara khusus di luar biaya standar sebagai fondasi non-standar. Untuk bangunan lebih dari tiga lantai, maka harus didukung dengan penyelidikan kondisi tanah oleh tim ahli geoteknik yang bersertifikat.

b. Kolom

Struktur kolom dapat dibedakan berdasarkan material penyusunnya sebagai berikut.

Tabel 3. Material struktur kolom.

No	Material kolom	Keterangan
1.	Kolom beton bertulang	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tebal minimum 15cm, tulangan 4Ø12-15cm;</li><li>• Selimut beton minimum 2.5cm;</li><li>• Mutu bahan sesuai dengan SNI yang berlaku.</li></ul>
2.	Kolom beton bertulang (praktis)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tebal minimum 15cm, tulangan 4Ø12-20cm;</li><li>• Selimut beton minimum 2.5cm;</li><li>• Mutu bahan berdasarkan kepada pedoman SNI yang berlaku.</li></ul>
3.	Kolom baja	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mempunyai kelangsingan (<math>\lambda</math>) maksimum 150;</li><li>• Dibuat dari profil tunggal maupun tersusun harus mempunyai minimum 2 sumbu simetris;</li><li>• Sambungan antara kolom baja pada bangunan bertingkat tidak boleh dilakukan pada tempat pertemuan antara balok dengan kolom, dan harus mempunyai kekuatan minimum sama dengan kolom;</li><li>• Sambungan kolom baja yang menggunakan las harus menggunakan las listrik, sedangkan yang menggunakan baut harus menggunakan baut mutu tinggi;</li><li>• Penggunaan profil baja tipis yang dibentuk dingin, harus berdasarkan perhitungan-perhitungan yang memenuhi syarat kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup;</li><li>• Mutu bahan sesuai dengan SNI yang berlaku.</li></ul>
4.	Struktur kolom kayu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dimensi kolom bebas diambil minimum 20 cm x 20 cm;</li><li>• Mutu bahan sesuai dengan SNI yang berlaku.</li></ul>

No	Material kolom	Keterangan
5.	Struktur dinding geser (jika ada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dinding geser harus direncanakan untuk secara bersama-sama dengan struktur secara keseluruhan agar mampu memikul beban yang diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat dari beban-beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur, baik beban muatan tetap maupun muatan beban sementara yang timbul akibat gempa dan angin;</li> <li>Dinding geser mempunyai ketebalan sesuai dengan ketentuan dalam SNI yang berlaku.</li> </ul>

c. Struktur Lantai

Material untuk struktur lantai mengikuti persyaratan sebagai berikut:

Tabel 4. Sistem struktur lantai untuk bangunan

No.	Sistem struktur lantai	Keterangan
1	Kayu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jika tebal papan lantai 2 cm, jarak balok anak tidak boleh lebih dari 60 cm;</li> <li>Ukuran balok anak minimal adalah 6/12 cm;</li> <li>Balok lantai yang masuk ke dalam dinding harus dilapisi bahan pengawet terlebih dahulu;</li> <li>Material dan tegangan untuk syarat kekuatan dan kekakuan material harus memenuhi SNI yang berlaku.</li> </ul>
2.	Beton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Harus dipasang lapisan pasir dengan tebal minimal 5cm; dengan lantai kerja minimal 5cm;</li> <li>Material dan tegangan yang dipersyaratkan harus memenuhi standari SNI yang berlaku;</li> <li>Analisis struktur pelat lantai beton dilakukan oleh tenaga ahli yang bersertifikasi.</li> </ul>
3.	Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ketebalan pelat diperhitungkan agar memenuhi batas lendutan yang dipersyaratkan;</li> <li>Kekuatan sambungan dan analisa struktur harus dihitung oleh tenaga ahli bersertifikasi;</li> <li>Material dan tegangan yang dipersyaratkan harus memenuhi kriteria SNI yang berlaku.</li> </ul>

d. Struktur Atap

Struktur atap merupakan salah satu komponen penting dalam suatu bangunan. Kemiringan atap, persyaratan material dan analisa struktur mengacu kepada Tabel 5.

Tabel 5. Persyaratan struktur atap

No.	Sistem struktur	Keterangan
1.	Kayu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ukuran yang digunakan harus sesuai dengan ukuran yang dinormalisir;</li><li>• Rangka atap kayu harus menggunakan bahan anti rayap;</li><li>• Material dan tegangan yang dipersyaratkan harus memenuhi kriteria SNI yang berlaku.</li></ul>
2.	Beton bertulang	Material dan tegangan yang dipersyaratkan harus memenuhi kriteria SNI yang berlaku.
3.	Baja	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sambungan pada rangka atap baja yang berupa baut, paku keling, atau las listrik, harus memenuhi kriteria SNI yang berlaku;</li><li>• Rangka atap baja harus dilapisi pelapis anti korosi;</li><li>• Pada bangunan sekolah yang telah ada komponen fabrikasi, struktur rangka atap dapat digunakan komponen prefabrikasi yang sudah ada;</li><li>• Material dan tegangan yang dipersyaratkan harus memenuhi kriteria SNI yang berlaku.</li></ul>

#### 4. PERSYARATAN UMUM BANGUNAN GEDUNG

Persyaratan aspek keselamatan yang harus dipenuhi dalam rangka mewujudkan sekolah yang aman dari beban eksternal seperti gempa bumi, kebakaran dan lainnya adalah sebagai berikut.

- a. Memiliki struktur yang stabil dan kukuh sampai dengan kondisi pembebanan maksimum dalam mendukung beban hidup dan beban mati, serta untuk daerah atau zona tertentu memiliki kemampuan untuk menahan gempa dan kekuatan alam lainnya;
- b. Dilengkapi sistem proteksi pasif dan atau proteksi aktif untuk mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan petir;
- c. Bangunan gedung harus memenuhi syarat fasilitas dan aksesibilitas yang mudah, aman, nyaman, untuk difabel (penyandang cacat);
- d. Bangunan gedung juga hendaknya dilengkapi dengan pengarah jalan (*guiding block*) untuk tunanetra;

- e. Persyaratan kemanan juga harus dipenuhi termasuk di dalamnya adalah mampu meredam getaran dan kebisingan saat pelajaran, kontrol kondisi ruangan, dan lampu penerangan.
- f. Kualitas bangunan gedung tahan gempa mengacu kepada Standar Nasional Indonesia SNI 1726:2019;
- g. Kemampuan memikul beban yang diperhitungkan terhadap pengaruh aksi sebagai akibat dari beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur, baik beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa sesuai dengan zonasi, angin, pengaruh korosi, jamur dan serangga perusak;
- h. Ketentuan rencana yang detail sehingga pada kondisi pembebanan maksimum yang direncanakan, apabila terjadi keruntuhan kondisi strukturnya masih memungkinkan pengguna bangunan gedung menyelamatkan diri;
- i. Bangunan gedung sekolah baru dapat bertahan minimum 20 tahun; dan
- j. Bangunan gedung dilengkapi izin mendirikan bangunan dan izin penggunaan sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

## 5. PERSYARATAN UMUM UTILITAS RUANGAN

Persyaratan umum utilitas ruangan harus memenuhi persyaratan minimum sebagai berikut.

- a. Jamban antara pria dan wanita dibangun secara terpisah
- b. Daftar kelengkapan jamban minimal terdiri dari:
  - 1) Pompa penarik dan pendorong ke Tangki air bersih;
  - 2) Tangki air kapasitas 2 x 1.000 liter;
  - 3) Instalasi listrik dan lampu penerangan;
  - 4) Dua kloset jongkok untuk toilet pria dan 3 kloset jongkok untuk toilet wanita;
  - 5) Dua unit urinoir untuk toilet pria;
  - 6) Dua unit tempat cuci tangan dilengkapi cermin; dan
  - 7) Beberapa utilitas yang dapat digunakan bersama antara toilet pria dan wanita adalah sumber air bersih, menara air, dan *septic tank*.

## 6. TINJAUAN KESELAMATAN, KESEHATAN, DAN KENYAMANAN RUANG

Keselamatan, Kesehatan, dan Kenyamanan (K3) ruang yang dimaksudkan adalah mengacu pada kategori sebagai berikut:

- a. Buka pintu depan toilet ke arah luar (selasar), dimaksudkan untuk mempermudah proses evakuasi;
- b. Setiap bilik toilet dilengkapi pintu, yang dapat dikunci dari dalam dan membuka keluar;
- c. Tersedia sumber air bersih melalui PDAM maupun air tanah;
- d. Dilengkapi instalasi air bersih, instalasi air kotor/limbah dan kotoran, *septic tank*, dan sumur resapan.

- e. Bukaannya cahaya minimal 10% dan bukaan ventilasi udara minimal 5% dari luas ruang jamban, untuk sehatnya kondisi ruang dengan penerangan alami, sirkulasi udara, dan kelembaban normal; dan
- f. Dilengkapi *floor drain*, sehingga tidak terjadi genangan air di lantai toilet.

## 7. PERSYARATAN KESEHATAN GEDUNG

### a. Persyaratan Sistem Penghawaan

Persyaratan sistem penghawaan dengan memenuhi ruang dengan ventilasi yang baik. Setiap bangunan gedung harus mempunyai ventilasi alami dan atau ventilasi mekanik/buatan sesuai dengan fungsinya. Bangunan gedung tempat tinggal, bangunan gedung pelayanan kesehatan khususnya ruang perawatan, bangunan gedung pendidikan khususnya ruang kelas, dan bangunan pelayanan umum lainnya harus mempunyai bukaan permanen, kisi-kisi pada pintu dan jendela dan atau bukaan permanen yang dapat dibuka untuk kepentingan ventilasi alami.

Jika ventilasi alami tidak mungkin dilaksanakan, maka diperlukan ventilasi mekanis seperti pada bangunan fasilitas tertentu yang memerlukan perlindungan dari udara luar dan pencemaran. Persyaratan teknis sistem ventilasi, kebutuhan ventilasi, harus mengikuti:

- a) SNI 03-6390-2000 tentang konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung;
  - b) SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;
  - c) Standar tentang tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem ventilasi;
  - d) Standar tentang tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem ventilasi mekanis.
- ### b. Persyaratan Sistem Pencahayaan
- 1) Persyaratan sistem pencahayaan pada bangunan gedung meliputi:
    - a) Setiap bangunan gedung untuk memenuhi persyaratan sistem pencahayaan harus mempunyai pencahayaan alami dan atau pencahayaan buatan, termasuk pencahayaan darurat sesuai dengan fungsinya;
    - b) Bangunan gedung pendidikan, harus mempunyai bukaan untuk pencahayaan alami;
    - c) Pencahayaan alami harus optimal, disesuaikan dengan fungsi bangunan gedung dan fungsi masing-masing ruang di dalam bangunan gedung;
    - d) Pencahayaan buatan harus direncanakan berdasarkan tingkat iluminasi yang dipersyaratkan sesuai fungsi ruang-dalam bangunan ge-



ding dengan mempertimbangkan efisiensi, penghematan energi yang digunakan, dan penempatannya tidak menimbulkan efek silau atau pantulan;

- e) Pencahayaan buatan yang digunakan untuk pencahayaan darurat harus dipasang pada bangunan gedung dengan fungsi tertentu, serta dapat bekerja secara otomatis dan mempunyai tingkat pencahayaan yang cukup untuk evakuasi yang aman;
  - f) Semua sistem pencahayaan buatan, kecuali yang diperlukan untuk pencahayaan darurat, harus dilengkapi dengan pengendali manual, dan/atau otomatis, serta ditempatkan pada tempat yang mudah dicapai/dibaca oleh pengguna ruang;
  - g) Pencahayaan alami dan buatan diterapkan pada ruangan baik di dalam bangunan maupun di luar bangunan gedung;
- 2) Persyaratan pencahayaan harus mengikuti:
- a) SNI 03-6197-2000 tentang konservasi energi sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;
  - b) SNI 03-2396-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;
  - c) SNI 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, atau edisi terbaru. Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

## **8. *DISASTER RESILIENCE DESIGN***

Merujuk kepada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.29 tahun 2006, beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam mendesain dan merencanakan ruang kelas agar aman dari bencana adalah sebagai berikut.

- a. Setiap kelas harus memiliki dua pintu dengan satu pintu membuka keluar
- b. Memiliki jalur evakuasi dan akses aman yang dapat dicapai dengan mudah dan dilengkapi dengan rambu penunjuk arah jelas, serta dapat dikenal dengan baik oleh seluruh komponen sekolah;
- c. Memiliki titik kumpul yang mudah di jangkau.

Selain dari ketiga hal penting di atas, desain dan penataan kelas meliputi sebagai berikut:

- a. Meja cukup kuat sebagai tempat berlindung sementara ketika terjadi gempa;



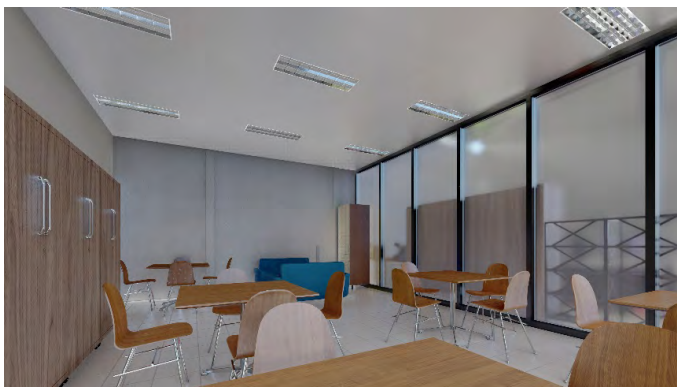
Gambar 3. Ilustrasi perlindungan diri pada saat terjadi gempa.

- b. Rak lemari dan sejenisnya diberi angkur ke dinding serta lantai;



Gambar 4. Ilustrasi pengankuran lemari

- c. Ukuran meja belajar dengan lebar minimal sebesar 95 cm untuk mengakopsi siswa berkebutuhan khusus;



Gambar 5. Minimum jarak antar meja di ruang kelas

- d. Vas bunga atau pot diikatkan pada kait tertentu agar tidak jatuh dan pecah;



Gambar 6. Ilustrasi pengikatan pot bunga pada tiang

- e. *Frame* dan sejenisnya yang termasuk komponen arsitektur harus di baut sedemikian rupa untuk mencegah terjadinya rusak pada saat gempa;



Gambar 7. Komponen non-struktural harus diberi pengaku

## 9. MITIGASI BENCANA

Persiapan mitigasi harus dipahami oleh seluruh satuan pendidikan, karena Indonesia merupakan kategori daerah rawan bencana (*ring of fire*). Secara umum, mitigasi dibagi menjadi dua yaitu.

- a. Mitigasi Struktural

Mitigasi diperlukan untuk mengurangi resiko bencana alam melalui pembangunan prasarana fisik dan pendekatan teknologi. Dalam hal ini mencakup beberapa item seperti pembuatan kanal khusus banjir, pendeteksi aktivitas gunung berapi, bangunan yang di desain dengan sistem struktur tahan gempa, ataupun sistem peringatan dini untuk evakuasi akibat gelombang tsunami. Mitigasi struktural sendiri berfungsi untuk mengurangi keren-

tanan (*vulnerability*) terhadap bencana alam yang akan terjadi, karena bagaimanapun juga lebih awal lebih baik untuk dipersiapkan.



Gambar 8. Ilustrasi struktur yang diberikan *isolation bearing*

b. Mitigasi Non-Struktural

Mitigasi non-struktural diperlukan sebagai upaya untuk mendukung mitigasi non-struktural diantaranya adalah pembuatan kebijakan atau undang-undang terkait dengan Penanggulangan Bencana No. 24 Tahun 2007. Beberapa contoh mitigasi non-struktural lainnya adalah pembuatan tata ruang kota atau daerah, peningkatan keterlibatan masyarakat sadar bencana, advokasi dan sosialisasi. Berbagai contoh lain terkait kebijakan non-struktural adalah legislasi, perencanaan wilayah dan daerah, dan identifikasi menyeluruh atau studi analisis terhadap resiko yang akan terjadi jika bencana melanda disuatu kawasan rawan bencana.

## 10. PENCEGAHAN BAHAYA KEBAKARAN

Setiap gedung negara yang didirikan harus memiliki fasilitas terhadap pencegahan dan penanggulangan bahaya kebakaran. Hal ini tertuang di dalam:

- a. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/2008 tentang ketentuan teknis pengamanan terhadap bahaya kebakaran pada bangunan dan lingkungan; dan;
- b. Peraturan Daerah tentang bangunan gedung dan peraturan daerah tentang penanggulangan dan pencegahan bahaya kebakaran; beserta standar-standar teknis yang terkait.

Terdapat dua sistem proteksi kebakaran yaitu sistem proteksi aktif dan pasif. Penerapan sistem proteksi ini didasarkan pada fungsi klasifikasi risiko kebakaran, luas bangunan, ketinggian bangunan, geometri ruang, bahan bangunan terpasang, dan atau jumlah dan kondisi penghuni dalam bangunan gedung.

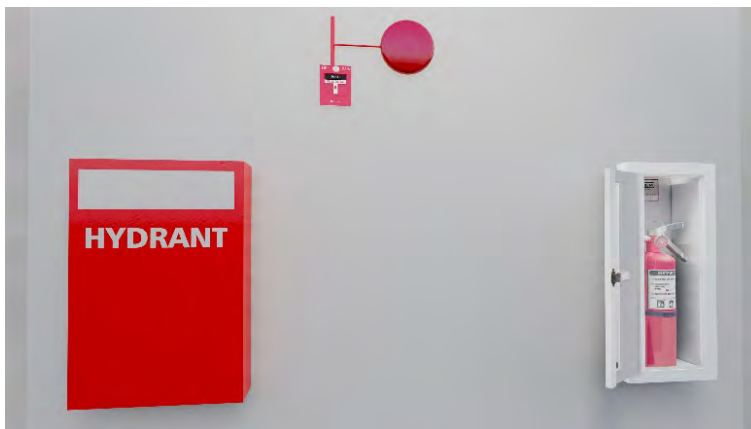
a. Sistem Proteksi Aktif

Sistem ini merupakan perlindungan terhadap kebakaran dengan menggunakan peralatan yang bekerja secara otomatis ataupun manual. Setiap bangunan gedung harus dilindungi dengan proteksi ini berdasarkan pada fungsi, klasifikasi, luas, ketinggian, volume bangunan dan atau jumlah dan kondisi penghuni di dalam bangunan. Dalam sistem proteksi ini, beberapa hal yang harus diperhatikan adalah: (1) Sistem pemadam kebakaran; (2) Sistem deteksi dan alarm kebakaran; (3) Sistem pengendalian asap kebakaran; dan (4) Pusat pengendali kebakaran. Sistem proteksi aktif yang dimaksud di atas mengikuti peraturan sebagai berikut.

- 1) SNI 03-1745-2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan sistem pipa tegak dan slang untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung;



Gambar 9. Ilustrasi penempatan pipa *hydrant* di jalan

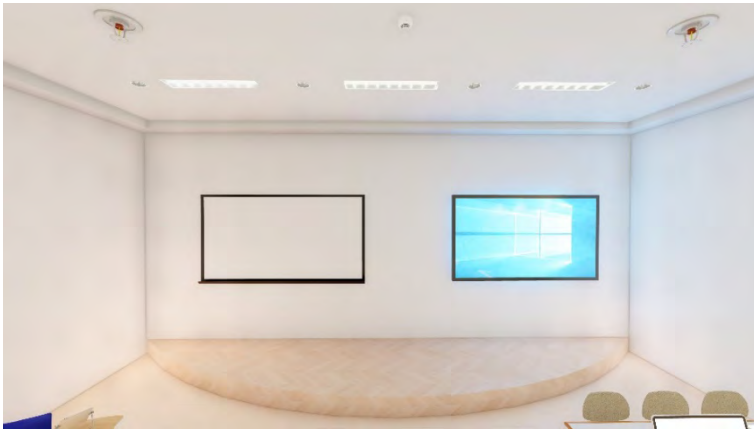


Gambar 10. Ilustrasi penempatan *hydrant box*, alarm dan alat pemadam api ringan (APAR)



Gambar 11. Ilustrasi lemari penyimpanan APD

- 2) SNI 03-3985-2000 tentang tata cara perencanaan, pemasangan dan pengujian sistem deteksi dan alarm kebakaran untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung;



Gambar 12. Ilustrasi pemasangan *smoke detector* dan *sprinkler*

- 3) SNI 03-3989-2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan sistem *sprinkler* otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung;



Gambar 13. Ilustrasi *sprinkler*

- 4) SNI 03-6571-2001 tentang sistem pengendalian asap kebakaran pada bangunan gedung; dan



Gambar 14. Ilustrasi *smoke detector*

- 5) SNI 03-0712-2004 tentang sistem manajemen asap dalam mal, atrium, dan ruangan bervolume besar.
- b. Sistem Proteksi Pasif

Sistem ini merupakan perlindungan terhadap kebakaran dengan melakukan pengaturan terhadap komponen bangunan Gedung, ditinjau berdasarkan aspek arsitektur dan struktur, agar penghuni dan benda di dalamnya terhindar dari kerusakan fisik saat terjadi kebakaran. Sistem proteksi yang dijelaskan di atas harus mengacu kepada:

    - 1) SNI 03-1736-2000 tentang tata cara perencanaan sistem proteksi pasif untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung; dan
    - 2) SNI 03-1746-2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan sarana jalan ke luar untuk penyelamatan terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung.
  - c. Persyaratan Aksesibilitas untuk Pemadam Kebakaran

Dalam perencanaan sebuah gedung, hal ini jarang sekali untuk ditinjau, bahkan diabaikan. Padahal aksesibilitas untuk pemadam kebakaran sangatlah perlu agar tidak menimbulkan kerugian material yang lebih besar lagi. Untuk detail persyaratannya sebagaimana tercantum didalam peraturan sebagai berikut:

    - 1) SNI 03-1735-2000 tentang tata cara perencanaan akses bangunan dan akses lingkungan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung; dan



Gambar 15. Ilustrasi akses ke bangunan untuk mobil pemadam kebakaran



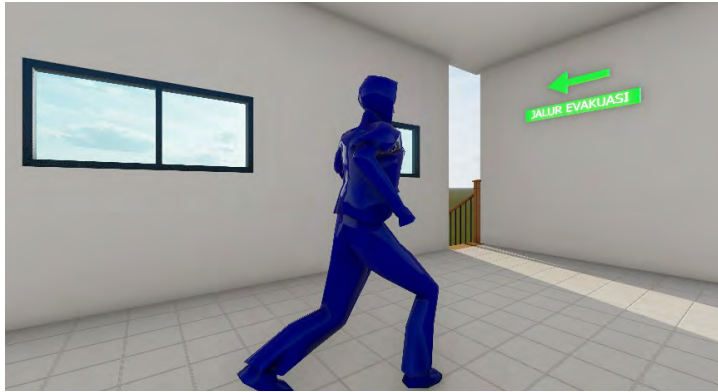
Gambar 16. Ilustrasi akses jalan untuk mobil pemadam kebakaran

- 2) SNI 03-1736-2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan sarana jalan keluar untuk penyelamatan terhadap bahaya kebakaran pada gedung.



Gambar 17. Titik kumpul evakuasi





Gambar 18. Ilustrasi jalur evakuasi

## 11. PENERAPAN BUDAYA 6S (*SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSU, SHITSUKE, SAFETY*)

Laboratorium dan bengkel sebagai lingkungan kerja untuk menumbuhkan budaya industri dengan mengimplementasikan 6S dan protokol kesehatan untuk pencegahan Covid-19. Budaya 5S/5R dilihat pada lampiran gambar 30 dan Budaya K3 T.A.M.P.A.N. atau C.A.N.T.I.K. pada lampiran gambar 31 dan 32. Berikut protokol kesehatan untuk pencegahan Covid-19:

### a. Prosedur memasuki ruang

- 1) Peserta didik/pengguna ruangan belajar diharuskan melengkapi diri dengan alat pelindung diri (APD) yakni dengan menggunakan masker kain 3 (tiga) lapis atau 2 (dua) lapis yang di dalamnya diisi tisu dengan baik serta diganti setelah digunakan selama 4 (empat) jam/lembar. Apabila akan memasuki ruangan praktik, maka peserta didik harus menggunakan APD sesuai dengan panduan SOP Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), seperti sarung tangan, pelindung wajah, sabuk pengaman (*safety belt*), sepatu boot, sepatu pengaman (*safety shoes*), masker, penyumbat telinga (*ear plug*), penutup telinga (*ear muff*), kacamata pengaman (*safety glass*) dan sebagainya.
- 2) Mewajibkan setiap orang yang akan masuk untuk mencuci tangan pakai sabun (CTPS) dengan air mengalir atau cairan pembersih tangan (*hand sanitizer*).
- 3) Memasuki ruangan dengan antri dan dibuat jarak antrian dengan standar kesehatan 1,5 meter antar peserta didik dan tidak melakukan kontak fisik seperti bersalaman dan cium tangan.
- 4) Meminimalisir kontak telapak tangan dengan gagang pintu ketika membuka/ menutup ruangan.
- 5) Menerapkan prosedur pemeriksaan suhu bagi guru/laboran/siswa sebelum pelaksanaan pembelajaran teori/praktik, untuk memastikan bahwa kondisi tubuh dalam keadaan sehat dengan suhu tubuh dibawah 37.3 derajat.

# PROTOKOL KESEHATAN DI LAB/BENGGEL



## Wajib menggunakan Alat Pelindung Diri (APD)



Masker kain 3 atau 2  
Lapis (Tisu)



Ganti Tisu Setelah  
digunakan 4 Jam

Suhu tubuh di bawah 37.3



Segera periksa jika suhu  
tubuh di atas 37.3



Cuci Tangan Pakai Sabun (CTPS)  
dengan Air Mengalir,  
Dan Hand Sanitizaer



Salam Sapa tanpa jabat tangan



Jaga jarak 1 - 2 Meter



Hindari menyentuh  
Mata, Hidung dan mulut



Hindari kontak  
langsung



Hindari kerumunan



Upayakan tidak sering  
menyentuh  
fasilitas/peralatan  
yang di pakai bersama



Gunakan siku untuk  
membuka pintu dan  
menekan tombol lift

Gambar 19. Protokol kesehatan di lab/bengkel

b. Prosedur penggunaan ruang

- 1) Menempelkan poster dan/atau media komunikasi, informasi, dan edukasi lainnya pada area strategis di lingkungan SMK, antara lain pada gerbang SMK, papan pengumuman, kantin, toilet, fasilitas CTPS, lorong, tangga, lokasi antar jemput, dan lain-lain yang mencakup informasi pencegahan Covid-19 dan gejalanya protokol kesehatan selama berada di lingkungan SMK informasi area wajib masker, pembatasan jarak fisik, CTPS dengan air mengalir serta penerapan etika batuk/bersin ajakan menerapkan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) prosedur pemantauan dan pelaporan kesehatan warga SMK informasi kontak layanan bantuan kesehatan jiwa dan dukungan psikososial dan protokol kesehatan sesuai panduan dan Keputusan Bersama ini.
- 2) Melakukan pembersihan dan disinfeksi di SMK setiap hari selama 1 (satu) minggu sebelum penyelenggaraan tatap muka dimulai dan dilanjutkan setiap hari selama SMK menyelenggarakan pembelajaran tatap muka, antara lain pada lantai, pegangan tangga, meja dan kursi, pegangan pintu, toilet, sarana CTPS dengan air mengalir, alat peraga/edukasi, komputer dan papan tik, alat pendukung pembelajaran, tombol lift, ventilasi buatan atau AC, dan fasilitas lainnya.
- 3) Menyediakan fasilitas cuci tangan pakai sabun yang memadai di area gerbang sekolah, depan ruang belajar teori dan praktik atau di tempat lain yang mudah di akses oleh warga sekolah.

# PROSEDUR PENGGUNAAN RUANGAN

## PEMASANGAN MEDIA INFOGRAFIS



Tempel **Poster** di tempat **strategis**

Gerbang SMK, Papan Pengumuman, Kantor, Toilet, Fasilitas CTPS, Lorong, Tangga, dan Lokasi antar jemput

## PROSEDUR PEMBERSIHAN & DISINFEKSI

Pembersihan **Setiap Hari** selama 1 Minggu sebelum tatap muka

Lantai, Pegangan tangga, Meja dan Kursi, Pegangan pintu, Toilet, Sarana CTPS, Alat peraga/Edukasi, Komputer, Papan TIK, Alat pendukung pembelajaran, Tombol lift, Ventilasi buatan atau AC dan Fasilitas lainnya



Gambar 20. Prosedur penggunaan ruang

## C. RUANG PRAKTIK SMK TEKNIK PENDINGINAN DAN TATA UDARA

Berdasarkan analisis kebutuhan ruang praktik dalam SNP 2018, Kompetensi Keahlian Teknik Pendinginan dan Tata Udara sebagai berikut.

1. Area kerja mekanik teknik elektro
2. Laboratorium dasar teknik elektro
3. Laboratorium dasar teknik elektronika pendingin
4. Laboratorium pendingin dan tata udara
5. Ruang instruktur dan penyimpanan (RIS)

Contoh analisis kebutuhan luasan area kerja di ruang praktik siswa dapat dilihat pada tabel 6, analisis dapat disesuaikan dengan strategi pembelajaran yang diterapkan di sekolah.






Tabel 6. Kebutuhan minimal luasan ruang praktik siswa

No	Area Kerja /Laboratorium / Ruang	Rasio	Kapasitas	Luasan (m <sup>2</sup> )	Total Luas (m <sup>2</sup> )
1	Area kerja mekanik teknik elektro	4	9	36	270
2	Lab dasar teknik elektro	4	9	36	
3	Lab dasar teknik pendingin	8	9	72	
4	Lab perawatan perbaikan alat pendingin dan tata udara	8	9	72	
5	Ruang instruktur dan penyimpanan	6	9	54	

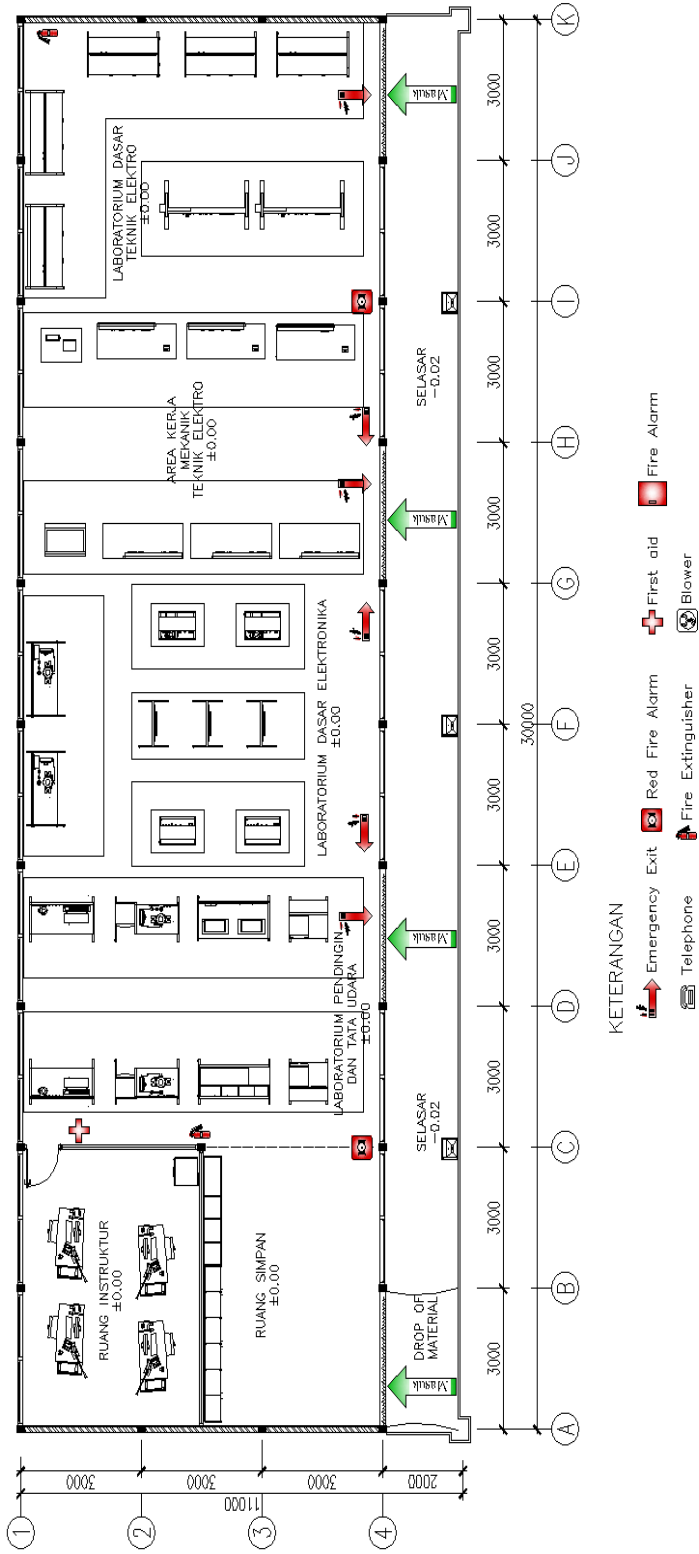
Disamping itu perlu juga dilengkapi ruang pembelajaran yang mengikuti dan mencirikan perkembangan industri 4.0 yaitu ruang kelas pintar (*smart classroom*) untuk mendukung pembelajaran berbasis *virtual reality* (VR), *augmented reality* (AR), dan telekonferensi, diantaranya terdiri atas peralatan berikut.

Tabel 7. Peralatan *smart classroom*

No.	Sarana	Gambar
1	<i>Smart board Whiteboard interaktif</i>	
2	<i>Smart TV videoconference</i>	
3	<i>HD Pro Cam Live Casting</i>	
4	<i>Smart Table Interaktif</i>	
5	<i>Smart Controlroom Console</i>	

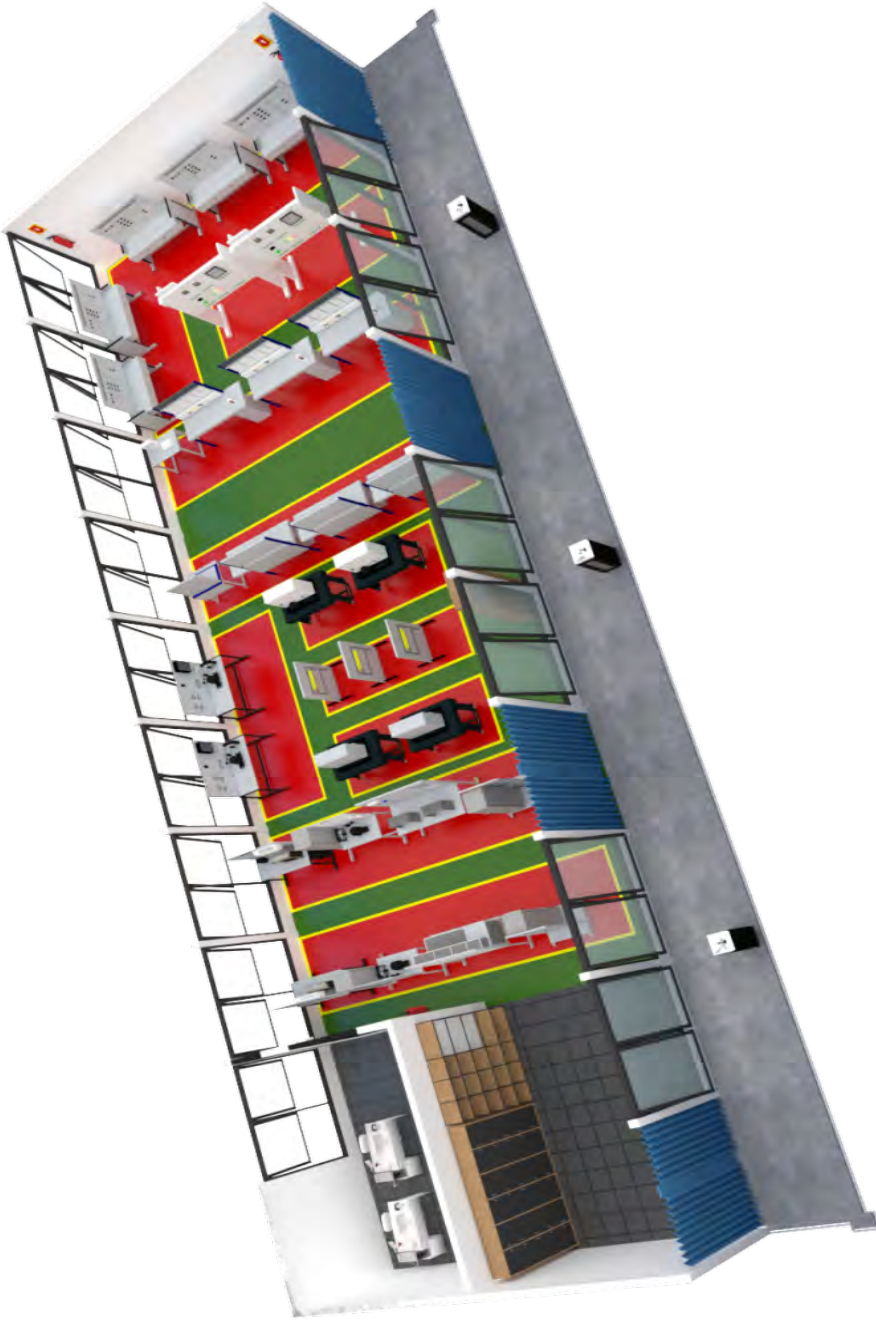
No.	Sarana	Gambar
6	<i>Smart Document Camera</i>	
7	Platform pendukung <i>smart classroom</i> seperti <i>student response system</i> , <i>digital learning content</i> , <i>mobile learning</i>	 <p data-bbox="810 697 998 722">Classroom Clickers</p>  <p data-bbox="803 958 1089 983">Student response software</p>  <p data-bbox="905 1147 998 1172">Receiver</p>  <p data-bbox="864 1421 1016 1447">Carrying bag</p>

Berdasarkan analisis kebutuhan penyesuaian kurikulum dengan industri dan implementasi *teaching factory* maka dapat juga ditambahkan ruang *outlet/showroom* untuk keahlian Teknik Pendinginan dan Tata Udara. Berikut ini denah tata letak ruang dan sub ruang untuk kompetensi keahlian Teknik Pendinginan dan Tata Udara.

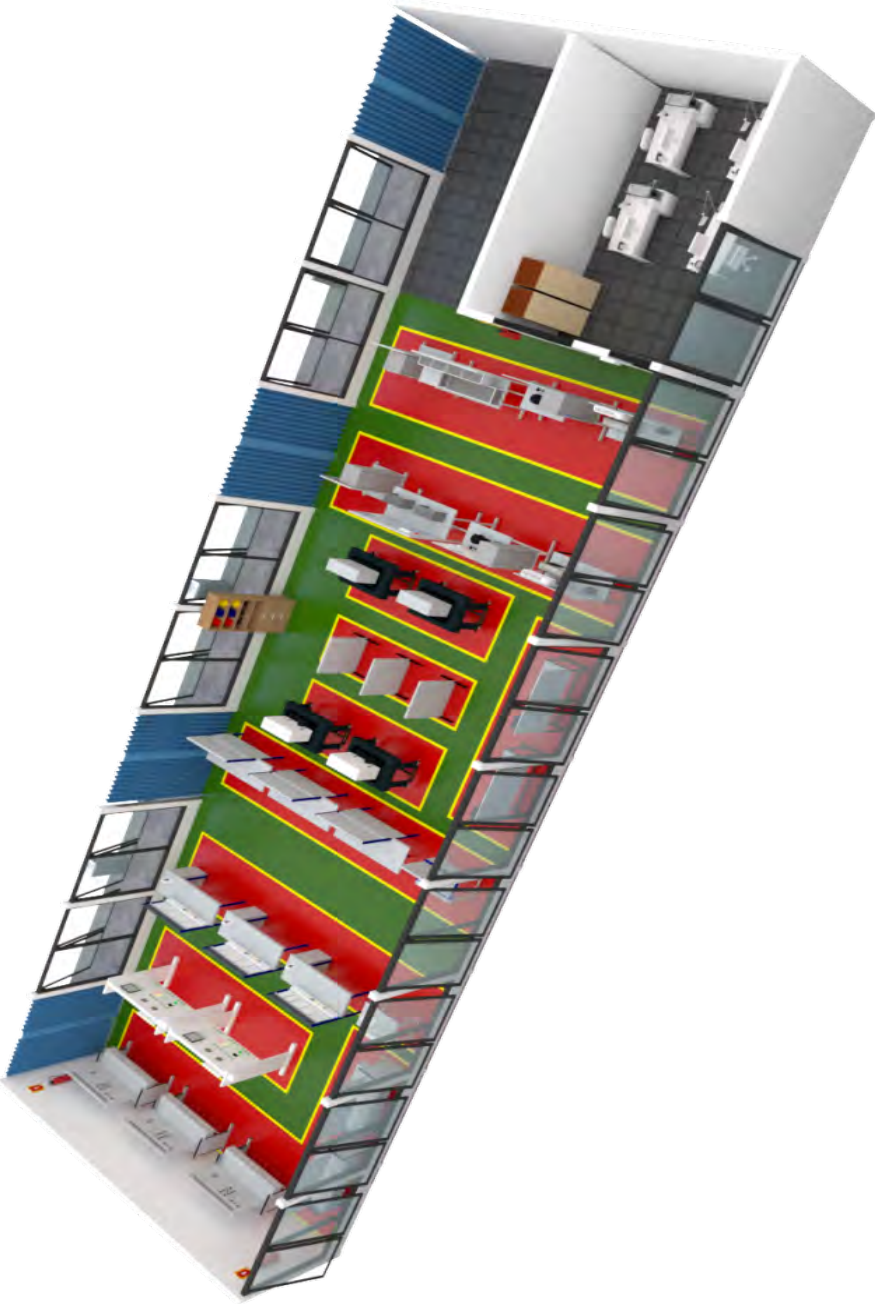


Gambar 21. Visualisasi 2D ruang praktik siswa kompetensi keahlian teknik pendinginan dan tata udara





Gambar 22. Visualisasi 3D ruang praktik siswa kompetensi keahlian teknik pendinginan dan tata udara tampak 1



Gambar 23. Visualisasi 3D ruang praktik siswa kompetensi keahlian teknik pendinginan dan tata udara tampak 2




Gambar 24. Showroom/outlet bidang keahlian teknologi rekayasa

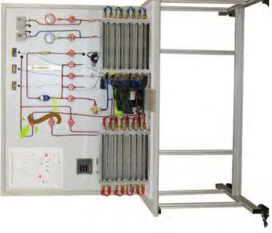



Gambar 25. Smart classroom


## D. DAFTAR PERALATAN PRAKTIK PADA LABORATORIUM PENDINGIN DAN TATA UDARA

Tabel 8. Daftar peralatan praktik pada laboratorium pendingin dan tata udara


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
1	<i>Domestic Refrigeration Trainer</i>	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar dan prinsip kerja pada sistem pendingin domestik.</p> <p>Spesifikasi:            Compressor: <i>type hermetic.</i>            Capacity: <i>min. ½ HP.</i>            Power input: <i>220V, 50Hz, single phase.</i>            Condenser: <i>Air cooled type with fan.</i>            Evaporator: <i>air cooled type, copper pipe with fin, equipped with fan.</i>            Transparent cooler chamber.            Liquid receiver and accumulator suitable with the system.            Two different type expansion device.            Equipped with hand valve, filter dryer, sight glass, charging valve.            Instrumentation: volt meter, amperemeter, digital thermometer, pressure gauge.</p>	5 set/ ruang praktik		4	Mahir


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
2	General Refrigeration Training	<p>Controller: High-low Pressure switch, thermostat. Minimum 5 experiment topics. User manual.</p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar dan prinsip kerja pada sistem pendingin umum.</p> <p>Spesifikasi: Compressor: min. 1/4 HP, single-phase 220V. Condenser and Evaporator: Aircooled type, Copper tube with fin, Equipped with fan. Liquid receiver Accumulator Min. 2 Different type of Expansion Device High and Low Pressure Gauge High and Low Pressure Switch Digital Thermometer with min. 2 sensors. Digital voltmeter and Amperemeter</p>	5 set/ ruang praktik		4	Mahir


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
3	Domestic Refrigerator Two Doors	<p>Filter Dryer, Sight glass, Stop valve, Charging valve. Minimum 5 experiment topic. User manual.</p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar dan prinsip kerja pada sistem pendingin domestik 2 pintu.</p> <p>Spesifikasi:  Air cooling system.  Power input: 220 V, 50 Hz, single phase.  Refrigerator piping schematic.  Electrical wiring connection diagram panel with test point for measure and troubleshoot.  Cabin capacity: min 160 L.  Set of instrumentation: volt meter, ampere meter, pressure gauge, digital thermometer.  Safety device: MCB, ELVB, emergency switch, key switch.  Mounted on steel structure on wheels, powder coating painted.  Minimum 5 experiment topics. User manual.</p>	5 set/ ruang praktik		2	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
4	Home Air Conditioning Trainer	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar dan prinsip kerja pada sistem pendingin udara rumahan.</p> <p>Spesifikasi:  <i>Compressor capacity: min. 1HP.  Input power: 220V 50Hz single phase.  Evaporator and condensor made of copper tube and aluminum fins fitted, equipped with fan.  High and low pressure gauge.  Ampere voltage meter.  Refrigerant: environmentally friendly refrigerant.  Expansion device: capillary tube compatible capacity.  Digital thermometer with minimum 2 sensor.  Fault simulation to simulate common fault in home air conditioning.  Minimum 5 experiment topics. User manual.</i></p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil




No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
5	<i>General Air Conditioning Trainer</i>	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar dan prinsip kerja pada sistem pendingin udara umum.</p> <p>Spesifikasi:</p> <p><i>Compressor: type hermetic</i></p> <p><i>Capacity: min. ½ HP</i></p> <p><i>Power input: 220V, 50Hz, single phase</i></p> <p><i>Condenser: air cooled type with fan</i></p> <p><i>Evaporator: air cooled type, copper pipe with fin, equipped with fan.</i></p> <p><i>Transparent chamber with damper</i></p> <p><i>Transparent duct for air circulating</i></p> <p><i>Supply fan with variable speed control</i></p> <p><i>liquid receiver and accumulator suitable with the system</i></p> <p><i>Two different type expansion devices.</i></p> <p><i>Equipped with hand valve, filter dryer, sight glass, charging valve</i></p> <p><i>Instrumentation: volt meter, ampere meter, digital thermometer, pressure gauge</i></p> <p><i>Controller: High-low Pressure switch, thermostat.</i></p> <p><i>Minimum 5 experiment topics. User manual.</i></p>	5 set/ ruang praktik		4	Mahir

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
6	Domestic Air Conditioner Trainer with Inverter	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar dan prinsip kerja pada sistem pendingin udara domestik.</p> <p><i>Training Program:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Plant starting and safety devices intervention checking</i></li> <li><i>Studying the operation of a split-type air conditioner inverter</i></li> <li><i>Operation in cooling, Dehumidification and Heating modes</i></li> <li><i>On/off control: analysis of the variations of compressor r.p.m versus the thermal jump between set and detected temperatures</i></li> <li><i>Examining the system behavior versus the variations of: Operating mode, Evaporator flow rate, Set-point temperature</i></li> <li><i>Plotting the refrigeration cycle on refrigerant pressure-enthalpy diagram.</i></li> </ul>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p><i>Data acquisition and calculation of: Heat balances corresponding to evaporator, condenser, compressor Refrigerant mass flow Volumetric compressor efficiency Heat balances on air side Supplied with: General air-conditioner manual Experimental hand book Supply software which can monitor voltage, current, frequency, power, power factor, pressure, flow, etc, it can be displayed on PC in real time, and can be printed.</i></p>				
7	Refrigerator Repair and Training Equipment (Air Cooling)	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan perbaikan dan pemeliharaan sistem pendingin (air cooling) Spesifikasi: Input voltage : 220V AC, 50Hz; Rated power : ≤1.0 KW The operation panels is divided into 3 panels:</p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
8	Trainer for Study of A Commercial Multiple Evap orator Refrigerator	<p>1. Refrigerators refrigeration schematics panel;</p> <p>2. Control panel wiring connection diagram panel;</p> <p>3. Fault setting panel</p> <p>Training contents:            Compressor fault simulation            Starting fault simulation            Overload protection and temperature control fault simulation            Door light fault simulation            Defrost relay fault simulation.</p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan mempelajari sistem operasi mesin pendingin dengan multi evaporator.</p> <p>Spesifikasi:            Compressor: type Hermetic.            Capacity: min. 1/2 HP.            Condensor: copper pipe with fin, equipped with fan.            Min. 2 Evaporators: copper pipe with fin, equipped with fan and condensate water reservoir.</p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
9	Industrial Refrigeration Training	<p>Thermostatic expansion device.  Set of Instrumentation: voltmeter, ampere meter, thermometer, pressure gauge.  Set of Controller: Thermostat, Highlow Pressure switch.  Safety Device: MCB, ELCB, Emergency Switch.  Equipped with hand valve, filter dryer, sight glass, solenoid valve, liquid receiver, Pipes connecting various component painted with different colour.  Minimum 5 experiment topics. User manual.</p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studying the operation of an evaporating pressure controller and its calibration</li> <li>- On-off control: Refrigerated room thermostat</li> <li>- Correlation between evaporation temperature, room temperature and relative humidity in positive temperature rooms</li> <li>- Analyzing the system behavior versus the variation of: Thermostatic valve superheats Condenser air flow Evaporating pressure controller working point</li> <li>- Using the refrigerant pressure enthalpy diagram as work and diagnosis tool: plotting the refrigeration cycle</li> <li>- Data acquisition and calculation of: Heat Balances corresponding to evaporator, condenser, compressor,</li> </ul>				

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>Refrigerant mass flow,  Volumetric compression  Efficiency and its trend versus  compression ratio  Condenser exchange  surface  Heat transfer coefficient  Between air and  Refrigerant in the condenser,  Heat losses through  the room walls.  Supplied with:  General refrigeration  manual,  Experimental handbook  Supply software which  can monitor voltage,  current, frequency,  power, power factor,  pressure, flow, etc, it can  be displayed on PC in real  time, and can be printed.</p>				

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
10	Ice Maker Trainer	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan perencanaan dan pembuatan mesin es.</p> <p>Hermetic compressor.</p> <p>Air cooled condensor with fan.</p> <p>Expansion device: capillary tube.</p> <p>Evaporator with ice mold.</p> <p>Water circulating pump.</p> <p>Equipped with hand valve, solenoid valve, sight glass, filter dryer, charging valve.</p> <p>Set of instrument consist of: high-low pressure gauge, digital panel meter, digital thermometer.</p> <p>Safety device: ELCB, MCB, Emergency switch, key switch.</p> <p>Automatic controller for ice making process.</p> <p>Pipes connecting voroius component painted with different color.</p> <p>Mounted on Steel structure on wheels, painted and treated in the oven.</p> <p>Minimum 10 experiment topics. Supply User Manual.</p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil




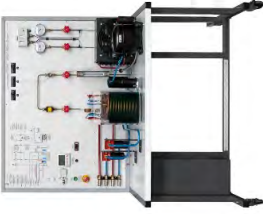
No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
11	<p><i>Trainer for The Study of The Open Type Compressor</i></p>	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan tentang jenis-jenis kompresor terbuka yang diterapkan pada peralatan pendingin.</p> <p><i>Training Program:</i></p> <p><i>Plant starting and verification of the intervention of the safety devices, Analysis of the system behavior depending</i></p> <p><i>On compressor rpm, Expansion device, Air flow at the evaporators And or condenser, Study of the open type Compressors, Evaluation of the power of a compressor, Drawing the cycle in the pressure enthalpy diagram of the refrigerant gas</i></p> <p><i>Data collection and calculation of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Thermal balance at the evaporators at the condenser at the compressor</i></li> </ul>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
12	Trainer for Refrigeration Plants Electric Components and Faults	<p>- Refrigerant gas mass flow            - Compressor volumetric efficiency.            Supplied with:            General refrigeration manual            Experimental handbook            Supply software which can monitor voltage, current, frequency, power, power factor, pressure, flow, etc, it can be displayed on PC in real time, and can be printed.</p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan menganalisis karakteristik dan komponen listrik sistem pendingin.            Training Program:            This unit enables to develop and analyze the following subjects;            Faults on compressor valves            Faults in oil separator            Faults due to excess of refrigerant            Faults due to lack of refrigerant            Refrigerant prevented from reaching the evaporator            Expansion valve broken</p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>Dehydrator clogged            Too high condensation pressure            Too high suction pressure            Too low suction pressure            Motor phase cutoff            Both motor phases cutoff            Refrigeration thermostat faulty            Freezing thermostat faulty            Start capacitor faulty            Assembling disassembling and connecting each component            Components quality control.            Supplied with:            General refrigeration manual            Experimental handbook            Supply software which can monitor voltage, current, frequency, power, power factor, pressure, flow, etc, it can be displayed on PC in real time, and can be printed.</p>				

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
13	Deep Freezing Trainer	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar, prinsip kerja dan pemeliharaan pada sistem pendingin Deep freezing.</p> <p><i>Training Program:</i>  <i>Studying the operation of an ice deep freezer</i>  <i>Analyzing the system behavior versus the variation of the temperature of feeding water and of ambient temperature</i>  <i>Using the refrigerant pressure-enthalpy diagram for work and diagnosis plotting the refrigeration cycle</i>  <i>Data acquisition and Calculation of:</i>  <i>Heat balances corresponding To evaporator, condenser, compressor</i>  <i>Refrigerant mass flow</i>  <i>Volumetric compression efficiency.</i></p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
14	Trainer For The Study of A Chiller	<p>Supplied with:            General freezer manual            Supply software which can monitor voltage, current, frequency, power, power factor, pressure, flow, etc, it can be displayed on PC in real time and can be printed.</p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar, prinsip kerja dan pemeliharaan pada sistem pendingin Chiller.</p> <p>Spesifikasi:            Compressor: type Hermetic.            Condensor: copper tube with fan, equipped with fan.            Evaporator: shell and tube exchanger.            Thermostatic expansion device.            Air handling unit (AHU) equipped with fan and variable speed control.            Water pump and water flow meter.            Set of instrumentation: voltmeter, ampere meter, digital thermometer,</p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
15	Compressed Air Dehumidification Trainer	<p>high-low pressure gauge.  Set of controller: thermostat, high-low pressure switch.  Equipped with hand valve, filter dryer, sight glass, charging valve.  Safety device: MCB, ELCB, Emergency switch.  Minimum 10 experiment topics. Supply User Manual.</p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan identifikasi struktur dasar, prinsip kerja dan pemeliharaan pada sistem pendingin Dehumidifier.  Training Program:  Plant starting and safety devices  intervention checking  Analyzing the system  As the set-point of thermostat varies  As the air flow to the condenser varies  Plotting the cycle on pressure-enthalpy diagram of refrigerant</p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p><i>Data acquisition and Calculation of: Heat balances corresponding to evaporator, condenser, compressor Refrigerant mass flow Volumetric compressor efficiency Analyzing the Thermodynamic characteristics of compressed air with determination of dew point and of its water Content Specific examination of The characteristics Of compressed air after Crossing the filters and The refrigerant circuit. Technical data: Input power: 220V±10%, 50Hz Operating condition: Environment temperature 10 30 , relative humidity 75% (25 )</i></p>				


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
16	Recirculating Air Conditioning Trainer With Data Acquisition	<p>Supplied with: <i>Experimental handbook</i>  <i>Product instruction manual</i>  <i>Supply software which can monitor voltage, current, frequency, power, power factor, pressure, flow, etc, it can be displayed on PC in real time, and can be printed.</i></p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan karakteristik sirkulasi udara pada sistem pendingin AC.  <i>The system is mounted on a movable bench with all refrigeration components clearly visible and controls are within easy access.</i>  <i>Supply air is moved through an air ventilation</i>  <i>Ducting's material: polypropylene (PP) covered with acrylic panels (plexiglass)</i>  <i>All materials are corrosion resistant</i>  - fasteners are stainless steel  - industrial fan with plastic housing  - humidification tank is made from stainless steel</p>	5 set/ ruang praktik		3	Terampil





No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
17	Refrigerant Leak Detector	<p>Colored display monitoring points and syste electrical circuit for easy reference.</p> <p>Refrigeration lines are color coded to indicate the state of the refrigerant.</p> <p>Control panel instrumentat:  Line Voltage  Ampere (Total Current)  Watt meter, Temperature and Humidity display panel meters.</p> <p>The unit comes with instruction manual and student job sheets.</p>	9 set/ ruang praktik		3	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
18	Air Conditioner Skill Trainer	<p>Warm up time: Less than 30s            Response time: Less than 10s            Display: Seven and dual-color LED indication; Red indicates refrigerant leakage amount; Blue indicates the sensitivity level            Alarm: The shorter of the buzzer alarm interval, the higher of leakage density; The more of the lighted red LED, the higher density of leakage            Power supply: 3.7V Li 2200mAh, Standby time: More than 4h.</p> <p>Air conditioner skill trainer ini terdiri dari tipikal komponen dalam unit Air Conditioning seperti hermetic compressor kondensator, dryer, thermo expansion valve, blower dan sebagainya. Panel kontrol terdiri dari fan speed control di rancang untuk belajar keterampilan wiring, pemipaan, pengisian.            Topik pembelajaran :            • Tube Cutters dan Reamers            • Bending Tools dan Tube Bending</p>	1 set/ ruang praktik		3	Terampil

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Swaging Tools dan Swage Joints</i></li> <li>• <i>Electrical Connections</i></li> <li>• <i>Assemble Conduit</i></li> <li>• <i>Assemble Tubing</i></li> <li>• <i>Test Skills Trainer for Leaks</i></li> <li>• <i>Evacuate, Charge and Troubleshoot the Skills Trainer</i></li> <li>• <i>Disassemble the Skills Trainer</i></li> </ul> <p><i>Konfigurasi minimal:</i>  1 hermetic condensing unit (hermetic compressor, forced-air condenser, liquid receiver)  1 Unit filter dryer,  1 Unit moisture/liquid indicator,  1 Unit strainer,  1 Unit capillary controller,  1 Unit forced air evaporator,  1 Unit blower,  1 Unit temperature controller,  1 Unit low-pressure controller  1 Unit air ducts  1 Set control panel includes  - Buku Petunjuk Penggunaan.</p>				

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
19	<i>Dual Temperature Skill Trainer</i>	<p>Dual temperatur <i>skill trainer</i> ini identik dengan sistem pendinginan 2 tahap yang dapat ditemukan di kulkas 2 pintu atau refrigerasi dua kompartemen. Dimana satu kompartemen berfungsi sebagai <i>freezer</i> dan kompartemen lainnya berfungsi sebagai pendingin temperatur konstan.</p> <p>Topik pembelajaran :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Tube Cutters dan Reamers</i></li> <li>• <i>Bending Tools dan Tube Bending</i></li> <li>• <i>Swaging Tools dan Swage Joints</i></li> <li>• <i>Electrical Connections</i></li> <li>• <i>Assemble Conduit</i></li> <li>• <i>Assemble Tubing</i></li> <li>• <i>Test Skills Trainer for Leaks</i></li> <li>• <i>Evacuate, Charge and Troubleshoot the Skills Trainer</i></li> <li>• <i>Disassemble the Skills Trainer</i></li> </ul> <p>Konfigurasi minimal:            1 Unit mobile rack with main control panel            1 Set Control panel, 1 Unit two-stage cooling system, including a hermetic</p>	1 set/ ruang praktik		3	Terampil

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
20	Refrigeration Training System with Fault System	<p><i>condensing unit, 2 Unit forced-air evaporators, 2 Unit adjustable thermostatic expansion valves, 1 Unit low-pressure controller, 1 Unit thermostat-controlled, 1 Unit solenoid, 1 Unit filter dryer, 1 Unit moisture/liquid indicator</i></p> <p>-Buku Petunjuk Penggunaan</p> <p>Karakteristik gedung modern adalah pada penerangan dan sistem tata udara yang pintar. Hal ini membuat sistem otomasi di gedung beserta sistem komunikasi nya menjadi sangat penting untuk dipelajari. Sistem KNX sudah menjadi standar yang digunakan oleh produsen komponen listrik terkini.</p> <p>Minimal Konfigurasi:  <i>Input voltage: 1 AC/230 V AC 50 Hz, short circuit and overload protection, Phase display, Output for the connection of additional KNX/EIB</i></p> <p>yang setara dengan <i>Edu Trainer modules, Output voltage: 1 AC/230 V</i></p>	1 set/ ruang praktik		3	Terampil

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
21	Refrigerator Repair and Training Equipment (Direct Cooling)	<p>AC, Integrated power supply unit 30 VDC 0.16 A, USB interface, 4/4-fold switching output/binary input, 2-fold louvre actuator, 2-fold dimming actuator, 4-fold universal binary I/O, 4-fold multi-function pushbutton sensor with 8 pushbuttons, 2-fold multi-function pushbutton sensor with 4 pushbuttons, room temperature controller including setpoint and actual value input and display, Integrated simulation panel with 14 colour LEDs, some dimmable, KNX system connector for bus connection, Connection via 4 mm and 2 mm safety connection, Front plate: 399 x 297 mm, Control console housing with rubber feet for use in A4 frame</p> <p>Buku panduan penggunaan.</p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan perbaikan dan pemeliharaan sistem pendingin (direct cooling).</p>	5 Set/ ruang praktik		3	Terampil

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
22	Refrigeration Training System with Fault System	<p>Spesifikasi:  Input voltage: 220V//AC, 50 Hz; Rated power: ≤1.0 KW  Configuration: Double door refrigerator, Refrigerator shelf, Digital multimeter, Training guide book,  Training contents:  Starting fault simulation,  Overload protection and temperature control fault simulation, Door lights fault simulation, Defrost relay fault simulation</p> <p>Untuk pembelajaran bidang refrigerasi dengan menunjukkan cara kerja sistem pendingin menggunakan komponen industri. Instrumentasi dan proses kontrol komponen juga diintegrasikan, seperti electrical control panel. Instruktur bisa menggunakan kesalahan masukan untuk mengajar troubleshooting.</p> <p>Minimum konfigurasi:  Power Requirements 3 A single phase,  Compressor Capacity 186 W (0.25 hp)  Type Hermetic, thermally protected,</p>	1 Set/ ruang praktik		3	Terampil


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>Refrigerant R134a, nominal charge of 1.09 kg (2.4 lb). The help of a refrigeration technician is required to fill the training system with refrigerant</p> <p>Operating Pressures (Typical), Lowest 1.4 barg (20 psig), Highest 7.6 barg (110 psig), Evaporator type Forced-air coil with variable-speed fan enclosed in a cooling chamber, Power Requirement 0.35 A</p> <p>Deskripsi dan Spesifikasi</p> <p>Ilustrasi Alat:</p> <p>Condenser type Forced-air coil with variable-speed fan, power requirement 0.2 A</p> <p>Safety Devices High-pressure controller with manual-reset breaker</p> <p>Control Devices One thermostatic expansion valve, two capillary tubes of differing lengths Low-pressure electronic pressure controller with LCD display, cut-in/out pressures (typical): 2.1 barg (30 psig) and 0.7 barg (10 psig), respectively</p> <p>Remote-bulb temperature controller with adjustable differential,</p>				





No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>setpoint (typical): 5°C (41°F), Solenoid valve  Instrumentation High- and low-pressure gauges  Auxiliary Equipment Liquid receiver, suction accumulator, filter/drier, manual valves, heat load (two light bulbs)  Sensors:  Thermocouples Seven, "J" type  Pressure Transducers Two 0-690 kPa (0-100 psi), one 0-1034 kPa (0-150 psi)  AC Voltage/Current Signal Conditioners (Isolated) One 0-5 A AC / One 0-150 V AC  Fault Insertion Using six toggle switches accessible behind a lockable hinged panel  Buku Petunjuk Penggunaan</p>				

## E. DAFTAR PERALATAN PRAKTIK PADA LABORATORIUM DASAR TEKNIK ELEKTRONIKA PENDINGIN

Tabel 9. Daftar peralatan praktik pada laboratorium dasar teknik elektronika pendingin

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
1	<i>Electrical Installation in Refrigeration Systems</i>	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan instalasi tenaga listrik pada sistem pendingin kulkas.</p> <p><i>Learning objectives/experiment:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Read, understand, wire and test electric circuit diagrams</li> <li>- Design and operation of electrical components from refrigeration: Start up capacitor, Operating capacitor, Start up relay, Time relay</li> <li>Timer, Circuit breaker, Start up current limiter, Contractors, Pressure switch, Thermostat, Solenoid valve</li> <li>- Design and testing of a safety chain</li> <li>- Star/delta connection</li> <li>- Change of direction of rotation in an alternating current circuit</li> <li>- Safety aspects when handling mains voltage</li> </ul>	5 set/ ruang praktik		4	Mahir


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
2	<p><i>Electrical Faults in Simple Air Conditioning System</i></p>	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan mengidentifikasi kesalahan instalasi listrik pada sistem pendingin AC.</p> <p><i>Learning objectives/experiment:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Electrical design and principle of operation of simple air conditioning systems</i></li> <li>- <i>Read and understand electrical circuit diagrams</i></li> <li>- <i>Design and operation of electrical components in an air conditioning system</i></li> </ul> <p><i>Start up relay, Overheat protection, Main contractor, Automatic fuse, On/off switch</i></p> <p><i>Speed switch, Thermostat</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Fault finding in electrical components</i></li> </ul> <p><i>In idle state</i></p> <p><i>Under mains voltage</i></p> <p><i>Specification:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Experimental unit from the practical series for the training of mechatronics engineers for refrigeration</i></li> </ol>	5 set/ ruang praktik		4	Mahir

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>2. Simulation of the electrical circuit of a simple air conditioning system for cooling</p> <p>3. Real control circuits with electrical and fan</p> <p>5. Temperature control with thermostat and compressor</p> <p>6. Fan with 2 adjustable speeds</p> <p>7. Operating state of the simulated components indicated via lamps in the circuit diagram</p> <p>8. Circuit diagram depicted on the front panel</p> <p>9. Identification of 15 faults: multimeter measures voltages or resistances at the lab jacks components, simulates load circuits</p> <p>10. Electrical simulation of compressor</p>				
3	Electrical Connection of Refrigeration Compressor	<p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan/percobaan mengetahui karakteristik komponen listrik pada kompresor.</p> <p>Learning objectives/experiment: - Read, understand, wire and test electric circuit diagrams for refrigerant compressors</p>	5 set/ ruang praktik		4	Mahir


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Design and operation of electrical components of refrigerant compressors</li> <li>Start-up relay</li> <li>Start-up capacitor</li> <li>Overheat protection</li> <li>Automatic fuse</li> <li>Pressure switch</li> <li>Thermostat</li> <li>- Design and testing of a safety chain</li> <li>- Representation methods in electrical engineering</li> <li>Symbols</li> <li>Circuit diagram</li> <li>- Safety aspects when handling mains voltage</li> </ul>				

## F. DAFTAR PERALATAN PRAKTIK PADA AREA KERJA MEKANIK TEKNIK ELEKTRO

Tabel 10. Daftar peralatan praktik pada area kerja mekanik teknik elektro


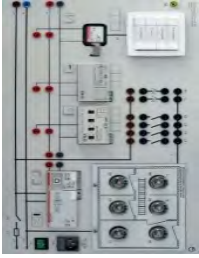
No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
1	Multi Function Measuring Instrument System	Digunakan untuk menyediakan instrumen-instrumen alat ukur komponen elektrik dan elektronik. Spesifikasi: 2 channel DC power supply: 2 x 0 - 25V, 1A Signal pulse generator: 1CH, 1Hz - 200KHz Frequency counter range: 0 - 1MHz Digital multimeter: DC and AC current, DC and AC voltage, Resistance Pulse generator range: 1Hz, 10Hz, 100KHz Analog meter: voltage and current measurement Programmable resistor: 1-15 K.Ohm 10-150 K.Ohm, 100 K.Ohm-1 M.Ohm Programmable capacitor: 100pF-1mF	9 set/ ruang praktik		3	Terampil

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
2	Motor and Transformer Maintenance and Test Training System	<p>Logic switch: 8 Lock SW (bounceless output)            Variable resistor: 10 Ohm-10 K.Ohm, 10 Ohm-100K.Ohm            Control switch: slide, toggle, push            Hi/Lo pulse: 200ms cycle            Push switch: NO/NC push switch, Min. touch LCD size: 7"</p> <p>Digunakan untuk pembelajaran mengenai motor listrik dan transformator, antara lain : melepas lilitan motor, menggulung ulang, merakit, analisa data, dan keterampilan lain mengenai transformator 1PH, motor induksi 1PH, motor induksi 3PH, dan sebagainya.            Spesifikasi:            Input power: three-phase, 380V±10% 50Hz/60Hz            Output power: AC380V ± 10% 50Hz, AC220V ± 10% 50Hz            Security: leakage protection (action current ≤ 30mA), overcurrent protection, fuse protection.</p>	5 set/ ruang praktik		4	Mahir


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
3	Aplikasi Sensor Suhu, Aliran, Tekanan dan Level	<p><i>Part list:</i>            3PH AC adjustable power supply, DC power supply,            DC measurement instrument, AC measurement instrument and digital multi-function wattmeter, Motor power supply and test instrument,            Motor inserting tools,            Manual digital winding counter. Manual book, Experiment module.</p> <p>Digunakan untuk Sistem proses kontrol yang dapat dioperasikan secara terpisah. Menggunakan pengontrol yang sesuai, sistem level, dan laju aliran yang dapat diatur sebagai sistem kontrol kaskade. Desain sensor dan katup actuator memungkinkan sebagai pengontrol kontinu dan pengontrol on-off.</p>	1 set/ ruang praktik		4	Mahir




No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>Minimal Konfigurasi:  Komponen mekanik  - 2 unit tanks, Pressure reservoir, stainless steel, Plug-in piping system, On-off valve with filter / regulator, Mounting frame, Aluminium profile plate  Sensor  - 1 Unit Ultrasonic sensor, 1 Unit Flow sensor, 1 Unit Pressure sensor, 1 Unit PT100 temperature sensor  Aktuator  - Pump, Proportional control valve, Two-way ball valve with a pneumatic swivel drive and end position sensing, Heater  Electrical components  - 1 Unit Power supply unit, 1 Set I/O connection board with measuring transducer, 1 Set Motor controller, 1 Set Digital I/O-Terminal, Set Analogue I/O-Terminal  - Buku Pentunjuk Penggunaan</p>				


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
4	Instalasi Tenaga Listrik dengan Panel	<p>Untuk <i>Industrial wiring training system</i> merupakan alat training yang didesain khusus untuk mengajarkan peserta bombing tentang sistem kelistrikan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Enclosures and conduits</i></li> <li>- <i>Distribusi daya listrik</i></li> <li>- <i>Electrical Wiring</i></li> </ul> <p>Konfigurasi minimal:  <i>1 Set Mobile Workstation with Three Phase Power Bus</i>  <i>1 Set Enclosures and Conduits</i>            -Buku Petunjuk Penggunaan.</p>	1 set/ ruang praktik		4	Mahir
5	KNX/EIB Compact Trainer	<p>Bangunan modern dicirikan oleh pencahayaan yang cerdas dan solusi pendingin ruangan. Membangun sistem otomatisasi dan sistem bus memainkan peran penting di sini. Papan kompak KNX/EIB yang setara dengan EduTrainer digunakan untuk menjelaskan penggunaan teknologi ini.</p>	1 set/ ruang praktik		4	Mahir

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>Konfigurasi minimal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Input voltage: 1 AC/230 V AC (50 Hz), short circuit and overload protection</i></li> <li>- <i>Phase display</i></li> <li>- <i>Output for the connection of additional KNX/EIB yang setara dengan EduTrainer® modules</i></li> <li>- <i>Output voltage: 1 AC/230 V AC</i></li> <li>- <i>Integrated power supply unit 30 V DC 0.16 A</i></li> <li>- <i>USB interface</i></li> <li>- <i>4/4-fold switching output/binary input</i></li> <li>- <i>2-fold louvre actuator</i></li> <li>- <i>2-fold dimming actuator</i></li> <li>- <i>4-fold universal binary I/O</i></li> <li>- <i>4-fold multi-function push button sensor with 8 pushbuttons</i></li> <li>- <i>2-fold multi-function pushbutton sensor with 4 pushbuttons, room temperature controller including setpoint and actual value input and display</i></li> <li>- <i>Integrated simulation panel with 14 colour LEDs, some dimmable</i></li> </ul>				

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
6	Residential and Building Intelligent Control System	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KNX system connector for bus connection</li> <li>- Connection via 4 mm and 2 mm safety connectors</li> <li>- Front plate: 399 x 297 mm</li> <li>- Control console housing with rubber feet for use in A4 frame or on tabletop</li> <li>- Buku Petunjuk Penggunaan.</li> </ul> <p>Karakteristik gedung modern adalah pada penerangan dan sistem tata udara yang pintar. Hal ini membuat sistem otomasi di gedung beserta sistem komunikasinya menjadi sangat penting untuk dipelajari. Sistem KNX sudah menjadi standar yang digunakan oleh produsen komponen listrik terkini.</p> <p>Minimal Konfigurasi:  Input voltage: 1 AC/230 V AC 50 Hz,  short circuit and overload protection,  Phase display, Output for the connection of additional KNX/EIB yang setara dengan EduTrainer modules, Output voltage: 1 AC/230 V</p>	1 set/ ruang praktik		4	Mahir


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>AC, Integrated power supply unit 30 V DC 0.16 A, USB interface, 4/4-fold switching output/binary input, 2-fold louvre actuator, 2-fold dimming actuator, 4-fold universal binary I/O, 4-fold multi-function pushbutton sensor with 8 pushbuttons, 2-fold multi-function pushbutton sensor with 4 pushbuttons, room temperature controller including setpoint and actual value input and display, Integrated simulation panel with 14 colour LEDs, some dimmable, KNX system connector for bus connection, Connection via 4 mm and 2 mm safety connection, Front plate: 399 x297 mm, Control console housing with rubber feet for use in A4 frame, Buku panduan penggunaan.</p>				

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
7	<i>Industrial Motor and Transformer Training System</i>	<p>Untuk pembelajaran teori serta teknik kendali motor listrik. Pemasangan komponen serta rangkaian kendali pada meja kerja yang dilengkapi dengan <i>fault inserted</i>, dimana troubleshooting dapat dilakukan oleh instruktur.</p> <p>Konfigurasi minimal:  1 set <i>Industrial Controls Mobile Workstation</i>, 2 set <i>Push Buttons</i>, 1 unit <i>Selector Switches</i>, 1 set <i>Emergency Button</i>, 2 set <i>Pilot Lights</i>,  1 set <i>Dual Contactors</i>, 1 set <i>Lockout Module</i>, 1 set <i>Three-Phase Manual Starter</i>, 1 set <i>Contactor</i>, 1 unit <i>Control Relay</i>, 1 unit <i>Overload Relay</i>, 1 unit <i>Time Delay Relay</i>, 1 set <i>Three-Pole Fuse Holder</i>, 1 set <i>Control Transformer</i>, 1 unit <i>Cam Switch</i>, 1 set <i>Inertia Wheel</i>, 1 set <i>Starting Resistors</i>, 1 set <i>Brake Motor</i>, 1 set <i>Soft Starter</i>, 1 set <i>AC Power Supply (double-sided)</i>, 1 set <i>Connection Lead and Accessory Set</i>, 1 set <i>Fuses</i>, 1 set <i>Power Diodes</i>, 1 set <i>DC Motor</i>, 1 set <i>AC Drive</i>, 1 set <i>DC Drive</i>, 1 Buku Manual.</p>	1 set/ ruang praktik		4	Mahir

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
8	Motor 3 Phase dan Kontaktor	<p>Untuk pembelajaran prinsip kerja motor listrik 3 phase dan kendalinya dengan rangkaian relay dan kontaktor listrik. Konfigurasi minimum:</p> <p><i>1 unit 3 phase power supply, Input voltage: 3 x 400 V AC (50 Hz), Output socket location standardised, Output voltage: 3 x 400 V AC, Current carrying capacity: max 16 A, RCCB, type B, 30 mA, Motor protection switch, Emergency off switch, allpole, Key switch, LED phase indicator, Connecting cable with CEE plug, 1 set industrial switching devices, 1 unit Board with switches, pushbuttons and indicator lights, 1 unit Three-phase current asynchronous motor 400/690 V, Buku Manual penggunaan.</i></p>	1 set/ ruang praktik		4	Mahir


## G. DAFTAR PERALATAN PRAKTIK PADA LABORATORIUM DASAR TEKNIK ELEKTRO

Tabel 11. Daftar peralatan praktik pada laboratorium dasar teknik elektro


No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
1	<i>Electricity Fundamental Training System</i>	Digunakan untuk praktik pengenalan dasar kelistrikan juga mempelajari komponen kelistrikan dimana siswa membuat rangkaian listrik, pengukuran serta penghitungan parameter kelistrikan dan <i>troubleshooting</i> . Minimal konfigurasi : 1 unit <i>Workstation</i> terbuat dari plat besi dan dirancang untuk diletakkan di atas meja 1 <i>Power Supply approx.12 A, 220 V 50 Hz, two-pole, current limiting, thermal magnetic, 1 set Switches isi berupa 2 double-pole single-throw (DPST) toggle switches, dan 1 double-pole single-throw (DPDT) toggle switch, 1 set Indicator Lights,</i> berisi 3 lampu low voltage ( 2 hijau dan 1 merah ) dan 3 lampu high volatge ( 2 hijau dan 1 merah ), 1	1 set/ ruang praktik		4	Mahir




No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
		<p>Set Resistors berisi satu seri resistor dengan rating yang berbeda : 2 low resistance approx. <math>50\ \Omega - 25\ W - \pm 5\%</math>, 1 medium-resistance approx. <math>250\ \Omega - 7\ W - \pm 5\%</math>, 2 high resistance approx. <math>500\ \Omega - 3\ W - \pm 5\%</math>, 1 Set Printed Circuit Board, Upper Section, 3 resistors and slide switch circuit, Middle Section, Kirhhoff's voltage and current laws exploration</p> <p>Lower Section, Diodes, LEDs, and rectifiers, 1 Set Capacitors / Inductor, Run Capacitor, Bleeder Resistor, Inductor, Start Capacitor, 1 set Contactors, Low-Voltage Contactor, Contact Number and Types 2 normally open, Contact Ratings, Coil Ratings, High-Voltage Contactor Contact Number and Types 2, normally open, Contact Ratings, Auxiliary Contactor, Contact Number and Types 1 normally, open, 1 normally closed, 1 set Push Buttons,</p>				

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
2	Programmable Logic Controller Training Set	<p>1 hijau, 1 unit Control Transformer Ratings approx. 75 VA 50/60 Hz, Primary Terminals, Secondary Terminals 0 V and 24 V, 1 set Relays, berisi 2 relay, kontak approx. 250 V, coil 24 V, 1 unit Residential Bimetallic Thermostat, Temperature-Sensing Element: Coil-wounded Bimetallic strip, 1 set Circuit Breaker, Circuit Breaker, Type Thermal-magnetic Push-Button Switch, Type Normally open, Ratings approx. 220-240 V</p> <p>Buku Petunjuk Penggunaan</p> <p>Digunakan sebagai perangkat untuk pelatihan penggunaan Programmable Logic Control (PLC)  Input power: 1 Phase AC 220V±10% or 3 Phase AC 380V±10% 50Hz/60Hz  Part list:  Workbench, Power box, PLC module,</p>	5 set/ ruang praktik		4	Mahir

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
3	Basic Electronic Trainer	<p>Motor control module, Mail sorting module, Traffic lights module, Robot control module, Automatic feed loading module, Processing center module, Sky tower light module,</p> <p>Rolling machine module, Intermediate relay module, Self-lock button module, Self-recovery button module,</p> <p>Instruction module, Power adapter module, Test line, CD, Download line. Manual book, experiment module.</p> <p>Untuk pemahaman mengenai topik DC, AC, power supply, digital logic, dan digital circuit.</p> <p>Minimal konfigurasi: 1 Base Unit with Built-In Power Supply contains a total of 32 circuit modification (CM) and fault switches, 5 sets circuit boards are supplied by the 15 V power supply via the base unit – masing-masing untuk topik DC, AC, power supply, digital logic, dan digital circuit.</p>	1 set/ ruang praktik		4	Mahir




No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
4	AC/DC Training System	<p>AC/DC Training System dirancang khusus untuk memperkenalkan siswa pada prinsip dasar sirkuit listrik, baik dalam arus searah (dc) dan arus bolak-balik (ac).</p> <p>Minimal konfigurasi :</p> <p>DC power source (protected), AC power source (protected), A selection of resistors, An inductor, parallel-connected to a Fluorescent light, Two capacitors, Transformer,</p> <p>A selection of switches: SPDT, DPDT, NO push button, NC push button, selector switch, knife, switch, DC relay, AC relay, A selection of indicator lights: green, yellow, red, Solenoid, Buzzer, Circuit breaker with test components, Fuse,</p> <p>Buku manual panduan.</p>	1 set/ ruang praktik		4	Mahir

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
5	Kelistrikan Dasar	<p>Untuk memahami Sistem Pelatihan Fundamental Listrik, bagian dari lini produk HVAC-R, adalah program lengkap yang dirancang untuk memperkenalkan siswa pada dasar-dasar kelistrikan.</p> <p>Konfigurasi minimal:  <i>Switches, Indicator Lights, Resistors, Printed Circuit Board, Capacitors/Inductor, Contactors, Push Buttons, Control Transformer, Relays, Residential Bimetallic Thermostat, Breaker, Disconnect Sw, Multimeter, Clampmeter, Test Lead Kit,</i>            Buku manual penggunaan.</p>	1 set/ ruang praktik		1	Dasar

## H. DAFTAR PERABOT DAN PERALATAN PRAKTIK PADA RUANG INSTRUKTUR DAN PENYIMPANAN

Tabel 12. Daftar perabot dan peralatan praktik pada ruang instruktur dan penyimpanan

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
1	Kursi Kerja	Ukuran memadai untuk duduk dengan nyaman dan tidak menyebabkan cedera atau nyeri. Spesifikasi: Dimensi min. L480 x W420 x H850 mm <i>Material:</i> <i>Seat and back of seat: durable foam laminated with oscar.</i> <i>Chair support: nylon</i> <i>Finishing nya menggunakan powder coating painting</i>	9 buah/ ruang instruktur		1	Dasar
2	Meja Kerja	Ukuran memadai untuk duduk dengan nyaman. Spesifikasi: Dimensi min. L1400 x W700 x H730 mm <i>Material:</i> <i>Sheet metal: min. 0,6 - 1.2 mm</i> <i>MDF: min. 25 mm</i> <i>Finishing: powder coating painting</i>	9 buah/ ruang instruktur		1	Dasar

No	Nama Alat	Deskripsi Alat dan Spesifikasi	Rasio Minimal	Ilustrasi Alat	Level Teknologi	Level Keterampilan
3	Lemari alat/ <i>tools cabinet</i>	Ukuran memadai untuk menyimpan peralatan. Tertutup dan dapat dikunci. Spesifikasi: Dimensi : 900x450x1800 mm	3 buah/ ruang praktik		1	Dasar
4	Lemari simpan	Untuk menyimpan perlengkapan organisasi	2 buah/ ruang instruktur		1	Dasar
5	Meja Alat	Ukuran memadai untuk menempatkan peralatan. Spesifikasi: Dimensi 31.5" x 16" x 31.5" (L x W x H). Weight capacity: 330 lbs	1 buah/ ruang praktik		1	Dasar





# BAB III PENUTUP

## A. KESIMPULAN

Untuk meningkatkan relevansi peralatan praktik di SMK kompetensi teknik pendinginan dan tata udara terhadap kebutuhan IDUKA maka diperlukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Penyediaan peralatan yang lebih modern yang mendukung untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas lulusan SMK di bidang teknik pendinginan dan tata udara sebagai salah satu industri prioritas mendukung industri teknologi rekayasa dan *Making Indonesia 4.0*.
2. Penyediaan peralatan yang mendukung pembelajaran yang fleksibel di rumah, sekolah dan industri baik secara sinkron maupun asinkron dengan mengoptimalkan teknologi.
3. Optimalisasi pemanfaatan peralatan untuk pembelajaran berbasis *project/teaching factory* guna menghasilkan produk yang dibutuhkan masyarakat sebagai media untuk mencapai kompetensi lulusan SMK.
4. *Reskilling* dan *upskilling* SDM untuk peningkatan profesionalisme berkelanjutan, pengoperasian dan pemeliharaan peralatan.
5. Penyediaan standar operasional prosedur pengelolaan, tata letak yang ergonomis laboratorium/bengkel, keselamatan dan kesehatan kerja (K3) serta budaya kerja industri.

## B. SARAN DAN REKOMENDASI

Untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di SMK dalam penyediaan peralatan harus mempertimbangkan aspek-aspek berikut.

1. Teknologi : peralatan harus memiliki relevansi dengan teknologi dan kinerja peralatan yang ada di industry dengan kapasitas produksi dan daya disesuaikan dengan kemampuan operasional di SMK.
2. Aspek pedagogi : penyediaan peralatan harus mempertimbangkan implementasi strategi dan model pembelajaran *teaching factory/industry*, pembelajaran berbasis proyek dan fasilitasi kegiatan kewirausahaan di SMK.
3. Peralatan harus dilengkapi alat pelindung diri dan peralatan K3 yang sesuai dengan jenis pekerjaan dalam penggunaan peralatan.
4. Aspek *space* (ruang) : kapasitas ruang praktik, tata letak peralatan dan penambahan luasan untuk mendukung fleksibilitas aktifitas pembelajaran formal dan informal baik secara daring maupun luring.
5. Aspek pembiayaan: pengembangan sarana dan prasarana perlu mempertimbangkan efisiensi dan efektivitas pembiayaan untuk pencapaian kinerja dan kompetensi lulusan.

# DAFTAR PUSTAKA

- Armfield. 2019. *Engineering Teaching & Research Equipment For Schools, Colleges and Universities*. [www.discoverarmfield.com](http://www.discoverarmfield.com). diakses tanggal 30 Agustus 2020.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-1735-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan dan Akses Lingkungan untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-1736-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Pasif untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-1745-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-1746-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan ke Luar untuk Penyelamatan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-3985-2000 tentang Tata Cara Perencanaan, Pemasangan dan Pengujian Sistem Deteksi Dan Alarm Kebakaran Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-3989-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Sprinkler Otomatik untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 03-6571-2001 tentang Sistem Pengendalian Asap Kebakaran pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengondisian Udara pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 03-7012-2004 tentang Sistem Manajemen

Asap Dalam Mal, Atrium, dan Ruang Bervolume Besar.

Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 03-6390-2011 tentang Konservasi Energi Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung.

Badan Standarisasi Nasional. 2015. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural

Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung.

Consortium of Local Education Authorities for the Provision of Science Services (CLE-APSS). 2009. *Designing and Planning Laboratories*. Consortium of Local Education Authorities for the Provision of Science Services: Brunel University London.

Departemen Pekerjaan Umum. 2000. Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum No. 10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan dan Lingkungan.

Department of Petroleum Engineering. 2003. *PETE 203: DRILLING ENGINEERING LABORATORY MANUAL*. King Fahd Of Petroleum & Minerals: Dhahran.

Elangovan, M., Thenarasu, M., Narayanan, S., & Shankar, P. S. 2018. *Design Of Flexible Spot Welding Cell For Body-In-White (BIW) Assembly*. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 6(2), 23-38.

Habib P. Mohamadian. 2019. *Adopt a Lab Campaign*. College of Engineering Southern University and A&M College: Baton Rouge.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2018. *Standar Nasional Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan*. <http://jdih.kemdikbud.go.id>. diakses tanggal 01 September 2020.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2020. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 11 Tahun 2020 Tentang Petunjuk Operasional Dana Alokasi Khusus Fisik Bidang Pendidikan Tahun 2020.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2006. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 29/PR-T/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.

Kementerian Negara Pekerjaan Umum. 2008. Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum No.26/PRT/M/2008 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan dan Lingkungan

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 22/PRT/M/2018 tentang Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara.

LKPP. 2020. Katalog Elektronik. <https://e-katalog.lkpp.go.id/>. diakses tanggal 31 Agustus 2020.

## VISUALISASI AREA KERJA RUANG PRAKTIK SISWA1

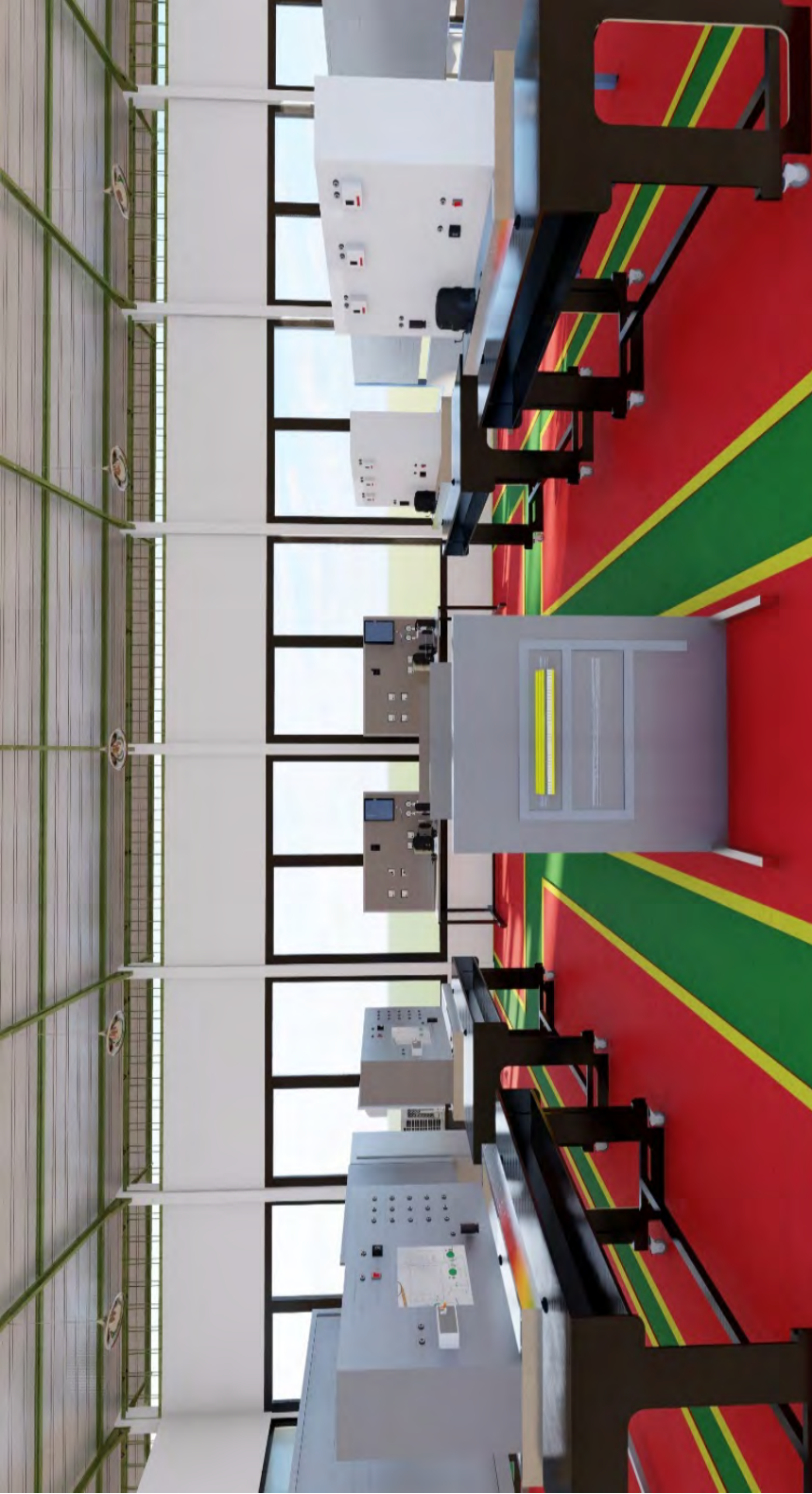


Gambar 26. Visualisasi area kerja mekanik teknik elektro

- 1 Gambar desain, denah dan *layout* yang dipaparkan disini adalah contoh yang dapat disesuaikan dengan kondisi yang ada dengan memperhatikan minimal luasan ruang, fungsi, kontur tanah, ergonomi dan K3.



Gambar 27. Visualisasi laboratorium dasar teknik elektro



Gambar 28. Visualisasi laboratorium dasar elektronika





Gambar 29. Visualisasi laboratorium pendingin dan tata udara

## 5S/5R DI RUANG PRAKTIK SMK

- 01 SEIRI/SORT/RINGKAS**  
Pilih barang yang diperlukan untuk bekerja dan singkirkan barang yang tidak diperlukan 
- 02 SEITON/SET IN ORDER/RAPI**  
Menyimpan barang di tempat kerja sesuai pada tempatnya, agar mudah didapatkan saat digunakan 
- 03 SEISO/SHINE/RESIK**  
Membersihkan tempat/lingkungan kerja, mesin/alat dari kotoran dan sampah 
- 04 SEIKETSU/STANDARDIZE/RAWAT**  
Mempertahankan **Ringkas**, **Rapi**, dan **Resik** dari waktu ke waktu 
- 05 SHITSUKE/SUSTAIN/RAJIN**  
Disiplin melakukan **Ringkas**, **Rapi**, **Resik** dan **Rawat** 

## LISA DARA APIK

Lihat sampah ambil - tidak rapi, rapikan 

Gambar 30. Budaya 5S/5R di ruang praktik SMK

PASTIKAN SISWI SMK SUDAH

# C.A.N.T.I.K



C

Cekatan dalam bekerja

A

APD digunakan dan anti kerja ceroboh

N

Niatkan bekerja dengan tulus

T

Terbiasa dengan budaya K3

I

Ikhlas dalam bekerja

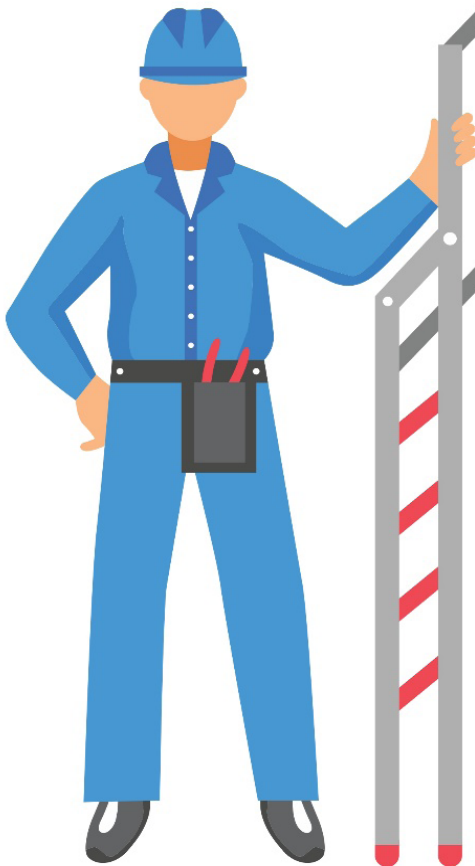
K

Kerja giat dan semangat

Gambar 31. Budaya *safety*/K3 (keselamatan dan kesehatan kerja) di SMK

PASTIKAN SISWA SMK SUDAH

# T.A.M.P.A.N



- T** Teliti potensi bahaya yang timbul
- A** Analisa faktor resiko yang akan timbul
- M** Menggunakan APD yang sesuai
- P** Pastikan diri anda dalam kondisi siap
- A** Amati kondisi sekitar
- N** Niatkan ibadah agar Berkah

Gambar 32. Budaya *safety*/K3 (keselamatan dan kesehatan kerja) di SMK







# SMK



# BISA-HEBAT

SIAP KERJA • SANTUN • MANDIRI • KREATIF



**Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan  
Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan**

Komplek Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Gedung E Lantai 12 & 13  
Jl. Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270  
(021) 5725477  
[smk.kemdikbud.go.id](http://smk.kemdikbud.go.id)

ISBN 978-623-6065-37-2



9 786236 065372