

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL 2021
*DIGITALISASI RISET FISIKA DAN
PEMBELAJARANNYA*

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA
SENADIKA 2021



PROSIDING

Diselenggarakan di Singaraja
30 Oktober 2021

TEMA:
*DIGITALISASI RISET FISIKA DAN
PEMBELAJARANNYA*



ISBN 978-623-7482-96-3



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA
(SENADIKA) KE-2 TAHUN 2021**

“Digitalisasi Riset Fisika Dan Pembelajarannya”

**Diselenggarakan di Singaraja, Bali-Indonesia
30 Oktober 2021**



**UNDIKSHA PRESS
2021**

**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL PRODI PENDIDIKAN FISIKA KE-2
TAHUN 2021**

“DIGITALISASI RISET FISIKA DAN PEMBELAJARANNYA”

Reviewer:

Prof. Dr. I Wayan Santyasa, M.Si.
Prof. Dr. Ketut Suma, M.S.
Dr. Ketut Rapi, S.Pd., M.Pd.
Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc.
Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc.

Editor:

Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc.

Penyunting:

Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc.
Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc.
Putu Widiarini, S.Pd., M.Pd., M.Sc.
I Gede Arjana, S.Pd., M.Sc., RWTH
I Putu Winayasa Pramadi, S.Pd., M.Pd.

Diselenggarakan di Singaraja, Bali - Indonesia
30 Oktober 2021

**UNDIKSHA PRESS
2021**

Prosiding Seminar Nasional Prodi Pendidikan Fisika Ke-2

Tahun 2021

Steering Committee/Pengarah :

Prof. Dr. I Nengah Suparta, M.Si.
Prof. Dr. I Wayan Santyasa, M.Si.
Prof. Dr. I Wayan Suastra, S.Pd., M.Pd.
Prof. Dr. Ketut Suma, M.S.
Dr. Ni Made Pujani, M.Si.
Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si.

Komite Pelaksana:

Ketua Pelaksana : Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc.
Sekretaris : Putu Widiarini, S.Pd., M.Pd., M.Sc.
Bendahara : Dewi Oktofa Rachmawati, S.Si., M.Si.
Koordinator Sie Kesekretariatan, humas dan Publikasi: I Putu Wina Yasa Pramadi, M.Pd.
Koordinator Sie Acara dan IT: I Gede Arjana, S.Pd., M.Sc., RWTH
Koordinator Sie Indeksasi/Prosiding dan Penyunting: Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc.
Koordinator Sie Tempat, Perlengkapan dan Dokumentasi: Ketut Budiada, S.T
Koordinator Sie Konsumsi: Gusti Ayu Sri Wahyuni, S.Pd., M.Sc

Tim Redaksi:

Prof. Dr. I Wayan Santyasa, M.Si.
Prof. Dr. Ketut Suma, M.S.
Dr. Ketut Rapi, S.Pd., M.Pd.
Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc.
Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc.
I Gede Arjana, S.Pd., M.Sc., RWTH
Putu Widiarini, S.Pd., M.Pd., M.Sc.

Diterbitkan oleh:

Undiksha Press
Jalan Udayana No. 11
Telp. +62 362 26609
Fax. +62 362 25735
Singaraja-Bali

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya-lah Seminar Nasional Prodi Pendidikan Fisika tahun 2021 (Senadika 2021), Jurusan Fisika dan Pengajaran IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Ganesha dapat terlaksana sesuai rencana. Kegiatan Senadika ini dibentuk melalui gagasan program studi Pendidikan Fisika untuk memberikan ruang bagi peneliti di seluruh Indonesia untuk mempublikasikan hasil karyanya dalam kancah nasional. Peneliti yang dimaksud adalah guru, dosen, mahasiswa dan peneliti lainnya dalam bidang fisika dan Pendidikan fisika. Tujuannya agar para peneliti semakin terbiasa dengan pemanfaatan teknologi dalam mengembangkan risetnya. Hal ini tercermin dalam tema seminar yaitu “Digitalisasi Riset Fisika dan Pembelajarannya.”

Seminar ini diselenggarakan di tengah situasi pandemi Covid-19 melalui aplikasi Zoom yang diikuti oleh 11 pemakalah yang telah melalui tahap seleksi dan dinyatakan lolos untuk diseminarkan. Penyelenggaraan Senadika 2021 kali ini menghadirkan dua pembicara utama yaitu Prof. Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T. Guru Besar jurusan Fisika Universitas Udayana dan Prof. Dr. I Wayan Suastra, M.Pd. Guru Besar prodi Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Ganesha. Empat orang dosen menjadi invited speaker yaitu 1) Dr. Ida Bagus Mardana, M.Si., 2) Dr. Ni Made Pujani, M.Si., 3) Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc., dan 4) Dr. Putu Artawan, S.Pd., M.Si. Perkenankan kami selaku panitia menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pembicara atas kesediaannya memenuhi permintaan panitia untuk menjadi narasumber dalam Senadika tahun 2021 ini. Kami menyadari sepenuhnya bahwa Senadika ini tidak mungkin terlaksana tanpa adanya dukungan serta bantuan yang tulus dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini izinkan kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat yang telah memberikan dedikasinya demi terselenggaranya kegiatan ini.

Demikianlah yang dapat kami sampaikan. Semoga kegiatan Senadika tahun 2021 dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung terutama bagi para peneliti di seluruh Indonesia. Melalui kesempatan ini pula, kami selaku panitia mohon maaf apabila dalam penyelenggaraan ini ada kesalahan/kekurangan yang kami lakukan, baik sengaja maupun tidak sengaja. Akhir kata, kami ucapkan banyak-banyak terima kasih sudah berpartisipasi dalam menebarkan ide-ide kreatif dan inovatif. Semoga pikiran baik, datang dari segala penjuru.

Singaraja, 30 Oktober 2021
Ketua Panitia

Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc.

KATA SAMBUTAN
SEMINAR NASIONAL PRODI PENDIDIKAN FISIKA (SENADIKA) 2021

TEMA:

DIGITALISASI RISET FISIKA DAN PEMBELAJARANNYA

Pada masa pandemi Covid-19 saat ini, lembaga pendidikan dituntut untuk selalu tetap dapat merancang dan melaksanakan proses pembelajaran yang inovatif agar peserta didik dapat meraih capaian pembelajaran secara menyeluruh mencakup aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan secara optimal. Semua pelaku pendidikan dituntut harus merancang dan melaksanakan penelitian dan juga pembelajaran secara digitalisasi. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (Kemdikbudristek) telah melaksanakan berbagai program untuk mempercepat dan mendukung terlaksananya proses digitalisasi dalam proses pembelajaran khususnya. Guna mendukung program tersebut, Program Studi Pendidikan Fisika Undiksha menyelenggarakan kegiatan Seminar Nasional yang bertemakan “Digitalisasi Riset Fisika dan Pembelajarannya” yang dapat mewadahi hasil riset dan pengembangan yang telah dilaksanakan oleh seluruh civitas akademika (Dosen, Laboran, dan Mahasiswa) di lingkungan Prodi Pendidikan Fisika Undiksha, serta para Guru Fisika dan peserta lainnya yang terkait. Tujuan dari dilaksanakannya kegiatan ini adalah (1) memberikan wawasan tentang pengembangan ilmu fisika secara umum pada zaman digitalisasi ini, (2) memberikan wawasan dan motivasi pada mahasiswa, bahwa lulusan fisika bisa bersaing dan berkembang di dunia kerja, serta (3) memberikan wawasan dan motivasi kepada dosen/guru dalam mengembangkan pembelajaran fisika yang saat ini menuntut pelaksanaan digitalisasi pembelajaran.

Koorprodi Pendidikan Fisika,

Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si.

DAFTAR ISI

PROSIDING SENADIKA 2021.....	i
KATA PENGANTAR.....	iv
KATA SAMBUTAN.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
ARTIKEL	
<i>Koefisien Elastisitas Virus HIV-1 Mature.....</i>	<i>1</i>
<i>Karakteristik Gelombang Elektromagnetik dalam Aplikasinya pada Sistem Komunikasi Satelit.....</i>	<i>8</i>
<i>Tingkat Kemampuan Guru-Guru SMP Negeri 4 Sukasada dalam Mengembangkan Penilaian Berbasis Asesmen Kompetensi Minimal (AKM).....</i>	<i>16</i>
<i>Pengaruh Komposisi Pencampuran Material Green Activated Carbon dan Polyvinylidene Fluoride (PVDF) Terhadap Karakteristik pada Electric Double Layer Capacitor (EDLC)..</i>	<i>21</i>
<i>Pemanfaatan Bahan Ajar Interaktif dengan Liveworksheet dalam Pembelajaran Tatap Muka Terbatas Di SMP N 1 Tabanan.....</i>	<i>29</i>
<i>Digitalisasi Fisika R-12 Dan R-47 dalam Musik Pada Piano dengan Salat Jamak 12 Serta HAHSLM 472319 di Era Ekonomi Pandemi.....</i>	<i>35</i>
<i>Analisis Surface Latent Heat Flux, Kondisi Stabilitas Atmosfer, dan Pertumbuhan Awan Berdasarkan Data Netcdf & Satelit Himawari 8 (Studi Kasus: Hujan Wilayah Jakarta 24 Januari 2021).....</i>	<i>42</i>
<i>Pemanfaatan Data Satelit Himawari-8 Dalam Analisis Kondisi Atmosfer Terhadap Kejadian Banjir Kabupaten Minahasa Tenggara, 20 September 2021.....</i>	<i>49</i>
<i>Efektivitas E-Modul Fisinberma berbantuan Simulasi PhET dalam Ujicoba Terbatas untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA.....</i>	<i>55</i>
<i>Integrasi Profil Pebelajar Pancasila Pada Mata Kuliah Psikologi Pembelajaran Prodi Pendidikan Fisika.....</i>	<i>63</i>
<i>Integrasi Sains Islam Pada Pembelajaran Fisika Materi Besaran dan Pengukuran.....</i>	<i>67</i>
<i>Digitalisasi Pembelajaran Berbasis E-Learning.....</i>	<i>73</i>

KOEFISIEN ELASTISITAS VIRUS HIV-1 MATURE

M.R. Fauzi¹⁾, Nurfa Risha¹⁾, I Gede Aris Gunadi¹⁾, dan Luh Putu Budi Yasmini^{1)*}

Prodi Pendidikan Fisika, FMIPA
Universitas Pendidikan Ganesha

*Corresponding author. Email: budi.yasmini@undiksha.ac.id

ABSTRACT

Virus is an infectious agent with microscopic size, a protective shell containing capsomere with protein material called a capsid, and the addition shell containing fat called a lipid coat. The one characteristic of a virus is about the shell stiffness, so the virus shell can assuming as a spring. The value of stiffness of the virus shell is different for various viruses depending on intrinsic properties (modulus of elasticity) and extrinsic properties (radius and thickness of the virus shell).

In this paper, we analyze the value of stiffness of the virus shell by analytical dan simulation. The analytical method is based on plate and shell theory and Michell solution. The other, the simulation is based on finite element analysis (FEA) method. For human immunodeficiency virus type-1 mature (HIV-1 mature), we find that the stiffness value of the shell based on plate and shell theory is $0.023 \frac{nN}{nm}$. Based on Michell solution, the stiffness value of the shell is $0.022 \frac{nN}{nm}$. Also, the stiffness value of HIV-1 mature by FEA method is $0.022 \frac{nN}{nm}$. Generally, based on the graph that the stiffness value of HIV-1 mature shell by analytical and simulation is approaching same.

Keywords: virus shell, stiffness, Michell equation, plate & shell theory, and FEA.

ABSTRAK

Virus adalah agen infeksius dengan ukuran mikroskopis, cangkang pelindung yang mengandung kapsomer dengan bahan protein yang disebut kapsid, dan cangkang tambahan yang mengandung lemak yang disebut lapisan lipid. Salah satu ciri virus adalah kekakuan cangkangnya, sehingga cangkang virus dapat diasumsikan sebagai pegas. Nilai kekakuan cangkang virus berbeda untuk berbagai virus tergantung pada sifat intrinsik (modulus elastisitas) dan sifat ekstrinsik (jari-jari dan ketebalan kulit virus).

Dalam makalah ini, dianalisis nilai kekakuan cangkang virus secara analitik dan simulasi. Metode analisis didasarkan pada teori plate & shell, serta penyelesaian Michell. Sedangkan, simulasi didasarkan pada metode finite element analysis (FEA). Untuk human immunodeficiency virus tipe-1 matang (HIV-1 mature), kami menemukan bahwa nilai kekakuan cangkang berdasarkan teori plate & shell adalah $0,023 \text{ nN/nm}$. Berdasarkan penyelesaian Michell, nilai kekakuan cangkang adalah $0,022 \text{ nN/nm}$. Berdasarkan metode simulasi, konstanta elastisitas cangkang HIV-1 mature dengan metode FEA adalah $0,022 \text{ nN/nm}$. Secara umum berdasarkan grafik bahwa nilai kekakuan cangkang dewasa HIV-1 secara analitis dan simulasi mendekati sama.

Kata Kunci: cangkang virus, kekakuan, persamaan Michell, teori plate & shell, dan FEA.

PENDAHULUAN

Virus merupakan suatu agen infeksi berukuran mikroskopik yang memperbanyak dirinya di dalam sel suatu organisme yang bertujuan untuk bertahan hidup dengan cara memperbanyak dirinya (Gelderblom, 1996). Virus terdiri dari dua jenis, yaitu *enveloped* dan *non-enveloped viruses*. Contoh virus yang termasuk kategori *enveloped* adalah virus influenza, *Hepatitis B Virus (HBV)*, dan *Human Immunodeficiency Virus (HIV)*, sedangkan yang termasuk kelompok *non-enveloped* adalah *Cowpea Chlorotic Mottle Virus (CCMV)*, dan *Minute Virus of Mice (MVM)*. Virus yang terbungkus dengan lapisan tambahan, yakni: *enveloped virus*, berperan penting dalam tahap awal infeksi yang dilakukan oleh virus (Eshaghi dkk, 2020). Hal menarik mengenai virus adalah cangkangnya, yakni cangkang virus yang komposisinya terdiri dari protein yang disebut sebagai kapsid berfungsi sebagai pelindung genom *Ribonucleic Acid (RNA)* maupun *Deoxyribonucleic Acid (DNA)*. Setiap virus memiliki lapisan kapsid akan tetapi tidak semua virus memiliki suatu pelindung tambahan lainnya yang disebut sebagai lapisan lipid. Salah satu hal yang unik dan menarik terkait sifat mekanik yang dimiliki virus, yaitu sifat elastisitas virus. Elastisitas merupakan suatu kemampuan sebuah benda untuk menahan suatu pengaruh yang menyimpang, dan tentunya untuk kembali menuju ukuran, dan bentuk semula ketika pengaruh suatu gaya tersebut ditiadakan. Sedangkan kekakuan ialah sejauh mana suatu benda menahan suatu deformasi sebagai respon (tanggapan) terhadap gaya terkonsentrasi yang diberikan terhadap benda

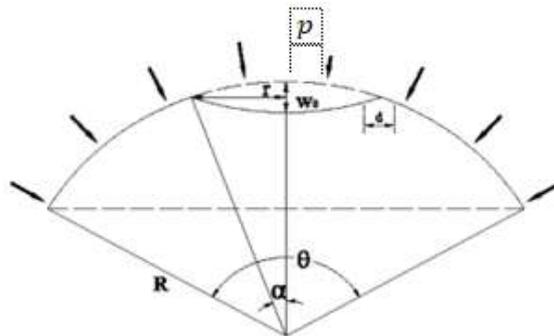
tersebut. Semakin elastis suatu benda, semakin tidak kaku benda tersebut (Atanackovic dan Guran, 2000). Setiap jenis virus, yakni *enveloped* dan *non-enveloped*, memiliki sifat intrinsik elastisitas dan kekakuan yang berbeda-beda, yang dapat diketahui dengan menggunakan *Atomic Force Microscopy* (AFM) (Mateu, 2012). Penelitian mengenai sistem mekanis virus tentunya bermanfaat untuk mengetahui dan memahami sifat yang dimiliki virus. Dengan menggunakan AFM, ukuran virus dan sifat mekanik virus dapat diukur. AFM mengukur nilai kekakuan atau konstanta pegas virus. Kekakuan cangkang virus berkaitan erat dengan penginfeksi yang dilakukan oleh virus (Zhang dan Zhang, 2020).

Pada artikel ini dibahas mengenai kekakuan dari suatu sel virus secara analitik dan simulasi. Secara analitik, salah satu teori yang dapat digunakan adalah teori *plate & shell* untuk menentukan kekakuan cangkang virus melalui jumlah antara energi bengkokan dan energi ulur. Selanjutnya, dibahas mengenai suatu metode analitik lainnya yang diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan wawasan mengenai kekakuan cangkang virus. Dalam artikel ini dikaji mengenai virus dalam tinjauan fisika berdasar pandangan yang berbeda, yaitu dengan mengkaji mengenai persamaan Michell dalam meninjau cangkang virus. Metode simulasi yang digunakan adalah metode *Finite Element Analysis* (FEA).

TEORI PLATE & SHELL

Teori *plate & shell* (*Plate & Shell Theory*) merupakan suatu teori yang mendeskripsikan secara matematis mengenai mekanika struktur dua dimensi pada pelat dan cangkang (Timoshenko, Stephen P. dan Gere, 1961). Nilai konstanta elastisitas diperoleh dengan cara menjumlahkan energi *buckling* (tekuk) dan energi *stretching* (regangan) pada cangkang, sehingga jumlah energi total pada cangkang adalah

$$U_{total} = U_b + U_s . \quad (1)$$



Gambar 1. Fenomena *buckling* pada kulit permukaan bola tipis (Khakina, 2013).

Berdasarkan Gambar 1., tampak bahwa indentasi (atau lekukan) w bervariasi relative terhadap jarak d , maka nilai kekakuan dari suatu cangkang virus menurut teori *plate & shell* (Eshaghi *et al.*, 2020) dapat dinyatakan sebagai

$$k = \frac{Eh^2}{R}, \quad (2)$$

dengan dengan E disebut modulus elastis cangkang dengan satuan gaya per satuan luas ($\frac{N}{m^2}$), h merupakan ketebalan cangkang, dan R merupakan radius *middle surface* cangkang, $R = R_1 + \frac{h}{2}$.

PENYELESAIAN MICHELL

Pada section ini dibahas mengenai diperolehnya solusi persamaan Michell yang terkait dengan penentuan konstanta elastisitas suatu cangkang virus. Berdasarkan Landau dan Lifshitz (1986), persamaan tekanan radial eksternal adalah sebagai berikut

$$p = \frac{h}{R} (\sigma_{\theta\theta} + \sigma_{\phi\phi}), \quad (3.a)$$

dengan $\sigma_{\theta\theta}$ dan $\sigma_{\phi\phi}$ merupakan tensor tegangan komponen lateral dan p merupakan tekanan radial eksternal. Pers. (3.b) merupakan suatu persamaan yang menyatakan keterkaitan antara tekanan radial eksternal dengan tensor

tegangan komponen lateral pada cangkang virus. Berdasarkan Zandi dan Reguera (2005), persamaan tekanan termodinamika, yaitu

$$p = - \left(\frac{\partial H}{\partial V} \right)_{N,T} = k_B T \left(\frac{\partial}{\partial V} \ln Q \right)_{N,T}, \quad (3.b)$$

dengan tensor tegangan tiga dimensi pada cangkang virus dapat diperoleh dari fungsi partisi mekanika statistik suatu permukaan fluida yang dapat dituliskan sebagai berikut

$$Q(N, V, T) = \frac{1}{\Lambda^{3N} N!} \int d\mathbf{r}_1 \int d\mathbf{r}_2 \int d\mathbf{r}_N e^{-\beta u(\mathbf{r}_i)}, \quad (4)$$

dimana Q merupakan fungsi partisi, Λ merupakan panjang gelombang De Broglie, N merupakan banyaknya kapsomer, \mathbf{r}_N merupakan posisi setiap kapsomer maupun lipid pada cangkang virus, $u(\mathbf{r}_i)$ merupakan energi potensial cangkang virus ke- i , dan \mathbf{r}_i adalah posisi kapsomer ke- i dan β merupakan konstanta dengan $\beta = \frac{1}{k_B T}$. Oleh karena itu, Pers. (3) dalam dalam sistem koordinat bola dapat dituliskan sebagai berikut

$$p = - \frac{1}{4\pi R^2} \left(\frac{\partial H}{\partial R} \right)_{N,T} = k_B T \frac{1}{4\pi R^2} \frac{1}{Q} \left(\frac{\partial Q}{\partial R} \right)_{N,T}. \quad (5)$$

Semua posisi kapsomer pada cangkang virus dinyatakan dalam radius bola R , yaitu

$$\mathbf{r}_i = R \mathbf{t}_i, \quad (6)$$

dengan \mathbf{t}_i merupakan koordinat posisi kapsomer ke- i yang ditunjukkan pada Gambar 1. Selanjutnya, Pers. (6) disubstitusikan ke Pers (4), sehingga diperoleh persamaan

$$Q(N, V, T) = \frac{R^{3N}}{\Lambda^{3N} N!} \int d\mathbf{t}_1 \int d\mathbf{t}_2 \int d\mathbf{t}_N e^{-\beta u(R\mathbf{t}_i)}. \quad (7)$$

maka Pers.(5) dapat dituliskan menjadi

$$p = kT \left(\frac{N}{V} - \frac{1}{3VkT} \left(\frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{\partial V(r_{ij})}{\partial r_{ij}} \frac{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\alpha)(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\beta)}{r_{ij}} \right) \right), \quad (8)$$

Berdasarkan Zandi dan Reguera (2005), didefinisikan tensor tegangan virial 3D sebagai berikut

$$\sigma_{\alpha\beta}^{3D} = \frac{NkT}{V} - \frac{1}{V} \left(\frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\alpha)(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\beta)}{r_{ij}} \right). \quad (9)$$

Tensor tegangan virial tiga dimensi dalam koordinat permukaan bola terdiri dari komponen lateral dan radial, yakni:

$$\begin{aligned} \sigma_{\theta\theta}^{3D} &= \frac{NkT}{V} - \frac{1}{V} \left(\frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\theta)^2}{r_{ij}} \right) \\ \sigma_{\phi\phi}^{3D} &= \frac{NkT}{V} - \frac{1}{V} \left(\frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\phi)^2}{r_{ij}} \right) \\ \sigma_{rr}^{3D} &= \frac{NkT}{V} - \frac{1}{V} \left(\frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_r)^2}{r_{ij}} \right). \end{aligned} \quad (10)$$

Berdasarkan hubungan bahwa

$$p = \frac{1}{3} (\sigma_{\theta\theta}^{3D} + \sigma_{\phi\phi}^{3D} + \sigma_{rr}^{3D}). \quad (11)$$

Oleh karena kekakuan cangkang berkaitan dengan tensor tegangan komponen lateral yang merupakan interaksi antar partikel kapsomer maupun lipid, sehingga peran tegangan komponen radial dapat diabaikan. Pers. (11) disebut sebagai persamaan Young-Laplace dapat dituliskan menjadi

$$p = \frac{1}{3}(\sigma_{\theta\theta}^{3D} + \sigma_{\phi\phi}^{3D}) = \frac{1}{3}(2\sigma_T^{3D}). \quad (12)$$

Berdasarkan Zandi dan Reguera (2005), hubungan antara tensor tegangan 2D dan 3D untuk komponen tangensial ditinjau berdasar persamaan tensor tegangan virial, yaitu

$$\Omega^d \sigma_{\alpha\beta}^d = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\alpha)(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\beta)}{r_{ij}}, \quad (13)$$

dengan Ω^d menyatakan area permukaan (untuk $d = 2$) dan menyatakan volume (untuk $d = 3$), sehingga persamaan tensor tegangan 2D dan 3D, yaitu

$$\sigma_{\theta\theta}^{2D} = -\frac{1}{4\pi R^2} \frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\theta)^2}{r_{ij}} \quad (14)$$

dan

$$\sigma_{\theta\theta}^{3D} = -\frac{3}{4\pi R^3} \frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\theta)^2}{r_{ij}}. \quad (15)$$

Merujuk pada pers. (14) dan pers. (15), maka didapatkan suatu keterkaitan antara tensor tegangan 2D dan 3D, yaitu

$$\sigma_{\theta\theta}^{3D} = \frac{3}{R} \sigma_{\theta\theta}^{2D}, \quad (16)$$

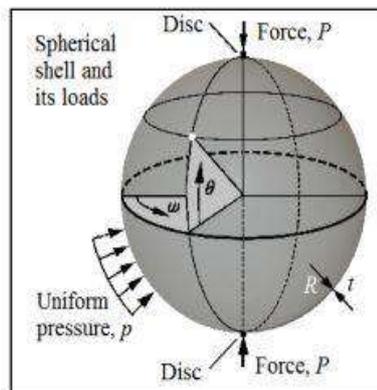
dengan $\sigma_{\theta\theta}^{2D} = \sigma_{\phi\phi}^{2D}$, yang merupakan tensor tegangan pada permukaan cangkang yang homogen, maka Pers. (13) dapat dituliskan menjadi

$$\begin{aligned} \sigma_T^{2D} &= -\frac{1}{4\pi R^2} \frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{\{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\theta)^2 + (\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\phi)^2\}}{2r_{ij}} \\ 2\sigma_T^{2D} &= -\frac{1}{4\pi R^2} \frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{dV(r_{ij})}{dr_{ij}} \frac{\{(\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\theta)^2 + (\vec{r}_{ij} \cdot \hat{e}_\phi)^2\}}{r_{ij}} \\ 2\sigma_T^{2D} &= \sigma_{\theta\theta}^{2D} + \sigma_{\phi\phi}^{2D} = 2\sigma_{\theta\theta}^{2D} \\ \sigma_T^{2D} &= \sigma_{\theta\theta}^{2D}. \end{aligned} \quad (17)$$

Berdasarkan Pers. (17), diperoleh persamaan berikut

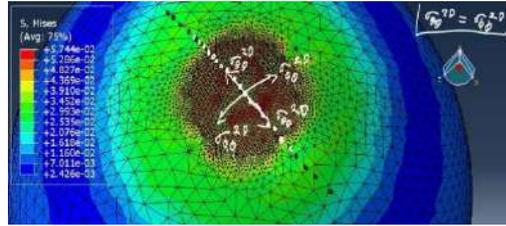
$$p = \frac{2}{R} \sigma_{\theta\theta}^{2D}. \quad (18)$$

Selanjutnya, menentukan kekakuan cangkang dengan menggunakan selesaikan persamaan Michell dengan meninjau lempengan cangkang virus dalam koordinat bola, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kulit bola dengan tekanan eksternal p (Hutchinson dan Thompson, 2018).

Berdasarkan Gambar 3., titik putih pada gambar menunjukkan lempengan cangkang virus dengan tensor tagangan diasumsikan homogen,



Gambar 3. Model FEA cangkang virus.

Berdasarkan persamaan hukum Hooke, yaitu

$$\frac{F}{\delta R} = -k, \quad (19)$$

maka konstanta elastisitas cangkang diperoleh sebagai berikut

$$k = \frac{2}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \frac{Eh^2}{R_2}. \quad (20)$$

Jika, nilai dari $\frac{2}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \approx 1$ dengan jangkauan $0 < \nu \leq 0.5$, sehingga nilai konstanta proporsionalitas c adalah

$$c \approx 1,$$

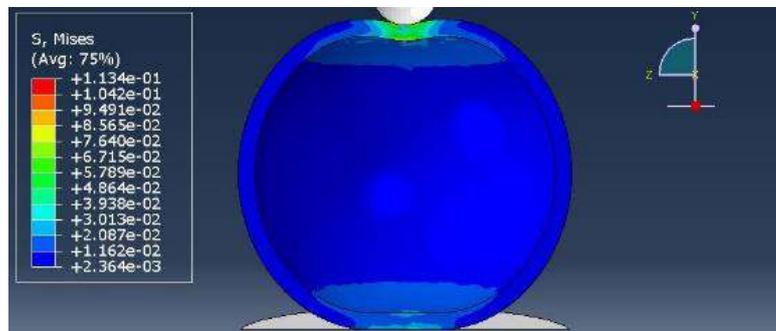
maka nilai konstanta elastisitas cangkang virus adalah

$$k = \frac{Eh^2}{R_2}. \quad (21)$$

HUMAN IMMUNODEFICIENCY VIRUS TYPE-1 MATURE (HIV-1 MATURE)

Pada bagian ini dibahas mengenai nilai dari koefisien elastisitas suatu virus, yakni *human immunodeficiency virus type-1 mature* yang diperoleh berdasarkan teori *plate & shell*, selesaian Michell, dan metode *finite element analysis* (FEA). Metode FEA adalah suatu metode komputasi yang digunakan untuk memprediksi karakteristik sesuatu, sebagai contoh cangkang virus yang dipengaruhi oleh efek fisik, seperti: *fatigue* (pembebanan). Pada metode ini, model cangkang virus diindentasikan dengan indenter yang sama dan radius dari indenter sebesar 10 nm.

Karakteristik yang dimiliki cangkang virion HIV tipe 1 dalam kondisi matang, yaitu memiliki ketebalan $h = 5.0 \text{ nm}$, radius $R_1 = 45 \text{ nm}$, $R = 47.5 \text{ nm}$, dan $R_2 = 50.0 \text{ nm}$, rasio Poisson $\nu = 0.4$, dan modulus elastisitas $E = 0.44 \text{ GPa}$ (Ahadi dkk, 2013; Kol dkk, 2007). Untuk model cangkang yang terindentasi ditunjukkan pada Gambar 4.,



Gambar 4. Model HIV-1 Mature dengan metode FEA.

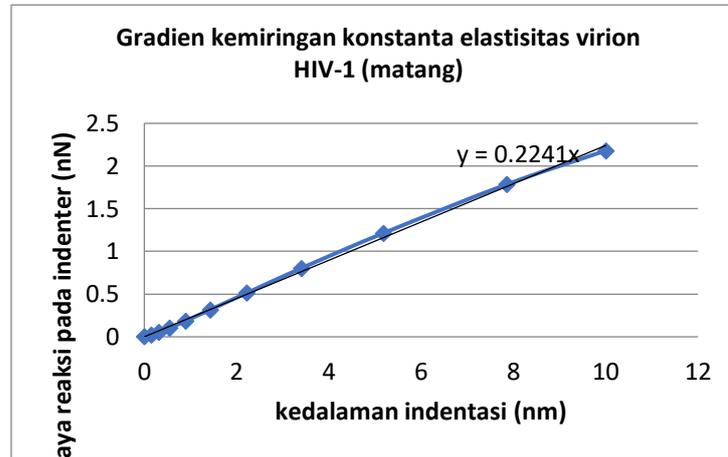
Berdasarkan karakteristik tersebut, didapatkan nilai konstanta elastisitas berdasarkan teori *plate & shell* adalah

$$k_{cangkang} = \frac{Eh^2}{R} = \frac{(0.44GPa)(5.0\text{ nm})^2}{(47.5nm)} = 0.23 \frac{nN}{nm}, \quad (22)$$

dan berdasarkan selesaian Michell diperoleh

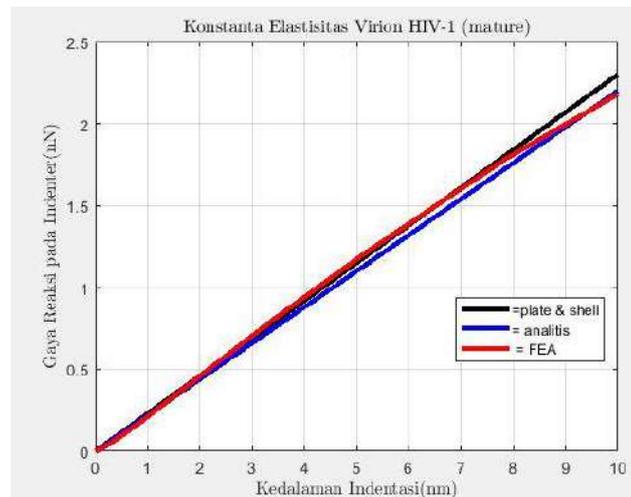
$$k_{cangkang} = \frac{Eh^2}{R_2} = \frac{(0.44GPa)(5\text{ nm})^2}{(50\text{ nm})} = 0.22 \frac{nN}{nm}. \quad (23)$$

Sedangkan, berdasarkan metode FEA ditunjukkan pada Gambar 5.,



Gambar 5. Konstanta elastisitas virion HIV-1 (matang)

Berdasarkan kemiringan grafik, diperoleh bahwa nilai konstanta elastisitas cangkang adalah $0.22 \frac{nN}{nm}$. Untuk membandingkan konstanta elastisitas secara teori dan simulasi ditunjukkan pada Gambar 6. Secara umum, berdasarkan hasil yang diperoleh dan Gambar 6. Di bawah, tampak bahwa nilai konstanta elastisitas cangkang virus HIV-1 (matang) secara analitik dan simulasi mendekati nilai yang sama.



Gambar 6. Perbandingan konstanta elastisitas pada cangkang HIV-1(matang) secara teoretik dan simulasi.

SIMPULAN

Virus adalah agen infeksi dengan ukuran mikroskopis, cangkang pelindung yang mengandung kapsomer dengan bahan protein yang disebut kapsid, dan cangkang tambahan yang mengandung lemak yang disebut lapisan lipid. Salah satu ciri virus adalah kekakuan cangkangnya, sehingga cangkang virus dapat diasumsikan sebagai pegas. Nilai

kekakuan cangkang virus berbeda untuk berbagai virus tergantung pada sifat intrinsik (modulus elastisitas) dan sifat ekstrinsik (jari-jari dan ketebalan kulit virus).

Dalam makalah ini, dianalisis nilai kekakuan cangkang virus secara analitik dan simulasi. Metode analisis didasarkan pada teori plate & shell, serta penyelesaian Michell. Metode simulasi didasarkan pada metode *finite element analysis* (FEA). Untuk human immunodeficiency virus tipe-1 matang (HIV-1 mature), ditemukan bahwa nilai kekakuan cangkang berdasarkan teori plate & shell adalah 0,023 nN/nm. Berdasarkan penyelesaian Michell, nilai kekakuan cangkang adalah 0,022 nN/nm. Berdasarkan metode simulasi, konstanta elastisitas cangkang HIV-1 mature dengan metode FEA adalah 0,022nN/nm. Secara umum berdasarkan grafik bahwa nilai kekakuan cangkang dewasa HIV-1 secara analitis dan simulasi mendekati sama.

REFERENSI

- A. J. Malkin, Y. G. Kuznetsov, and A. Mcpherson, "Viral capsomere structure , surface processes and growth kinetics in the crystallization of macromolecular crystals visualized by in situ atomic force microscopy," vol. 232, pp. 173–183, 2001.
- A. Evkin, M. Kolesnikov, and D. A. Prikazchikov, "Buckling of a spherical shell under external pressure and inward concentrated load: Asymptotic solution," *Math. Mech. Solids*, vol. 22, no. 6, pp. 1425–1437, 2017, doi: 10.1177/1081286516635872.
- A. Ahadi, D. Johansson, and A. Evilevitch, "Modeling and simulation of the mechanical response from nanoindentation test of DNA-filled viral capsids," pp. 183–199, 2013, doi: 10.1007/s10867-013-9297-9.
- B. Eshaghi *et al.*, "Stiffness of HIV-1 Mimicking Polymer Nanoparticles Modulates Ganglioside-Mediated Cellular Uptake and Trafficking," vol. 2000649, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1002/advs.202000649.
- E. Jiménez-Piqué, L. Llanes, and M. Anglada, "Resistance to Contact Deformation and Damage of Hard Ceramics," *Compr. Hard Mater.*, vol. 2, pp. 367–383, 2014, doi: 10.1016/B978-0-08-096527-7.00032-5.
- H. R. Gelderblom, "Structure and Classification of Viruses," *Med. Microbiol.*, no. May, 1996.
- J. M. Timoshenko, Stephen P. dan Gere, *Theory of Elastic Stability*, 2nd ed. New York: Mc-Graw-Hill, 1961.
- J. W. Hutchinson and J. M. T. Thompson, "Imperfections and energy barriers in shell buckling," *Int. J. Solids Struct.*, vol. 148–149, no. September 2017, pp. 157–168, 2018, doi: 10.1016/j.ijsolstr.2018.01.030.
- L. Landau dan E. Lifshitz, *Theory of Elasticity*. New York: Pergamon, 1986.
- M. G. Mateu, "Mechanical properties of viruses analyzed by atomic force microscopy: A virological perspective," *Virus Res.*, vol. 168, no. 1–2, pp. 1–22, 2012, doi: 10.1016/j.virusres.2012.06.008.
- N. Kol *et al.*, "A Stiffness Switch in Human Immunodeficiency Virus," vol. 92, no. March, 2007, doi: 10.1529/biophysj.106.093914.
- P. N. Khakina, "Buckling Load of Thin Spherical Shells Based on the Theorem of Work and Energy," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 392–394, 2013, doi: 10.7763/ijet.2013.v5.581
- R. Zandi and D. Reguera, "Mechanical properties of viral capsids," *Phys. Rev. E - Stat. Nonlinear, Soft Matter Phys.*, vol. 72, no. 2, 2005, doi: 10.1103/PhysRevE.72.021917.

KARAKTERISTIK GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK DALAM APLIKASINYA PADA SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

Putu Artawan

Fakultas MIPA, Universitas Pendidikan Ganesha

artawan.putu@undiksha.ac.id / iputu.artawan2012@gmail.com / scientya@yahoo.com

ABSTRACT

Electromagnetic energy propagates in waves of some measurable character. The different characteristics of wave energy are used to classify electromagnetic energy. Waves consisting of electric and magnetic fields that propagate in space are called electromagnetic waves. In the application of information technology, electromagnetic waves have a major role in energy transformation systems with characteristic indicators in certain quantities such as VSWR, Gain, Radiation Pattern and Return Loss. Numerical analysis with empirical formulas that support calculations related to the characterization is needed which is then compared through simulation and fabrication results. The results of the designed fabrication are measured to obtain design parameters (VSWR, Gain, Radiation Pattern and Return Loss) using a Network Analyzer. One of the designs is in the application of information technology in the form of an antenna. The results of a review of several studies resulted in an Antenna design with a more optimal parameter characterization in its application to satellite communication systems, namely having a wider Band Width, very small Return Loss, high Gain and Directivity, and wider point-to-point access range with minimal input power.

Keywords: *electromagnetic energy, electromagnetic waves, satellite, antenna*

ABSTRAK

Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakter yang bisa diukur. Perbedaan karakteristik energi gelombang digunakan untuk mengelompokkan energi elektromagnetik. Dalam aplikasi teknologi informasi, gelombang elektromagnetik memiliki peran utama dalam sistem transformasi energi dengan indikator karakteristik dalam besaran tertentu seperti VSWR, Gain, Pola Radiasi dan Return Loss. Analisa secara numerik dengan formula impedansi yang mendukung perhitungan terkait dengan karakterisasi tersebut sangat diperlukan yang kemudian dikomparasi melalui simulasi dan hasil fabrikasi. Hasil fabrikasi yang didesain diukur untuk mendapatkan parameter desain (VSWR, Gain, Pola Radiasi dan Return Loss) dengan menggunakan Network Analyzer. Salah satu desainnya dalam aplikasi teknologi informasi berupa antena, Hasil review beberapa penelitian dan penelitian yang sudah dilakukan dihasilkan desain Antena dengan karakterisasi parameter yang lebih optimal dalam aplikasinya pada sistem komunikasi satelit yaitu memiliki Band Width yang lebih lebar, Return Loss yang sangat kecil, Gain dan Direktivitas yang tinggi, serta jangkauan akses point to point yang lebih luas dengan daya input seminimal mungkin.

Kata kunci: *energi elektromagnetik, gelombang elektromagnetik, satelit, antena*

PENDAHULUAN

Gelombang Elektromagnetik

Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakter yang bisa diukur, yaitu: panjang gelombang, frekuensi, amplitudo, dan kecepatan. Energi elektromagnetik dipancarkan, atau dilepaskan, oleh semua masa di alam semesta pada level yang berbeda-beda. Semakin tinggi level energi dalam suatu sumber energi, semakin rendah panjang gelombang dari energi yang dihasilkan, dan semakin tinggi frekuensinya. Perbedaan karakteristik energi gelombang digunakan untuk mengelompokkan energi elektromagnetik. Inti teori Maxwell mengenai gelombang elektromagnetik adalah, perubahan medan listrik dapat menghasilkan medan magnet. Beberapa percobaan yang diteliti terkait gelombang elektromagnetik membawa kesimpulan: a). Pola gelombang elektromagnetik sama dengan pola gelombang transversal dengan vektor perubahan medan listrik tegak lurus pada vektor perubahan medan magnet. b). Gelombang elektromagnetik menunjukkan gejala-gejala pemantulan, pembiasan, difraksi, polarisasi seperti halnya pada cahaya. c). Diserap oleh konduktor dan diteruskan oleh isolator. Beberapa Sifat Gelombang Elektromagnetik antara lain: a). Perubahan medan listrik dan medan magnet terjadi pada saat yang bersamaan. b). Arah medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. c). Kuat medan listrik dan magnet besarnya berbanding lurus satu dengan yang lain. d). Arah perambatan gelombang elektromagnetik selalu tegak lurus arah medan listrik dan medan magnet. e). Gelombang elektromagnetik dapat merambat dalam ruang hampa. f). Gelombang elektromagnetik merambat dengan laju yang hanya bergantung pada sifat-sifat listrik dan magnet medium. g). Laju rambat gelombang elektromagnetik dalam ruang hampa merupakan tetapan umum dan nilainya $c = 3 \times 10^8$ m/s. h). Gelombang elektromagnetik adalah berupa gelombang transversal. i). Gelombang elektromagnetik dapat mengalami proses pemantulan, pembiasan, polarisasi, interferensi, dan difraksi. Dalam aplikasi teknologi informasi, antena

merupakan salah satu perangkat yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik sebagai perantaranya. Untuk merancang bentuk dan ukuran serta menganalisa antenna diperlukan pengetahuan khusus berupa persamaan impedansi karakteristik, persamaan indicator antenna dan juga pengetahuan mengenai teori medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik yang dihasilkan tergantung dari jarak akses dan sumber medannya. Semakin jauh tentu medan elektromagnetik yang dihasilkan semakin kecil artinya dalam proses penjalarnya gelombang elektromagnetik dari pemancar menuju penerima mengalami attenuasi (pelemahan) sinyal. Oleh karena itu, diperlukan desain antenna dengan dimensi tertentu yang mempunyai nilai gain tinggi dan direktivitas yang tinggi dengan *return loss* yang sangat kecil. Salah satu jenis antenna yang memiliki karakteristik dimaksud yaitu Desain Antena Mikrostrip Double Bi-Circular. Antena ini merupakan jenis antenna Mikrostrip dengan karakteristik penampang yang tipis, massa yang ringan, mudah dalam pembuatannya, dapat dengan mudah diintegrasikan dengan Microwave Integrated Circuits (MICs) serta dapat dibuat untuk multifrekuensi. Berbagai penelitian telah dilakukan terhadap jenis antenna Mikrostrip, di antaranya adalah dengan melakukan berbagai variasi disain dan bentuk antenna Mikrostrip, dengan memberikan slot dan patch pada antenna Mikrostrip, dan penambahan terhadap jumlah array (larik). Penggunaan slot akan dapat meningkatkan bandwidth, semakin kecil lebar slot akan semakin besar lebar bandwidth, sedangkan penambahan jumlah array akan meningkatkan *directivity* dan gain dari antenna [3-8, 11].

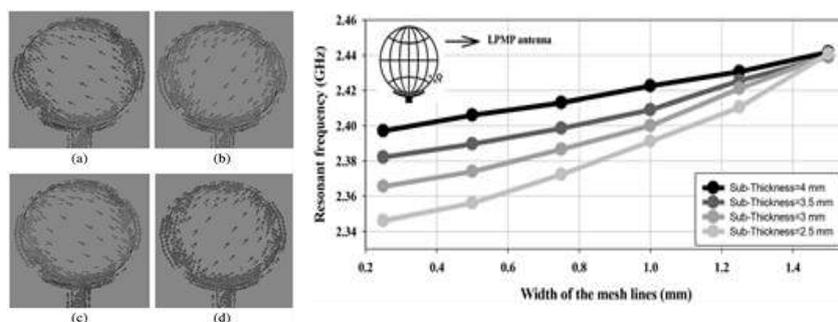
Antena Mikrostrip dan Aplikasinya

Perkembangan teknologi dalam bidang komunikasi begitu pesatnya dengan terciptanya komunikasi jaringan. Perkembangan tersebut tidak terlepas dengan peran salah satu perangkat yang menentukan *performansi* jaringan yaitu antenna. Sebagai bagian utama dari proses transmisi, Antena yang dirancang haruslah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan seperti frekuensi kerja, koefisien refleksi dan VSWR yang kompatibel serta *return loss* yang sangat kecil. Antena mikrostrip merupakan antenna yang terbuat dari strip/patch logam yang sangat tipis dengan panjang gelombang ($h \ll \lambda_0$; $0,003 \lambda_0 < 0,005 \lambda_0$). Strip/patch logam dipisahkan dari ground planenya oleh bahan/substrat dari bahan dielektrik dengan konstanta dielektrik $2,2 < \epsilon_r < 12$ [4]. Jenis antenna mikrostrip memiliki beberapa keunggulan terutama pada rancangan antenanya yang tipis, kecil, ringan dan dapat diterapkan ke dalam Microwave Integrated Circuit (MICs). Pada prinsipnya antenna mikrostrip memiliki karakteristik dengan bandwidth yang sempit. Salah satu teknik untuk memperlebar bandwidth yaitu dengan menggunakan teknik array atau dengan sistem panel. Dengan sistem panel (teknik array) selain dapat memperlebar bandwidth juga dapat meningkatkan penguatan (gain) suatu antenna. Dalam teknik array pencatutan yang umumnya digunakan adalah saluran mikrostrip. Pada antenna mikrostrip slot memiliki mekanisme kopling. Efek kopling diberikan antara saluran mikrostrip dan elemen peradiasi sebagai transformer ideal [5].

REVIEW HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berbagai Varian Desain Antena

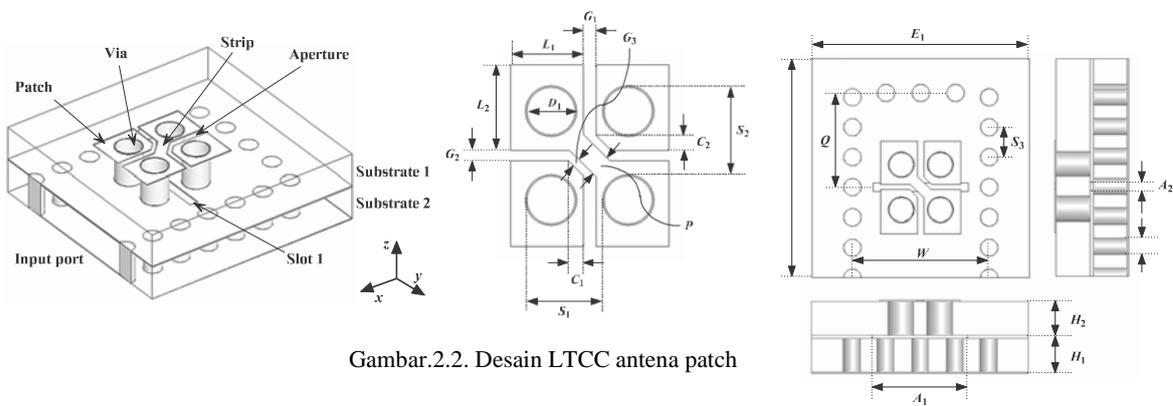
Penelitian oleh T. Yasin and R. Baktur, “Circularly polarized meshed patch antenna for small satellite application,” *IEEE*. Pada penelitian ini dianalisis Polarisasi Lingkaran pada MPA (*Meshed Patch Antenna*). Pada penelitian ini dibandingkan performansi dari Opto Radio Elektrik, yangmana menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang berlawanan antara transparansi optik dengan *bandwidth* (lebar pita) antenna yang dimaksud. Simulasi polarisasi lingkaran dalam hal perbedaan fasenya, hendaknya dilakukan lebih bervariasi lagi dari rentangan perbedaan fase yang lebih kecil, sehingga dihasilkan polarisasi yang lebih spesifik sebagai dasar analisis terhadap pola polarisasi yang dihasilkan dan efeknya terhadap parameter lain yang berpengaruh.



Gambar.2.1. Desain dan grafik MPA

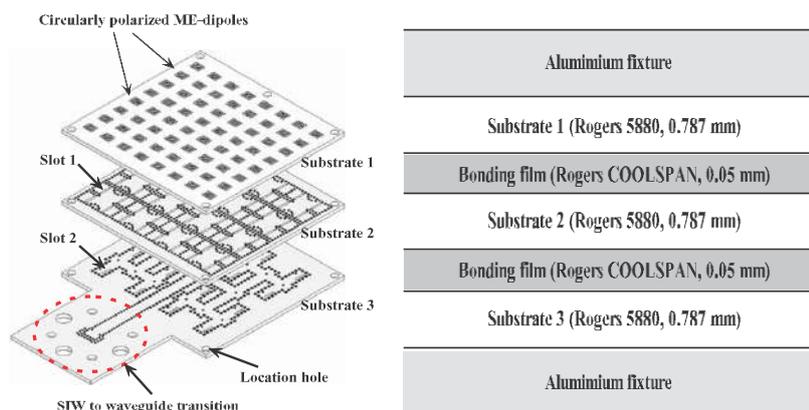
Penelitian oleh T. Yasin and R. Baktur, “Circularly polarized meshed patch antenna using coplanar Y-shaped coupling feed,” *Microw. Opt. Technol. Lett.*, 2014. dan D. G. Fang, “Microstrip patch antennas,” in *Antenna Theory and Microstrip Antennas*, 1st ed. New York, NY, USA: Taylor & Francis, 2010. Diharapkan dua jenis fabrikasi MPA dengan polarisasi lingkaran yaitu satu dengan *copper ground plane (CGP)* dan yang satunya dengan *solar cell ground plane (SGP)*. Hasilnya menunjukkan bahwa 2,79% dan 3,27% axial rasio pada *bandwidth* 3dB di frekuensi 2,43 GHz sama baiknya dengan gain 4,9 dan 4,4 dBiC untuk MPA baik dengan *copper ground plane* maupun dengan *solar cell ground plane*. Hasil ini menunjukkan bahwa substrat/bahan yang mampat sangat efisien dalam mengurangi terjadinya disipasi pada konduktor. Seperti contohnya pada patch dengan lapisan photovoltaic [17-19].

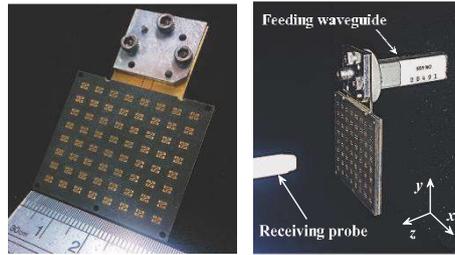
Penelitian oleh H. C. Sun, Y. X. Guo, and Z. L. Wang, “60-GHz circularly polarized U-slot patch antenna array on LTCC,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 2013. Pada penelitian ini sangat detail disampaikan secara geometri terkait dengan *Fed SIW (Substrate Integrated Waveguide)* untuk polarisasi lingkaran pada antenna dipol magnetoelektrik yang terkopel. Jelas bisa dipahami untuk dimensi dimensi dari geometri antenna yang dirancang. [20]. Polarisasi lingkaran antenna medipole diperoleh dengan mentransfer slot etching pada bagian lapisan yang lebar dari bagian kecil bahan/substrat yang sangat cocok pada integrasi pandu gelombang.



Gambar.2.2. Desain LTCC antenna patch

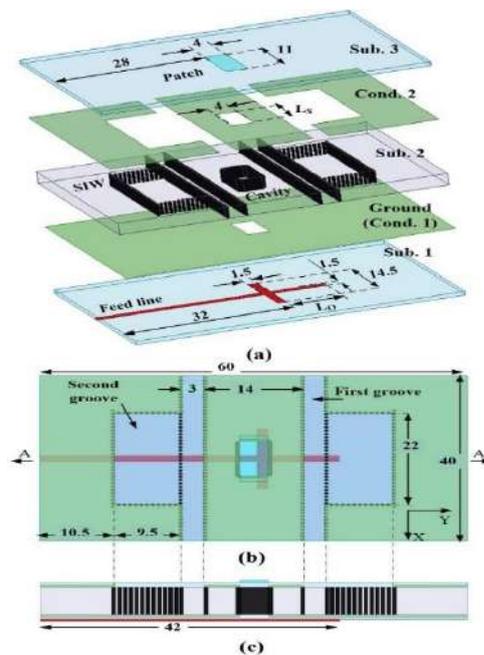
Penelitian Y. J. Li and K. M. Luk, “Low-cost high-gain and broadband substrate integrated waveguide fed patch antenna array for 60-GHz band,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 2014. Antena 8×8 wideband high-gain CP aperture-coupled ME-dipole antenna array secara terpadu dengan jaringan SIW feed dijelaskan secara detail. Dengan disajikannya secara geometri rancangan antenna, dapat diketahui detail dimensinya dan juga substrat/bahan yang digunakan. Dengan demikian tergugah untuk menganalisis secara numerik dari beberapa kemungkinan array yang dihasilkan. Mengetahui tampilan fisik hasil fabrikasinya. Tidak hanya dalam bentuk sket. Dengan teknik fabrikasi ini dihasilkan gain yang tinggi, efisiensi radiasi yang bagus, dan juga loss yang rendah [21,22,25].





Gambar.2.3. Desain antenna array co-planar

Penelitian C. Huang, Z. Zhao, and X. Luo, “Application of “bull’s eye” corrugated grooves integrated with artificially soft surfaces structure in the patch antenna to improve radiation performance,” *Microw. Opt. Technol. Lett.*, Jul. 2009. Dengan refrensi C. A. Balanis, *Antenna Theory—Analysis and Design*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2005. Di bagian *Groove* (alur lekukan Antena), lihat gambar. Didesain/dirancang hanya untuk meningkatkan gain antenna tanpa memperhatikan efek dari frekuensi resonansi yang dihasilkan. [23]. Sebenarnya secara teori *Groove* juga berefek terhadap frekuensi resonansi yang dihasilkan yangmana akan berdampak terhadap pola radiasi konstruktif ketika gelombang yang dihasilkan mengalami superposisi medan listrik.



Gambar.2.4. Struktur antenna patch dengan varian groove

Hasil penelitian lainnya oleh Artawan, P [1]. Desain antenna mikrostrip double bi-ellipse terdiri dari beberapa parameter sebagai berikut:

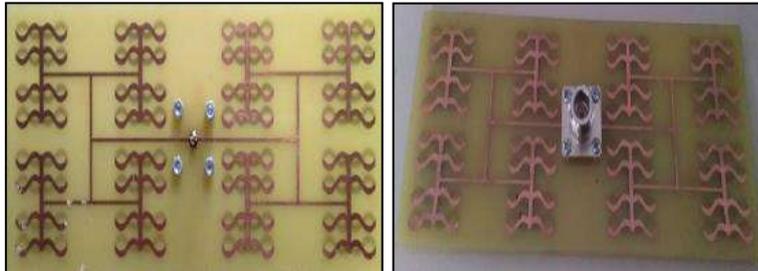
Tabel 2.1. Parameter dimensi dari desain antenna mikrostrip double bi-ellipse.

Parameter	Dimensi	Keterangan
Wg	100mm	Width
T	0.035mm	Thick
Lg	50mm	Length
H	1.6 (+18mm)	High
Parameters	Dimension	Description
l_1	30mm	Length of feeding stripline
$l_2 = l_3$	15mm	Length of curve stripline

Model 1

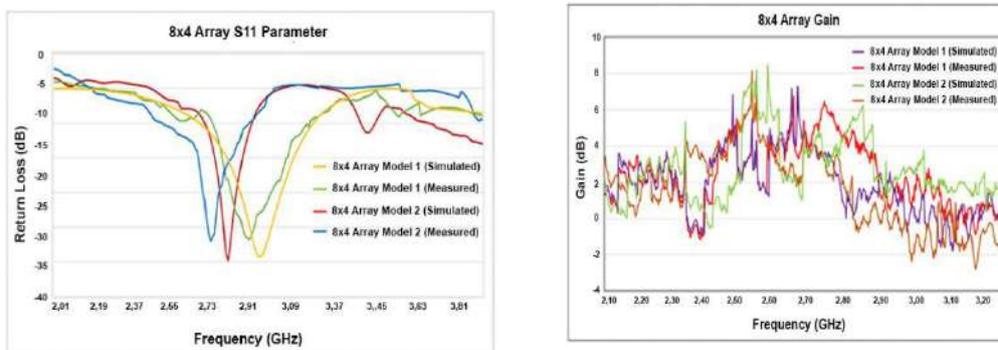
$w_1 = w_2$	1mm	Width of stripline
w_3	2mm	Width of curve stripline
θ	30°	The Gradient in the curve line
Model 2		
w_1	2mm	Width of stripline
$w_2 = w_3$	1mm	Width of curve stripline
θ	30°	The Gradient in the curve line

Variasi lebar feeding pada model 1 dan model 2 dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan nilai gain dari performansi antenna.



Gambar.2.5. Hasil fabrikasi prototipe nxn antenna array mikrostrip double bi-ellipse.

Hasil analisis berupa perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran yang disajikan dalam bentuk grafik.

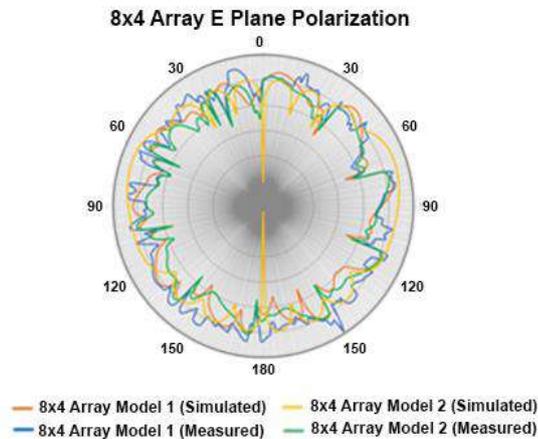


Gambar 2.6. Grafik S_{11} parameter dan gain varian array antenna mikrostrip double bi-ellipse

Pada hasil simulasi antenna mikrostrip double bi-ellipse array 8x4 “model 1” ditunjukkan bahwa antenna mampu bekerja pada frekuensi 2.97GHz dengan range bandwidth rata-rata 300.0MHz (2.82GHz-3.12GHz). Hasil simulasi mengindikasikan bahwa antenna mampu bekerja dengan baik pada range frekuensi S-Band yang dapat diaplikasikan pada sistem komunikasi satelit. Pada grafik S_{11} parameter nampak bahwa antenna memiliki nilai koefisien refleksi 0.03, VSWR 1.07, return loss -29.23dB, dan gain 7.28dB. Pada hasil simulasi antenna mikrostrip double bi-ellipse array 8x4 “model 2”, antenna bekerja pada frekuensi 2.82GHz dengan range bandwidth rata-rata 120.0MHz (2.76GHz-2.88GHz). Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada grafik S_{11} parameter nilai koefisien refleksi yang dimiliki antenna yaitu 0.03, VSWR 1.07, return loss -29.83dB, dan gain 8.46dB. Pada hasil pengukuran untuk antenna mikrostrip double bi-ellipse array 8x4 “model 2” menunjukkan nilai frekuensi kerja 2.74GHz dengan range bandwidth rata-rata 150.0MHz (2.68GHz-2.83GHz), dengan nilai koefisien refleksi 0.04, VSWR 1.09, return loss -27.06dB dan gain 8.19dB. Tanda negatif (-) pada nilai return loss memiliki makna kehilangan daya.

Pola radiasi dari antenna mikrostrip double bi-ellipse yang dihasilkan bersifat linear omnidirectional. Pola radiasi antenna menggambarkan kekuatan relatif medan yang dipancarkan di berbagai arah dari antenna pada jarak yang konstan. Secara fisika dapat dijelaskan bahwa pola radiasi merupakan gambaran sifat-sifat radiasi (medan jauh) oleh

suatu antenna yang terjadi karena arus listrik dalam suatu kawat selalu dikelilingi oleh medan magnetis. Arus listrik bolak balik menyebabkan muatan-muatan listrik bebas dalam kawat akan mendapatkan percepatan, sehingga timbul suatu medan elektromagnetik bolak balik yang berjalan menjauhi antenna dalam bentuk gelombang elektromagnetik dan terbentuklah medan elektromagnet.



Gambar. 2.7. Grafik pola radiasi bidang E antenna mikrostrip double bi-ellipse.

Pola radiasi dari antenna mikrostrip double bi-ellipse yang dihasilkan bersifat linear omnidirectional. Ini diartikan bahwa daya yang dipancarkan oleh suatu antenna ke semua arah tegak lurus dengan sumbu dengan daya yang bervariasi.

Analisis Numerik

Impedansi Karakteristik dan Kesetaraannya.

Besarnya impedansi karakteristiknya dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (2.1)$$

Impedansi antenna dinyatakan oleh perbandingan tegangan dan arus di terminal input atau catu (feeder). Perancangan suatu saluran transmisi tidak terlepas dari penyesuaian impedansi (matching impedance). Suatu jalur atau saluran transmisi dikatakan match apabila impedansi karakteristik $Z_0 = Z_L$ atau dengan kata lain tidak ada refleksi yang terjadi pada ujung saluran beban. Z_0 merupakan impedansi karakteristik saluran transmisi dan bernilai 50 Ohm sedangkan Z_L merupakan impedansi beban. Beban dapat berupa antenna atau rangkaian lain yang mempunyai impedansi ekuivalen Z_L . [2] Persamaan-Persamaan Yang Digunakan Pada Bagian Patc (Stripline) Panjang stripline:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}, \quad (2.2)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}, \quad (2.3)$$

Lebar stripline:

$$w = \frac{1}{2f\sqrt{\mu_0 Z_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}, \quad (2.4)$$

Hubungannya dengan Impedansi karakteristik digunakan persamaan-persamaan sebagai berikut: Untuk bagian patch yang tipis ($w/h < 3,3$):

$$Z_o = \frac{119,9}{\sqrt{2(\epsilon_r + 1)}} \left[\ln \left\{ 4 \frac{h}{w} + \sqrt{16 \left(\frac{h}{w} \right)^2 + 2} \right\} \right], \quad [12-16,24,26] \quad (2.5)$$

Permittivitas listrik pada rangkaian mikrostrip ditentukan dengan persamaan:

$$\frac{1}{c_{tot}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}, \quad (2.6)$$

dengan $c = \epsilon_o \epsilon_r \frac{A}{d}$ diperoleh:

$$\frac{1}{\epsilon_o \epsilon_r \frac{A}{d_{tot}}} = \frac{1}{\epsilon_o \epsilon_{r1} \frac{A_1}{d_1}} + \frac{1}{\epsilon_o \epsilon_{r2} \frac{A_2}{d_2}} \quad (2.7)$$

Dengan permittivitas efektif mikrostrip (ϵ_{eff}):

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 10 \frac{h}{w} \right)^{-0,555}, \quad (2.8)$$

Persamaan analisis impedansi (Z_{in}) pada bagian tapered disesuaikan karena impedansi (Z_o) di setiap titik berbeda, sehingga diperlukan analisis dengan memperhatikan dimensi parameter pada bagian tapered [2].

Pada kasus open circuit diasumsikan bahwa nilai tahanan nol. Dikatakan terjadi lossless, sehingga:

$$Z_{in} = Z_o \frac{Z_L + j Z_o \tan \beta l}{Z_o + j Z_L \tan \beta l}, \quad (2.9)$$

Setelah diuraikan diperoleh:

$$Z_{in} = \frac{Z_o Z_L}{j Z_L \tan \beta l} = -Z_o j \cot \beta l ; \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2.10)$$

Nilai Z_o dicari dengan mengacu pada Persamaan (2.5). Sehingga diperoleh persamaan Z_{in} pada bagian tapered:

$$\int_0^l d(Z_{in}) = \int_0^l j l (1 + \cot^2 \beta l) \frac{119,9}{\sqrt{2(\epsilon_r + 1)}} \left[\frac{-2h\sqrt{3}}{l^2} - \frac{12h^2\sqrt{3}}{l^3} \left(\frac{1}{\frac{3h^2}{4l^2} + 2} \right) \right] dl$$

$$Z_{in} = j \frac{1}{2} l^3 (1 + \cot^2 \beta l) \frac{119,9}{\sqrt{2(\epsilon_r + 1)}} \left[-\frac{3\sqrt{3}h}{l} - \frac{192\sqrt{3}h^2}{9h^2 + 2l} \right] \text{ dengan } \beta = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2.11)$$

Setelah nilai impedansi intrinsik (Z_{in}) diperoleh pada bagian tapered, akan menjadi impedansi beban (Z_L) baru yang dihubungkan dengan impedansi (Z_o) pada bagian patch (stripline) untuk mendapatkan nilai impedansi karakteristik (Z_{in}) pada bagian percabangan yang selanjutnya diparalel sesuai jumlah array yang dirancang hingga mendapatkan nilai impedansi total sebagai nilai Z_L pada bagian konektor sebagai daerah pencatutan.

SIMPULAN DAN SARAN

Telah dilakukan analisis numerik, simulasi, fabrikasi dan karakterisasi antena mikrostrip yang bisa diaplikasikan pada sistem komunikasi satelit khususnya aplikasi radar. Beberapa hal sebagai bahan penelitian lebih lanjut: 1). Bahan/substrat yang digunakan pada saat proses fabrikasi diupayakan dengan konduktivitas listrik lebih kecil. 2). Hasil parameter karakteristik antena yang dihasilkan utamanya polarisasinya masih bersifat linear. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam aplikasi komunikasi satelit hendaknya polarisasi yang dihasilkan bersifat sirkular. Dengan demikian kepada peneliti lain yang tertarik untuk mengembangkan variasi desain antena dan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dari performansi antena mikrostrip, untuk mengevaluasi dan mencari solusi mengacu dari keterbatasan hasil penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia melalui beasiswa LPDP dan program Sandwich (PKPI), ITS Surabaya, Chiba University Japan, dan Universitas Pendidikan Ganesha.

REFERENSI

- [1] Artawan. (2020), Antena Mikrostrip Array berbasis Double Bi-ellips untuk Komunikasi Satelit. Disertasi, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- [2] Artawan, Hadi Pramono, Yono. (2010), Perancangan Antena Panel Mikrostrip Horn Array 2x2 Untuk Komunikasi Wi-Fi Pada Frekuensi 2,4 GHz. Prosiding Simposium Fisika Nasional (SFN), ITS, Surabaya.
- [3] Balanis, C.A. (1997), Antena Theory Analysis and Design, Second Edition, John Wiley and Sons, New York.
- [4] Edward, Terry. (1991), Foundation For Microstrip Circuit Design. Knaresborough England.
- [5] Shafai. (2001), Microstrip Antena Design Handbook, Profesor University Of Manitoba, Wimmipeg, Canada.
- [6] Kraus, John, D. (1984), Electromagnetics, Third Edition, McGraw-Hill, New York.
- [7] Ohri, V, Amin, O, Gebremariam, H Dubois, B. (2003), Microwave Mikrostrip Horn Antena Design and Test System, San Jose State University.
- [8] Hund, E. (1989), Microwave Communications, Component and Circuit, McGraw Hill, New York.
- [9] *IEEE 802.15.4 Spesification, 2003MaD-WiSeManual, July 2006*
- [10] Hadi Pramono, Yono. (2009), Prototipe Antenna Bi-Mikrostrip tapered patch Dengan Dua Arah Pola Radiasi Dan Satu Feeding Monopole Beroperasi Pada Freq. 2,4 GHz. Prosiding T.Informatika, UPN. Yogyakarta.
- [11] S. Gao, Q. Luo, F. Zhu, *Circularly Polarized Antenna*, John Wiley & Sons, Ltd, 2014.
- [12] S. Murugan, V. Rajamani, "Study of broadband circularly polarised microstrip antenna" *Science Engineering and Management Research (ICSEMR), 2014 International Conference on*. IEEE, 2014.
- [13] Kurniawan Farohaji, Sri Sumantyo, J. T, Gao Steven, Ito Koichi, Edi Santosa C. "Square-shaped feeding truncated circularly polarised slot antenna". *IET Microwaves, Antenna & Propagation Journals*. ISSN 1751-8725, 2018.
- [14] Edi Santosa C, Sri Sumantyo, J.T, Yam Chua Ming, Urata Katia, Ito Koichi, Gao Steven. "Subarray Design for C-Band Circularly-Polarized Synthetic Aperture Radar Antenna Onboard Airborne," *Progress in Electromagnetics Research*, Vol. 163, 107-117, 2018.
- [15] Xu Mao-Chun, Gao Steven, Wang Yi, Sri Sumantyo, J.T. "Compact Broadband Dual-Sense Circularly Polarized Microstrip Antenna/Array With Enhanced Isolation". *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol 65, No.12, 2017.
- [16] Kumar Dwivedi M, Srivastava Pragati. "Microstrip Patch Array Antenna for X Band Application". *Antenna Test and Measurement Society (ATMS India-16)*, 01-03 Feb, 2016.
- [17] Zuhair Shakor Mahmood, Ali Najdet Nasret, Attallah Younis Awed. "Design of New Multiband Slot Antennas for Wi-Fi Devices". *International Journal on Communication Antenna and Propagation*, Vol 9, No 5, 2019.
- [18] Nadia Chater, Tomader Mazri, Mohammed Benbrahim. "Study, Simulation and Optimization of an 8x1 Array Antenna for Electronic Scanning Radar Application". *International Journal on Communication Antenna and Propagation*, Vol 8, No 6, 2018.
- [19] Dasari Nataraj, G. Karunakar. "Compact Printed Elliptical Microstrip Patch with Defected Ground Structure (DGS) for Wireless Applications". *International Journal on Communication Antenna and Propagation*, Vol 8, No 3, 2018.
- [20] Thep Kueathaweekun. "A Study of Dual/Triple-Band Microstrip-Fed Slot Antenna Design for WLAN/WiMAX Communication Systems". *International Journal on Communication Antenna and Propagation*, Vol 7, No 2, 2017.
- [21] Ahmed Al Amin, Md. Shoriful Islam, M. A. Masud, N. H. Khan, J. W. A. Zavala, M. M. U. Islam "Design and Performance Analysis of 3.4 GHz Rectangular Microstrip Patch Antenna for Wireless Communication Systems". *International Journal on Communication Antenna and Propagation*, Vol 7, No 1, 2017.
- [22] Ravi Kant Prasad, D. K. Srivastava, J. P. Saini "Design and Analysis of Gain and Bandwidth Enhanced Triangular Microstrip Patch Antenna". *International Journal on Communication Antenna and Propagation*, Vol 8, No 1, 2018.
- [23] Taher Al Sharabati, Bilal S. Taha. "Theoretical Modeling and Performance Assessment of the Effects of the Dissipation Factor (Loss Tangent) on Microstrip Patch Antennas Using Rogers' Kappa-438 Substrate". *International Journal on Communication Antenna and Propagation*, Vol 9, No 6, 2019.
- [24] Mourad S. Ibrahim. "2x2 Circularly Polarized MIMO Antenna at Ka-band for Fifth Generation Applications". *International Journal on Communication Antenna and Propagation*, Vol 9, No 2, 2019.

TINGKAT KEMAMPUAN GURU-GURU SMP NEGERI 4 SUKASADA DALAM MENGEMBANGKAN PENILAIAN BERBASIS ASESMEN KOMPETENSI MINIMAL (AKM)

Putu Yasa¹⁾, Ida Bagus Putu Mardana²⁾ dan Rai Sujanem³⁾

Universitas Pendidikan Ganesha

¹⁾pt.yasa@undiksha.ac.id, ²⁾putu.mardana@undiksha.ac.id, ³⁾rai_sujanem@undiksha.ac.id

ABSTRACT

The purpose of the descriptive study was to describe qualitatively the level of the teachers of the SMP Negeri 4 Sukasada in developing the assessment instrument based on the minimal assessment competence (AKM). Based on the letter of the Minister of Education and Culture No.1 of 2021 replace the National Examination for primary and secondary education levels into a national assessment. A national assessment that comprehensively captures the quality of learning processes and outcomes for overall of Indonesia. Cognitive aspects measured in the national assessment are reading literacy and mathematical (numbering) literacy. One of the reasons for replacing the National Examination with a Minimum Competency Assessment (AKM) is the result of tests conducted by the Program for International Student Assessment (PISA). Through the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) which noted that Indonesia's PISA score ranking which tends to stagnate is in the lower group in the last 10-15 years This research was a descriptive study involving 18 teachers from various subjects. The research was conducted through a questionnaire in the form of giving assignments to each teacher to develop two AKM-based questions for reading literacy and numerical literacy. The research data were analyzed descriptively and quantitatively by determining the average score of the teacher's ability to develop AKM-based assessment instruments. The results showed that 88% of the teachers involved had good abilities in developing AKM-based assessment instruments with an average score of 78 in the good category. The results achieved were inseparable from the efforts of the Principal who always encouraged teachers to always attend meetings. online scientific meetings, workshops and technical guidance conducted by Education and Culture agencies both at the provincial and national levels.

Key wards: ability, teacher, and minimal competence assesment

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk mendeskripsikan secara kualitatif tingkat kemampuan guru-guru SMP Negeri 4 Sukasada dalam mengembangkan instrumen penilaian berbasis AKM. Berdasarkan Surat Edaran Mendikbud No.1 Tahun 2021 mengganti Ujian Nasional (UN) untuk jenjang pendidikan dasar dan menengah menjadi assesmen nasional. Assesmen nasional yang memotret secara komprehensif mutu proses dan hasil belajar di seluruh Indonesia. Aspek kognitif yang diukur pada assesmen nasional adalah literasi membaca dan literasi matematika (numerasi). Salah satu alasan penggantian UN menjadi Assesmen Kompetensi Minimal (AKM) adalah hasil dari tes yang dilakukan oleh Programme for International Student Assessment (PISA). Melalui Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) yang mencatat bahwa peringkat nilai PISA Indonesia yang cenderung stagnan berada dalam kelompok bawah dalam 10-15 tahun terakhir. Penelitian ini merupakan studi deskriptif yang melibatkan 18 guru dari berbagai mata pelajaran. Penelitian dilakukan melalui angket dalam bentuk pemberian tugas kepada masing-masing guru untuk mengembangkan dua buah soal yang berbasis AKM untuk literasi membaca dan literasi numerik. Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif dengan menentukan rerata skor kemampuan guru dalam mengembangkan instrumen penilaian berbasis AKM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 88% guru yang terlibat memiliki kemampuan yang baik dalam mengembangkan instrumen penilaian berbasis AKM dengan rerata skor 78 pada kategori baik.. Hasil yang dicapai tidak terlepas dari usaha-usaha Kepala Sekolah yang selalu mendorong guru-guru untuk selalu mengikuti pertemuan-pertemuan ilmiah secara online, workshop dan bimtek yang dilakukan instansi Pendidikan dan Kebudayaan baik di tingkat Provinsi maupun Nasional.

Kata kunci: Kemampuan, Guru, Assesmen Kompetensi Minimal

PENDAHULUAN

Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) merupakan penilaian kemampuan minimum yang dilakukan kepada peserta didik. Kemampuan minimum yang dimaksud adalah kemampuan paling dasar yang harus dimiliki oleh peserta didik pada jenjang pendidikan tertentu. Kemampuan dasar tersebut dalam hal ini meliputi literasi membaca dan numerasi. Kemampuan ini sesuai dengan kecakapan abad ke-21 dengan menguasai kecakapan abad ke-21, peserta didik diharapkan dapat memiliki keterampilan belajar dan berinovasi, keterampilan menggunakan dan memanfaatkan teknologi/media informasi, serta dapat bekerja dan bertahan dengan menggunakan nya sebagai kecakapan hidup (*life skill*). Untuk itu perlu dikembangkan desain pengembangan soal AKM untuk membantu sekaligus memberi inspirasi kepada para pendidik dan sekolah dalam mengembangkan soal-soal yang dapat menuntut peserta didik memiliki kemampuan berpikir abad ke-21.

Sejumlah organisasi dan institusi telah berupaya merumuskan dan menjelaskan kompetensi dan kecakapan yang diperlukan dalam menghadapi kehidupan abad ke-21. US-based Partnership for 21st Century Skills (P21) mengidentifikasi kompetensi yang diperlukan di abad ke-21 adalah "The 4Cs: communication, collaboration, critical

thinking, and creativity". Kecakapan abad ke-21 dikembangkan melalui: (1) kecakapan berpikir kritis dan pemecahan masalah (critical thinking and problem solving skill), (2) kecakapan berkomunikasi (communication skills), (3) kecakapan kreativitas dan inovasi (creativity and innovation), dan (4) kecakapan kolaborasi (collaboration).

Salah satu prasyarat untuk mewujudkan kecakapan hidup abad ke-21 tersebut adalah kemampuan literasi peserta didik. National Institut for Literacy menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan literasi adalah kemampuan seseorang untuk membaca, menulis, berbicara, menghitung, dan memecahkan masalah pada tingkat keahlian yang diperlukan dalam pekerjaan, keluarga, masyarakat. World Economic Forum (2015) menetapkan enam literasi dasar, yaitu (a) literasi baca tulis, (b) literasi numerasi, (c) literasi sains, (d) literasi digital, (e) literasi finansial, dan (f) literasi budaya dan kewargaan.

Pemerintah melalui Kemendikbud telah mengeluarkan kebijakan untuk meniadakan Ujian Nasional (UN) untuk jenjang pendidikan dasar dan menengah mulai tahun 2021, maka untuk memotret gambaran pendidikan nasional dilakukan assesmen nasional. Assesmen nasional merupakan upaya untuk memotret secara komprehensif mutu proses dan hasil belajar pada satuan pendidikan dasar dan menengah di seluruh Indonesia. Informasi yang diperoleh digunakan untuk memperbaiki kualitas kualitas pembelajaran di satuan pendidikan, yang pada gilirannya dapat memperbaiki hasil belajar peserta didik. Salah satu komponen hasil belajar yang diukur pada assesmen nasional adalah literasi membaca dan literasi matematika (numerasi), assesmen ini dikenal dengan Assesmen Kompetensi Minimal (AKM), karena mengukur kompetensi mendasar atau minimal yang diperlukan individu untuk dapat hidup secara produktif di masyarakat. AKM memotret kompetensi mendasar yang diperlukan untuk sukses pada berbagai mata pelajaran, sehingga AKM berbeda dengan assesmen berbasis mata pelajaran. Hasil AKM juga diharapkan dapat memantik guru untuk menerapkan berbagai strategi belajar yang disesuaikan dengan kemampuan murid "teaching at the right level"

Salah satu indikator yang menjadi acuan di Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) adalah Programme for International Student Assessment (PISA) dan *ends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS). PISA sebagai metode penilaian internasional merupakan indikator untuk mengukur kompetensi siswa Indonesia di tingkat global. Organisasi untuk Kerja Sama Ekonomi dan Pembangunan (OECD) mencatat, peringkat nilai PISA Indonesia berdasarkan survei tahun 2018 adalah: Membaca (peringkat 72 dari 77 negara), Matematika (Peringkat 72 dari 78 negara), dan Sains (peringkat 70 dari 78 negara). Nilai PISA Indonesia juga cenderung stagnan dalam 10-15 tahun terakhir. Hal inilah yang menjadi salah satu alasan penggantian Ujian Nasional menjadi Assesmen Kompetensi Minimum, yang nantinya akan berfokus pada literasi, numerasi, pendidikan karakter. (Badan Assesmen dan Pembelajaran. 2020) .

METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Penelitian deskriptif kualitatif ini melibatkan 18 guru SMP Negeri 4 Sukasada dari berbagai mata pelajaran yang diampu. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode pengisian angket yang berisi tugas kepada masing-masing guru untuk mengembangkan dua jenis penilaian yaitu satu soal jenis penilaian literasi membaca dan satu jenis soal penilaian literasi matematika atau numerik. Soal-soal yang dikembangkan oleh guru dianalisis menggunakan rubrik format penilaian yang sudah disiapkan peneliti. Rubrik format penilaian tersebut mencakup dimensi 1) pelibatan konteks pada konten soal, 2) jenjang taksonomi dari soal yang dibuat, 3) jumlah pelibatan bidang pelajaran. Analisis data penilaian dilakukan dengan menentukan skor rata-rata yang dicapai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Angket yang diberikan pada guru-guru sebagai responden dikoreksi berdasarkan rubrik pensekoran yang telah disiapkan peneliti. Hasil yang dicapai data ditunjukkan pada tabel 1 berikut,

Tabel 1 Skor Pengembangan Instrumen Penilaian Berbasis AKM

No	Kategori	Kelas Interval	Frekwensi
1	Sangat baik	81 -100	1
2	Baik	61 - 80	15
3	Cukup	41 - 60	2
4	Kurang	21 - 40	0

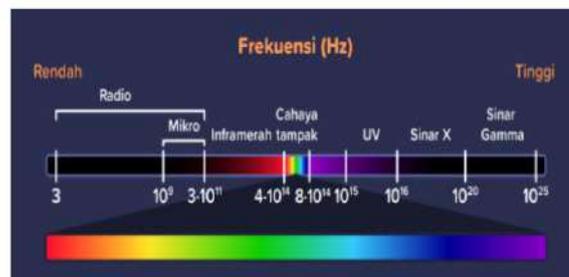
5	Sangat Kurang	0 - 20	0
---	---------------	--------	---

Skor rata-rata yang dicapai adalah sebesar 78 berada pada kategori baik. Berdasarkan pada tabel 1 di atas menunjukkan bahwa 88,8 % guru-guru di SMP Negeri 4 Sukasada telah memiliki kemampuan yang baik dalam mengembangkan instrumen penilaian berbasis AKM. Ini menunjukkan bahwa guru-guru dengan berbagai usaha dan upayanya untuk mengikuti berbagai Wbinar, workshop online dan Bimtek tentang Pengembangan instrumen penilaian AKM telah mampu memahami dan mengembangkan instrumen penilaian serta proses pembelajaran yang berbasis AKM. Upaya ini tidak dapat dilepaskan dari dorongan Kepala Sekolah SMP Negeri 4 Sukasada dan Wkasek bidang kurikulum yang selalu mendorong dan memotivasi guru-guru untuk setiap kesempatan dapat mengikuti kegiatan-kegiatan ilmiah mengenai AKM. Di lain pihak bahwa SMP Negeri 4 Sukasada adalah salah satu sekolah penggerak sehingga dari manajemen Kepala Sekolah yang baik telah menghasilkan penyiapan guru-guru dalam melaksanakan AKM di sekolahnya bahkan telah mengupayakan pengembangan bank soal AKM dengan alur pengembangan seperti berikut.



Gambar 1 Alur Pengembangan Bank soal AKM.

Berikut merupakan contoh dari soal AKM literasi numerik Kenny sedang melihat artikel mengenai Sains dan menemukan gambar sebagai berikut.



Gambar2. Sfektrum gelombang elektromagnet

Pada gambar, disajikan berbagai macam gelombang elektromagnetik yang disusun berdasarkan frekuensinya dalam satuan Hz.. Warna yang memiliki frekuensi lebih tinggi daripada warna hijau, tetapi lebih rendah daripada warna ungu adalah

- 1 biru
- 2 jingga
- 3 merah
- 4 kuning

Jawaban : A

Asesmen Kompetensi Minimum dan Survei Karakter, yang terdiri dari kemampuan bernalar menggunakan bahasa (literasi), kemampuan bernalar menggunakan matematika (numerasi), dan penguatan pendidikan karakter. Pelaksanaan ujian tersebut nantinya dilakukan oleh siswa yang berada di tengah jenjang sekolah seperti kelas 4, 8 dan 11. Sehingga, asesmen dan survei itu dapat mendorong guru dan sekolah untuk memperbaiki mutu pembelajaran. (Hendra Priana, 11 Desember 2019 <https://tirto.id/un-dihapus-mulai-2021-diganti-asesmen-kompetensi-survei-karakter-enfr>)

AKM merupakan penilaian kompetensi mendasar yang diperlukan oleh semua murid untuk mampu mengembangkan kapasitas diri dan berpartisipasi positif pada masyarakat. Terdapat dua kompetensi mendasar yang

diukur AKM, yaitu literasi membaca dan literasi matematika (numerasi). Baik pada literasi membaca maupun numerasi, kompetensi yang dinilai mencakup keterampilan berpikir logis-sistematis, keterampilan bernalar menggunakan konsep dan pengetahuan yang telah dipelajari, serta keterampilan memilah serta mengolah informasi. AKM menyajikan masalah-masalah dengan beragam konteks yang diharapkan mampu diselesaikan oleh murid menggunakan kompetensi literasi membaca dan numerasi yang dimilikinya. AKM dimaksudkan untuk mengukur kompetensi secara mendalam, tidak sekedar penguasaan konten. Literasi membaca didefinisikan sebagai kemampuan untuk memahami, menggunakan, mengevaluasi, merefleksikan berbagai jenis teks tertulis untuk mengembangkan kapasitas individu sebagai warga Indonesia dan warga dunia serta untuk dapat berkontribusi secara produktif kepada masyarakat. Numerasi adalah kemampuan berpikir menggunakan konsep, prosedur, fakta, dan alat matematika untuk menyelesaikan masalah sehari-hari pada berbagai jenis konteks yang relevan untuk individu sebagai warga Indonesia dan warga dunia. Asesmen Nasional perlu dilakukan untuk meningkatkan mutu pendidikan. Asesmen ini dirancang untuk menghasilkan informasi akurat untuk memperbaiki kualitas belajar-mengajar, yang pada gilirannya akan meningkatkan hasil belajar murid.. Asesmen Nasional menghasilkan informasi untuk memantau (a) perkembangan mutu dari waktu ke waktu, dan (b) kesenjangan antar bagian di dalam sistem pendidikan (misalnya kesenjangan antarkelompok sosial ekonomi dalam satuan pendidikan, kesenjangan antara satuan Pendidikan negeri dan swasta di suatu wilayah, kesenjangan antardaerah, atau pun kesenjangan antarkelompok berdasarkan atribut tertentu).

Assesmen Nasional adalah program penilaian terhadap mutu setiap sekolah dan program kesetaraan pada jenjang dasar dan menengah. Mutu satuan pendidikan dinilai berdasarkan hasil belajar siswa yang mendasar (literasi membaca, numerasi, dan karakter) serta kualitas proses belajarmengajar dan iklim satuan pendidikan yang mendukung pembelajaran. Informasi-informasi tersebut diperoleh dari tiga instrumen utama yaitu AKM, survey karakter dan survei lingkungan. AKM mengukur kompetensi mendasar literasi membaca dan numerasi siswa, survey karakter mengukur sikap, nilai, keyakinan, dan kebiasaan yang mencerminkan karakter siswa, dan survei lingkungan mengukur berbagai aspek input dan proses belajar-mengajar di kelas maupun tingkat sekolah.

Konten pada literasi membaca menunjukkan jenis teks yang digunakan, dalam hal ini dibedakan atas teks informasi dan teks fiksi. Tingkat proses kognitif yang dikembangkan menuntut proses berpikir yang dapat menyelesaikan masalah atau soal yang meliputi menemukan informasi, interpretasi, integrasi dan evaluasi serta refleksi. Konteks yang disajikan menunjukkan aspek kehidupan dan situasi sesuai konten yang digunakan. Konteks pada AKM mencakup personal, sosial budaya, dan saintifik.

Sedangkan numerasi merupakan suatu kompetensi yang mencakup pengetahuan, ketrampilan, perilaku, dan disposisi yang diperlukan siswa untuk menggunakan matematika dalam cakupan dan situasi yang lebih luas. Numerasi menuntut siswa untuk mengenali dan memahami peran matematika untuk memecahkan masalah kehidupan nyata. Kompetensi numerasi ditunjukkan adanya kemampuan siswa untuk bernalar, mengambil keputusan yang tepat, dan memecahkan masalah yang terkait dengan mata pelajaran lain yang dipelajari siswa.

Konten numerasi dibedakan menjadi empat kelompok, yaitu: Bilangan, Pengukuran dan Geometri, Data dan Ketidakpastian, serta Aljabar. Kemudian, tingkat proses kognitif menunjukkan proses berpikir yang dituntut atau diperlukan untuk dapat menyelesaikan masalah atau soal. Konteks AKM numerasi mencakup aspek kehidupan atau situasi untuk konten yang digunakan. Konteks pada AKM dibedakan menjadi tiga, yaitu personal, sosial budaya, dan saintifik

SIMPULAN

Pada bagian ini dikemukakan simpulan dan rekomendasi dari hasil studi deskriptif ini sebagai berikut. Kemampuan guru-guru SMP Negeri 4 Sukasada dalam mengembangkan instrumen penilaian berbasis AKM berada pada kategori baik dengan rerata skor adalah 78 dan sebanyak 88,8% guru telah mampu mengembangkan instrumen penilaian berbasis AKM dengan baik.

Sebagai salah satu upaya yang dapat dilakukan agar para guru dapat memahami dan mampu mengembangkan instrumen penilaian berbasis AKM adalah dengan secara mandiri aktif untuk mengikuti kegiatan-kegiatan tentang pengembangan instrumen penilaian dan peningkatan kualitas proses pembelajaran yang berbasis AKM baik secara offline maupun online.

REFERENSI

- Badan Assesmen dan Pembelajaran. 2020 . Assesmen Kompetensi Minimu dan Implikasinya dalam Pembelajaran. Pusat Assesmen dan Pembelajaran Kemendikbud Jakarta.
- Hendra Priana, 2019 <https://tirto.id/un-dihapus-mulai-2021-diganti-asesmen-kompetensi-survei-karakter-enfr>
- Depdikbud. 2018. Petunjuk Pelaksanaan OSN SMP 2018. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta

- Depdikbud. 2016. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia nomor 22 tahun 2016 tentang Standar Proses pada Kurikulum 2013 Pendidikan. Kemendikbud Jakarta.
- Depdikbud. 2015. Surat Edaran Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor: 0422/MPK.C/PD/2015 tentang Penyelenggaraan Olimpiade, Lomba, dan Festival. Kemendikbud. Jakarta.
- Kemendikbud. 2021. Asesmen Nasional *Lembar Tanya Jawab*. Pusat asesmen dan Pembelajaran Badan Penelitian dan Pengembangan Perbukuan Kemedikbud. Jakarta.
- Kemendikbud. 2020. AKM dan Implikasinya pada Pembelajaran. Pusat asesmen dan Pembelajaran Badan Penelitian dan Pengembangan Perbukuan Kemedikbud. Jakarta

PENGARUH KOMPOSISI PENCAMPURAN MATERIAL *GREEN ACTIVATED CARBON* DAN *POLYVINYLIDENE FLUORIDE* (PVDF) TERHADAP KARAKTERISTIK PADA *ELECTRIC DOUBLE LAYER CAPACITOR* (EDLC)

I Bagus Ngurah Alit Putra Wiryawan¹⁾, Ni Made Radha Jiawantini²⁾

Program Studi Pendidikan Fisika – Fakultas MIPA - Universitas Pendidikan Ganesha^{1,2)}

¹⁾ngurah.wiryawan@yahoo.co.id

ABSTRACT

Electric Double Layer Capacitor (EDLC) or supercapacitor is an electrochemical capacitor that has a high energy density compared to conventional capacitors. The performance of the device shown by the large power density and energy density depends on the properties of the electrode and electrolyte. The use of activated carbon from biomass material is not enough to improve the performance of EDLC, so other efforts are needed such as the composition of mixing carbon and polymer materials in the manufacture of electrodes. This study aims to analyze the effect of the mixing composition of green activated carbon and Polyvinylidene Fluoride (PVDF) on the characteristics of the Electric Double Layer Capacitor (EDLC). This true- experimental research was carried out by collecting SEM data, BET test, XRD characterization test, capacitance test, and charge-discharge test. Data were analyzed qualitatively and quantitatively. The results showed that there was an effect of the composition of the mixture of green activated carbon and PVDF on the characteristics of the EDLC. The composition of activated carbon and PVDF binder = 9:1 (w/w) has a better capacitor capacity than the composition of 8:2 (w/w). The largest capacitor capacity has a value of 0.52 F/g at a 9:1 composition. Based on the results of SEM-EDX, there is a red color that is more dominant in the 8:2 composition which indicates the binder is more dominant than activated carbon, compared to the 9:1 composition which shows the blue color is more dominant.

Keywords: *Green Activated Carbon, EDLC, PVDF, Composition of materials*

ABSTRAK

Electric Double Layer Capacitor (EDLC) atau superkapasitor merupakan kapasitor elektrokimia yang mempunyai densitas energi tinggi dibandingkan dengan kapasitor konvensional. Unjuk kerja sel superkapasitor yang ditunjukkan oleh rapat daya maupun rapat energi yang besar bergantung pada sifat-sifat elektroda dan elektrolitnya. Penggunaan karbon aktif dari material biomassa tidak cukup dalam meningkatkan performansi dari EDLC, sehingga diperlukan upaya lain seperti komposisi pencampuran material karbon dan polimer pada pembuatan elektroda. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposisi pencampuran material green activated carbon dan Polyvinylidene Fluoride (PVDF) terhadap karakteristik pada Electric Double Layer Capacitor (EDLC). Penelitian eksperimen murni ini dilaksanakan dengan mengumpulkan data SEM, Uji BET, Uji karakterisasi dengan XRD, Uji Kapasitansi, Uji Charge-Discharge. Data dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh komposisi pencampuran material green activated carbon dan PVDF terhadap karakteristik pada EDLC. Komposisi karbon aktif dan binder PVDF = 9:1 (w/w) memiliki kapasitas kapasitor yang lebih baik dibandingkan pada komposisi 8:2 (w/w). Kapasitas kapasitor terbesar memiliki nilai 0,52 F/g pada komposisi 9:1. Berdasarkan hasil SEM-EDX terdapat warna merah yang lebih dominan pada komposisi 8:2 yang menunjukkan binder lebih dominan dari pada karbon aktif, dibandingkan pada komposisi 9:1 yang menunjukkan warna biru lebih dominan.

Kata Kunci: *Green Activated Carbon, EDLC, PVDF, Komposisi material*

PENDAHULUAN

Transportasi berkelanjutan merupakan upaya untuk memenuhi kebutuhan mobilitas transportasi saat ini. Konsep ini dikembangkan tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhan mobilitasnya. Sistem transportasinya tidak menimbulkan dampak yang membahayakan kesehatan masyarakat atau ekosistem dan dapat memenuhi kebutuhan mobilitas yang ada secara konsisten. Dalam konsep perencanaan kota, konsep ini diterjemahkan sebagai upaya peningkatan fasilitas bagi komunitas bersepeda, pejalan kaki, fasilitas komunikasi, maupun penyediaan transportasi umum massal yang murah dan ramah lingkungan yang dapat mengurangi penggunaan kendaraan pribadi.

Berkembangnya aktivitas masyarakat dan tingginya mobilitas penduduk terkadang tidak diimbangi dengan sarana dan prasarana pendukungnya, khususnya di bidang transportasi. Permasalahan lain seperti kemacetan di jalan dan polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor sudah mencapai titik yang cukup mengkhawatirkan (Rizal, 2017). Tingginya pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di kota-kota besar di Indonesia tidak dapat dihindarkan yaitu berkisar 8-12 juta pertahun. 60% adalah sepeda motor dengan pertumbuhan 4% per tahun dan mobil sekitar 3-4% per tahun (Gusnita, 2010). Oleh karena itu, semakin meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor khususnya kendaraan pribadi akan semakin meningkatkan emisi polutan ke udara dan tingkat kemacetan di jalan akan semakin parah.

Terkait permasalahan tersebut, pemerintah berencana untuk mengembangkan teknologi kendaraan *hybrid*. Teknologi ini dipilih karena dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, selain itu memiliki tingkat polusi dari emisi gas buang mendekati nol sehingga ramah lingkungan (Harfit, 2013). Transportasi *hybrid* memiliki kelebihan pada sistem operasinya yang langsung dapat mengisi ulang ke baterai, sedangkan transportasi listrik memerlukan waktu untuk pengisian ulang energinya (Parinduri *et al*, 2018). Rencana pengembangan transportasi *hybrid* memerlukan pengembangan material dan komponen yang digunakan. Peneliti saat ini banyak yang mengembangkan material maju untuk mengisi komponen transportasi *hybrid*, termasuk pada penggunaan penyimpanan energi seperti penggunaan baterai lithium dan superkapasitor.

Energi elektrokimia merupakan salah satu sumber energi pada transportasi *hybrid* yang berasal dari hidrogen. Salah satu sistem konversi dan penyimpanan energi elektrokimia yang sangat menarik dan baik adalah kapasitor elektrokimia. Material yang digunakan untuk elektroda kapasitor elektrokimia adalah karbon aktif. Karbon aktif digunakan karena memiliki luas permukaan yang besar dan aksesibilitas pori yang baik. *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC) atau superkapasitor merupakan kapasitor elektrokimia yang mempunyai densitas energi tinggi dibandingkan dengan kapasitor konvensional. Keunggulan EDLC diantaranya adalah waktu hidup lebih lama, prinsip dan model sederhana, kapasitas penyimpanan energi lebih besar, rapat daya tinggi, dan waktu *re-charge* pendek serta aman dalam penggunaannya (Dzujah *et al*, 2018). Kemampuan penyimpanan energi pada EDLC dipengaruhi oleh struktur pori yang berhubungan dengan proses difusi ion ke dalam pori elektroda dimana proses ini merupakan faktor penting yang mempengaruhi *charge-discharge*.

Divais EDLC atau superkapasitor terdiri atas bagian elektroda, separator, elektrolit dan pengumpul muatan. Unjuk kerja sel superkapasitor yang ditunjukkan oleh rapat daya maupun rapat energi yang besar bergantung pada sifat-sifat elektroda dan elektrolitnya. Pemanfaatan karbon sebagai material elektroda pada sistem EDLC telah dikembangkan, antara lain memanfaatkan material karbon aktif, grafit, karbon aerogel maupun *carbon nanotubes*. Pembuatan karbon aktif menggunakan berbagai jenis limbah biomassa telah banyak dilakukan. Keunggulan bahan biomassa ini memiliki kadar karbon yang tinggi, mudah diperoleh dan biaya produksi yang murah (Taer *et al*, 2015).

Penggunaan karbon aktif dari material biomassa tidak cukup dalam meningkatkan performansi dari EDLC, sehingga diperlukan upaya lain. Penentuan komposisi pencampuran material karbon dan polimer pada pembuatan elektroda juga harus diperhatikan (Swantomo *et al*, 2018). Polimer yang umum digunakan adalah *binder Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) karena lebih stabil terhadap bahan kimia keras, tahan pada suhu tinggi, dan mempunyai porositas yang tinggi (Putro *et al*, 2016). Penentuan terhadap %berat PVDF optimal perlu dilakukan, sebab *binder* dapat menutupi luas permukaan dan pori aktif material. Hal ini akan menghalangi ion bergerak melewati pori sehingga akan menurunkan konduktivitas ionik material EDLC. Tujuan dalam penelitian ini adalah menganalisis pengaruh komposisi pencampuran material *green activated carbon* dan *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) terhadap karakteristik pada *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen murni (*true experiment*). Variabel bebas pada penelitian ini adalah komposisi pencampuran material *green activated carbon* dan *Polyvinylidene Fluoride*. Komposisi yang digunakan adalah karbon: binder A (8:2 w/w) dan B (9:1 w/w). Pada penelitian ini, yang menjadi variabel terikat adalah karakteristik EDLC dari SEM EDX.

Bahan penelitian diantaranya kulit buah mahoni, gas N₂, gas NH₃, NaOH, DMAc, PVDF, Na₂SO₄ 1 M, aquades, grafit, nitrogen cair dan polipropilen. Alat yang digunakan diantaranya *furnace* tabung, XRD, SEM merk Hitachi SU3500 + X-MAX N Silicon Drift X-Ray Detector HORIBA, PSA (*Particle Size Analyzer*) CILAS 1900, *Surface area and pore size analyser* Quantachrome Instruments NOVA 4200e, dry box, LCR-meter, *hot plate stirrer*, mortar agate, *magnetic bar*, gelas kimia, pipet ukur, neraca analitik.

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan 4 tahapan yaitu: (a) Tahap dehidrasi dengan cara bahan baku kulit buah mahoni dipotong-potong 1-2 cm. Kemudian dipanaskan pada suhu 150°C selama 2 jam untuk menghilangkan kadar airnya. (b) Tahap Degumming dengan cara bahan baku ditimbang sebanyak 60 gram, kemudian dimasukkan ke dalam

NaOH 10% berat dalam 3000 mL beaker gelas, selanjutnya distirer pada suhu 95°C selama 3 jam di dalam ruang asam. Setelah 3 jam, bahan disaring lalu dicuci dengan air sampai bersih dari larutan NaOH (sebanyak 4 kali dan direndam menggunakan akuades sebanyak 3000 mL selama 15 menit). Setelah itu bahan disaring dan tiriskan pada suhu ruang sampai kering. (c) Tahap Karbonisasi dengan cara bahan baku dimasukkan ke dalam furnace tabung kemudian dari suhu ruang dinaikkan menjadi 450°C selama 45 menit dengan kecepatan peningkatan suhu $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ yang dialiri gas N_2 sebesar 200 cc/menit. Bahan dibakar pada suhu 450°C selama 30 menit. Suhu ditingkatkan kembali selama 80 menit hingga menjadi 800°C . Kemudian karbon diaktivasi. (d) Tahap aktivasi. Proses aktivasi menggunakan aktivasi fisika. Suhu dinaikkan dengan kecepatan kenaikan $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ dalam kondisi dialiri ammonia sampai pada suhu 800°C , dan ditahan selama 2 jam. Setelah diaktivasi suhu diturunkan kembali ke suhu ruang dengan aliran N_2 .

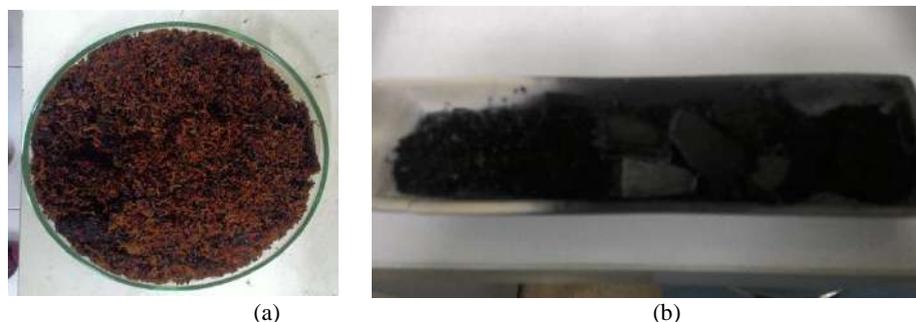
Pembuatan elektroda menjadi poin dalam riset ini. Komposisi karbon dan binder dilakukan saat pembuatan katoda maupun anoda. Pembuatan katoda pada komposisi 9 : 1 dilakukan dengan menggunakan sebanyak 0,045 g PVDF dilarutkan dalam 2 ml pelarut DMAc sambil dipanaskan pada suhu $70\text{-}80^{\circ}\text{C}$ dengan putaran sebesar 200-250 rpm sampai homogen. Setelah larut, campurkan dengan karbon sebanyak 0,405 g sedikit demi sedikit kemudian tunggu hingga homogen dan membentuk pasta. Setelah campuran berbentuk pasta, tuangkan pasta pada aluminium foil kemudian ratakan menggunakan metode *casting*. Lembaran katoda sudah jadi, tunggu hingga lembaran katoda setengah kering kemudian dikering *vacum* dalam *drybox* selama 30 menit pada suhu 80°C . Pembuatan anoda pada komposisi 9 : 1 antara karbon dan binder, menggunakan sebanyak 0,045 g PVDF dilarutkan dalam 2 ml pelarut DMAc sambil dipanaskan pada suhu $70\text{-}80^{\circ}\text{C}$ dengan putaran sebesar 200-250 rpm sampai homogen. Setelah larut, campurkan dengan 0,0405 g grafit dan 0,3645 g karbon sedikit demi sedikit kemudian tunggu hingga homogen dan membentuk pasta. Setelah campuran berbentuk pasta, tuangkan pasta pada aluminium foil kemudian ratakan menggunakan metode *casting*. Lembaran katoda sudah jadi, tunggu hingga lembaran katoda setengah kering kemudian dikering *vacum* dalam *drybox* selama 30 menit pada suhu 80°C .

Pembuatan EDLC dirangkai secara sederhana yaitu frame dari aluminium foil dengan elektroda dari karbon aktif yang terbuat dari limbah kulit buah mahoni berdiameter 2,3 cm dan separator terbuat dari polipropilen dengan diameter 2,8 cm. dengan elektrolit dari Na_2SO_4 1 M. Sel kapasitor disusun seperti *sandwich* yaitu dengan urutan katoda (+), separator yang sudah dicelupkan ke dalam elektrolit dan anoda (-). Tunggu hingga 24 jam agar elektron dapat memenuhi elektroda karbon. Lalu siap diuji kapasitansinya.

Pengumpulan data dalam penelitian ini diantaranya uji morfologi permukaan karbon aktif menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), uji XRD (*X-ray Diffractometer*), uji kapasitansi EDLC menggunakan alat *Cyclic Voltametry*, dan uji BET untuk mengetahui luas permukaan dan besar porositas karbon. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif data dianalisis menggunakan analisis penyajian data. Sedangkan secara kuantitatif data dianalisis menggunakan analisis data statistik deskriptif.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pembuatan *green activated carbon* untuk aplikasi *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC) dibuat dari limbah kulit buah mahoni. Bahan ini dapat digunakan karena semakin banyak kandungan lignin, hemiselulosa dan selulosa di dalamnya akan semakin baik karbon aktif yang dihasilkan (Yashito, 2006). Proses *degumming* digunakan untuk menghilangkan lignin dan getahnya sebelum proses karbonisasi, sehingga hasil dari luas permukaan lebih besar.



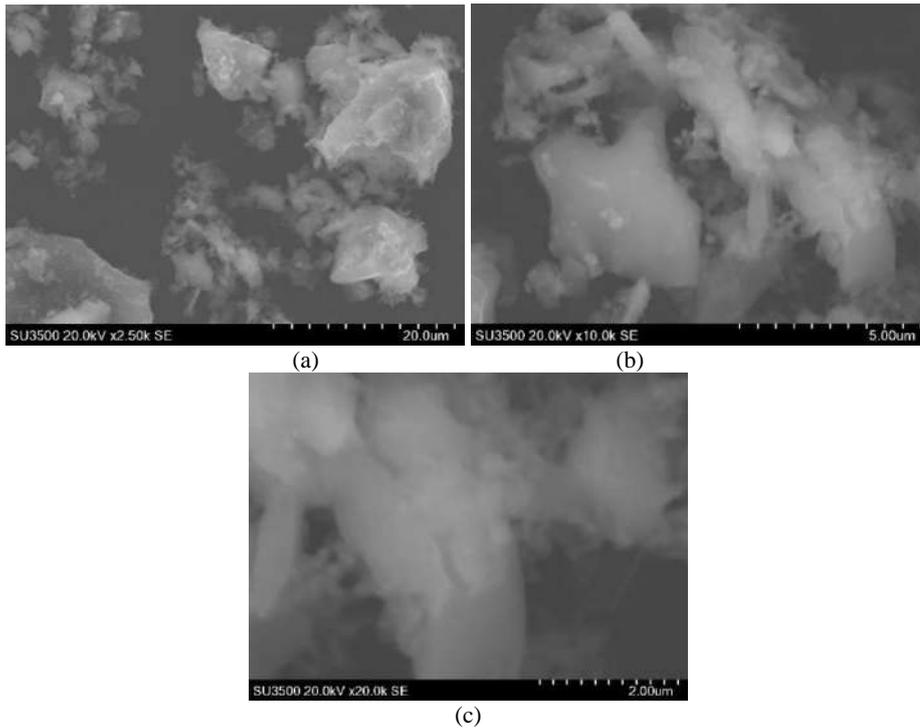
Gambar 1. (a) Bahan pasca proses degumming, (b) hasil proses karbonisasi dan aktivasi
Sumber: Dokumentasi Peneliti

Hasil pengukuran pada *surface area* dari *green activated carbon* yang digunakan dalam penelitian dilakukan dengan uji BET. Hasil uji *surface area* tersaji pada Tabel 1.

Tabel 3. Hasil Uji *Surface Area* dengan BET
 Sumber: Data Peneliti

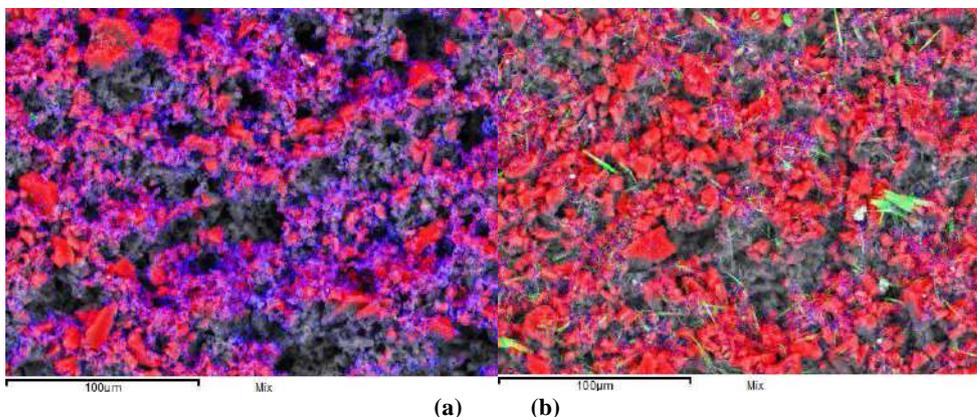
Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)	Volume Pori (cm ³ /g)	Diameter Pori (Å)
<i>Green Activated Carbon</i>	377,3	0,2274	12,06

Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan karbon aktif kulit buah mahoni sebagai *green activated carbon* yang digunakan dalam penelitian. Hasil dari uji SEM berupa gambar (*image*) yang menggambarkan morfologi permukaan karbon.



Gambar 2. Hasil Uji SEM dengan (a) pembesaran 2.500x (b) pembesaran 10.000x serbuk karbon (c) pembesaran 20.000x serbuk karbon
 Sumber : Dokumentasi Peneliti

Berdasarkan hasil uji SEM-EDX menunjukkan bahwa unsur yang paling dominan pada permukaan karbon aktif kulit buah mahoni sebagai *green activated carbon* yang digunakan dalam penelitian adalah C yaitu 86,15% dan 85,83%.

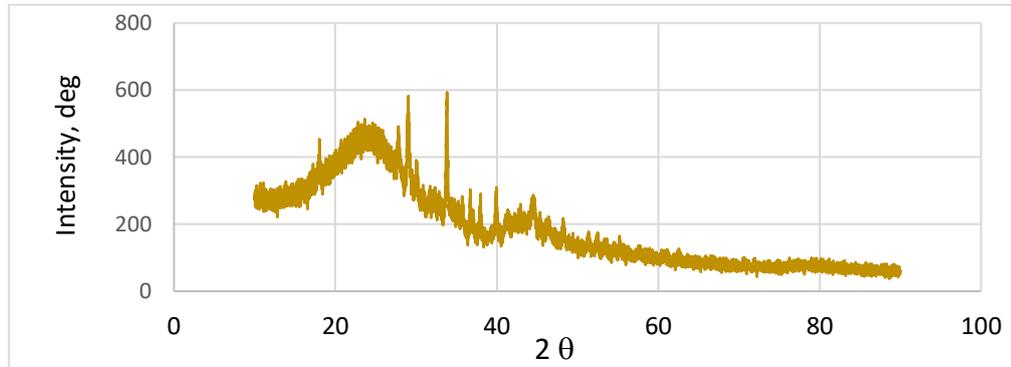


Gambar 3. Struktur permukaan elektroda *green activated carbon* dari kulit buah mahoni
 (a) Sampel A 8:2 (w/w), (b) Sampel B 9:1 (w/w)
 Sumber: Dokumentasi Peneliti

Berdasarkan Gambar 3, warna merah menunjukkan karbon dan warna ungu menunjukkan polimer. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa lembaran elektroda A (8:2) terdapat bagian yang ditutupi oleh polimer. Sedangkan pada

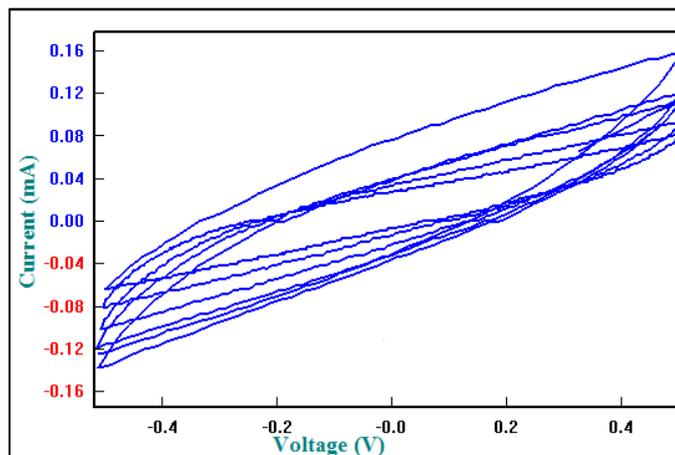
lembaran elektroda B (9:1) karbon terlihat memenuhi lembaran, terlihat hanya sedikit polimer dan karbon terlihat lebih kecil merata.

Struktur mikro dari karbon aktif kulit buah mahoni dianalisis dengan XRD (*X-Ray Diffraction*). Selain struktur mikro, uji XRD juga digunakan untuk mengetahui kerapatan suatu bahan.



Gambar 4. Kurva uji XRD (*X-Ray Diffraction*) Karbon Nanoporous
 Sumber : Dokumentasi Peneliti

Uji CV (*Cyclic Voltammetry*) bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitif elektrokimia dan mempelajari mengenai reaksi elektrokimia seperti reaksi redoks pada lembaran elektroda. Uji CV hanya dilakukan pada komposisi terbaik yaitu karbon dengan binder 9 : 1. Berikut hasil uji CV dari lembaran elektroda tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Uji CV Elektroda *Green Activated Carbon* dari Kulit Buah Komposisi 9:1 (w/w)
 Sumber : Dokumentasi Peneliti

Tabel 4. Kapasitansi Elektroda Berdasarkan Hasil Uji CV (*Cyclic Voltammetry*)
 Sumber : Data Peneliti

Sampel	(g)	Scan Rate				
		200 F/g	150 F/g	100 F/g	50 F/g	25 F/g
Komposisi 9 : 1	0.01	0.13836	0.159427	0.2047	0.32172	0.51824

Tabel 5. Kapasitansi Elektroda Terhadap Uji *Charge-Discharge*
 Sumber: Data Peneliti

Sampel	(g)	Arus Sampel (μA)		
		20	30	40
Komposisi 9 : 1	0.01	0.186666667	0.04	0.203

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa dari uji charge discharge didapatkan nilai kapasitansi tertinggi terdapat pada sampel B = 187 mF/g. Dari hasil uji tersebut komposisi karbon dan binder PVDF 9 : 1 berdampak signifikan terhadap nilai kapasitansi dari elektroda.

Tabel 6. Hasil Kapasitansi Terhadap Uji 100 Cycle
Sumber: Data Peneliti

Sampel	(g)	Voltage 0,5		
		uAh/g	uA.s	F/g
Komposisi 9 : 1	0.01	5.43	19548	0.078192

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa *green material* dari kulit buah mahoni dapat dijadikan karbon nanoporous pada EDLC (*Electric Double-Layer Capacitor*) yang dapat diaplikasikan pada transportasi *hybrid*. Karbon nanoporous dari *green material* kulit buah mahoni memiliki luas permukaan 377,209 m²/g dengan proses degumming dan diaktivasi dengan gas NH₃. Hal ini menunjukkan bahwa proses degumming mampu meningkatkan nilai kapasitansi karbon karena dengan proses degumming dapat memisahkan antara getah, lignin, dan hemiselulosa dengan selulosa yang menjadi bahan utama pembuatan karbon. Kulit buah mahoni yang melewati rangkaian proses aktivasi dengan NH₃ pada suhu 800°C selama 2 jam. Pada proses ini, karbon akan menjadi lebih aktif dan luas permukaannya bertambah karena material-material yang dapat menutupi permukaan karbon diminimalisir oleh aktivator.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa dengan aktivasi dari gas amonia (NH₃) dapat meningkatkan luas permukaan pada karbon aktif dari kulit buah mahoni. Sejalan dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Luo *et al* (2014) bahwa aktivasi karbon di bawah NH₃ dengan suhu dan waktu aktivasi yang semakin meningkat dapat meningkatkan luas permukaan pada karbon aktif. Luas permukaan tertinggi terdapat pada sampel N-Doped Activated Carbon (NAC) dengan suhu aktivasi 1000°C selama 2 jam yaitu sebesar 1.973,3 m²/g. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Arie *et al* (2016), *surface area* tertinggi yaitu sebesar 1.939 m²/g dengan proses bahan di prekarbonisasi pada suhu 500°C selama 1 jam yang kemudian diaktivasi menggunakan KOH 20% selama 20 jam kemudian dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam. Karbon dipirolysis pada suhu 800°C dengan aliran gas N₂ selama 1 jam. Berdasarkan hal tersebut, *surface area* yang dimiliki oleh karbon aktif dari *green material* kulit buah mahoni yang diaktivasi memiliki *surface area* yang relatif kecil dibandingkan dengan karbon aktif dari N-Doped Activated Carbon (NAC) (Luo *et al*, 2014) dengan metode yang serupa. Sedangkan dengan penggabungan metode aktivasi fisika dan kimia yang dilakukan oleh Arie *et al*, 2016 dapat meningkatkan *surface area* dari bahan karbon biomassa.

Suhu pada proses aktivasi sangat berkontribusi untuk pembentukan pori-pori baru. Semakin tinggi suhu pada proses aktivasi maka pori- pori baru akan lebih banyak terbentuk karena senyawa organik yang mudah menguap lebih mudah untuk dilepaskan. Dengan aktivasi KOH terjadi reaksi antara molekul hidrokarbon dengan KOH yaitu pembentukan hidrokarbon aromatik dan senyawa pembentuk tar, hal ini menyebabkan pembentukan molekul yang lebih besar dalam struktur karbon yang telah diaktivasi serta peningkatan hasil karbon. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh Erlina *et al* (2015), proses aktivasi menggunakan KOH, karbon akan bereaksi dengan KOH sehingga akan terkikis (membentuk lubang) menghasilkan pori-pori. Pembentukan pori-pori ini akan memperbesar luas permukaan karbon aktif yang diperoleh sehingga efisiensi adsorpsinya pun akan meningkat. Dengan demikian menggunakan basa sebagai aktivator lebih mampu membuka pori pada karbon dan meningkatkan luas permukaan.

Berdasarkan gambar hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada serbuk karbon, terlihat karbon aktif dari *green material* kulit buah mahoni memiliki tekstur yang ringan dan halus. Namun, ukuran partikel karbon terlihat tidak merata. Hal ini disebabkan oleh proses penggerusan yang dilakukan secara manual menggunakan mortar agat. Berdasarkan hasil uji XRD, pola difraksi karbon aktif dari *green material* kulit buah mahoni, menunjukkan struktur amorph, dengan 2 theta di sekitar 24 dan 45. Pola difraksi tersebut menunjukkan tidak terjadi perubahan unsur hanya terdapat perbedaan intensitas foton pada karbon baik yang diaktivasi maupun tidak diaktivasi. Hal ini sejalan dengan hasil uji EDX yang menunjukkan bahwa unsur yang paling dominan pada karbon aktif dari *green material* kulit buah mahoni adalah C yaitu 86, 15% dan terdapat unsur mineral lainnya seperti Na, K dengan kadar yang kecil. Analisis morfologi jelas menunjukkan efek dari aktivasi NH₃ pada bahan karbon, sejalan dengan hasil uji XRD dan BET. Sedangkan pada analisa uji SEM terhadap lembaran elektroda karbon aktif dari *green material* kulit buah mahoni terlihat karbon memenuhi lembaran dan hanya terlihat sedikit polimer. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat proses pembuatan adonan, karbon tercampur rata dan homogen dengan polimer.

Uji CV (*Cyclic Voltammetry*) menunjukkan sifat kapasitif elektrokimia dan mempelajari mengenai reaksi elektrokimia seperti reaksi redoks pada lembaran elektroda. Dengan scan rate (±200, 150, 100, 50, 25) mV/s didapat nilai kapasitansi tertinggi sebesar 0,52 F/g pada scan rate 25 mV/s. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar scan rate yang diberikan, maka semakin kecil kapasitansi yang dihasilkan. Sedangkan pada uji charge-discharge dengan

arus yang diberikan sebesar 40, 60, 90 μA , kapasitansi tertinggi sebesar 187 mF/g pada arus 40 μA . Sehingga semakin tinggi arus yang diberikan maka semakin rendah kapasitansi yang dihasilkan. Dan pada uji 100 cycle, kapasitansinya sebesar 78 mF/g pada tegangan 0,5 volt.

Penelitian yang dilakukan oleh Kim *et al* (2012), dengan aliran gas N_2 dan aktivasi gas NH_3 dalam proses karbonisasi dan aktivasi pada bahan PANI menunjukkan kapasitansi tertinggi terdapat pada sampel 950- NH_3 sebesar 174,8 F/g yang sejalan dengan luas permukaannya yaitu sebesar 1720 m^2/g . Hal ini menunjukkan kontribusi dari gas nitrogen dan ammonia terhadap permukaan, yang mungkin memfasilitasi reaksi redoks permukaan antara elektrolit dan elektroda, dan menghasilkan meningkatnya efek pseudocapacitance.

Sel *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC) sederhana yang diuji EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*) untuk mengetahui lebih lanjut nilai kapasitif suatu elektroda. Hasil yang didapat dari uji ini adalah resistivitas atau hambatan dari elektroda karbon dalam menghantarkan arus listrik. Nilai impedansi yang dihasilkan oleh sel superkapasitor dari green material kulit buah mahoni yaitu sebesar 1388 ohm. Sedangkan pada uji konduktivitas listrik, yaitu uji untuk mengetahui kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan arus listrik, elektroda dari karbon green material kulit buah mahoni yaitu sebesar 0,0066 S/cm. Nilai impedansi suatu bahan berbanding terbalik dengan nilai konduktivitasnya. Karena semakin tinggi konduktivitas suatu bahan maka semakin rendah impedansinya. Untuk komponen EDLC (*Electric Double Layer Capacitor*), nilai impedansi yang diharapkan adalah nilai yang rendah agar memiliki konduktivitas tinggi. Nilai impedansi yang cukup rendah dan konduktivitas yang cukup tinggi ini disebabkan oleh adanya proses aktivasi dari NH_3 . Aktivasi ini berfungsi untuk memperluas permukaan karbon sehingga dapat menyerap dan menghantarkan lebih banyak energi.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kim *et al* (2012), dengan hasil uji EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*) dan konduktivitas listrik, menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap aktivasi NH_3 pada sampel yang dapat meningkatkan daya hantar listrik pada bahan tersebut. Hal ini juga berhubungan dengan struktur pori yang dihasilkan oleh gas NH_3 pada saat aktivasi dengan suhu tinggi yang menyebabkan luas permukaan meningkat sehingga kemampuan bahan tersebut dalam menghantarkan arus listrik juga semakin meningkat.

Dengan demikian, berdasarkan hasil uji di atas *green material* kulit buah mahoni memiliki karakteristik sebagai karbon nanoporus yang dapat dijadikan komponen elektroda pada (*Electric Double Layer Capacitor*). Perbedaan yang signifikan pada karakteristik elektrokimia pada EDLC dengan komposisi karbon aktif dan binder PVDF Sampel A (8:2) dan Sampel B (9:1). Sampel B dengan perbandingan karbon dan binder PVDF 9 : 1 lebih baik dalam performansi kapasitas kapasitor dan karakteristik elektrokimianya.

Banyaknya karbon aktif dalam penyusun *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC) dibandingkan dengan binder *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) mempengaruhi performa kapasitor. Hal ini disebabkan oleh binder PVDF yang berfungsi sebagai penggabungan elektroda membentuk lapisan kompak dan menempel secara homogen pada pengumpul arus (Swantomo, 2018). Ketika binder terlalu banyak menyebabkan PVDF dapat menutup luas muka dan pori aktif material. Hal ini akan menghalangi ion bergerak melewati pori sehingga akan menurunkan konduktivitas ionik material *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC) (Wang *et al*, 2016). Konsentrasi binder PVDF yang ditambahkan cenderung meningkatkan densitas material. Densitas berpengaruh terhadap porositas material elektroda. Semakin tinggi densitas material elektroda, maka porositas material elektroda semakin rendah serta sebaliknya. Porositas yang mengalami penurunan disebabkan gerakan ion pada material elektroda menjadi terhambat. Selain itu, sifat hidrofobik pada binder PVDF membuat material karbon elektroda menjadi lebih hidrofobik sehingga ion-ion menjadi lebih sulit terpenetrasi di dalam pori elektroda. Mobilitas ion yang semakin menurun merupakan dampak dari meningkatnya interface resistance.

Konsentrasi binder PVDF dan karbon aktif yang tepat mampu mencegah terjadinya aglomerasi walaupun tanpa aplikasi tekanan. Hal ini disebabkan persebaran binder pada material elektroda yang homogen dan keefektifan kontak antar homogen dan keefektifan kontak antar komponen material elektroda. Penambahan konsentrasi binder PVDF mengakibatkan kejenuhan pada *slurry* campuran elektroda dan binder. Hal ini akan mengurangi mobilitas ion pada saat *charge discharge* akibat tertutupnya pori aktif material elektroda.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh komposisi pencampuran material *green activated carbon* dan *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) terhadap karakteristik elektrokimia pada aplikasi *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC) transportasi *hybrid*. Komposisi karbon aktif dan binder PVDF =

9:1 (w/w) memiliki kapasitas kapasitor yang lebih baik dibandingkan pada komposisi 8:2 (w/w). Kapasitas kapasitor terbesar memiliki nilai 0,52 F/g pada komposisi 9:1. Berdasarkan hasil SEM-EDX terdapat warna merah yang lebih dominan pada komposisi 8:2 yang menunjukkan binder lebih dominan dari pada karbon aktif, dibandingkan pada komposisi 9:1 yang menunjukkan warna biru lebih dominan.

Adapun saran yang diberikan, yaitu perlu diadakan penelitian lebih lanjut metode aktivasi agar lebih meningkatkan luas permukaan karbon aktif, dalam pembuatan sel EDLC (*Electric Double Layer Capacitor*) yang lebih besar dan pengujian lebih lanjut sesuai dengan standar SNI karbon aktif. Selain itu diperlukan pengaplikasian sel EDLC pada berbagai prototipe kendaraan hybrid.

REFERENSI

- Arie, A.A., Vincent. Putranto, A. 2016. *Activated Carbons From KOH- Activation of Salacca Peels as Low Cost Potential Adsorbents for Dye Removal*. Adv. Mater. Lett. 2016, 7(3), 226-229
- Dzujah, D.U., Marcelina, V., Syakir, N., Bahtiar, A. 2018. Charge-Discharge Model Supercapacitor RGO dalam Sistem Elektrolit KCl. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika Vol. 02 No.01*, 65-69
- Erlina., U., Budi, E. 2015. Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015*. Vol IV. Indonesia: Universitas Negeri Jakarta
- Gusnita, D. 2010. Green Transport: Transportasi Ramah Lingkungan dan Kontribusinya dalam Mengurangi Polusi Udara. *Berita Dirgantara Vol. 11 No.2 Juni 2010*, 66-71
- Harfit, A.R. 2013. Kajian Mobil Hybrid dan Kebutuhannya di Indonesia. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas Gunadarma
- Kim, M.D., Kim, S.J., Kim, G.P., Nam, I., Yun, H.J., Kim, P., Yi, J. 2012. NH₃-activated polyaniline for use as a high performance electrode material in Supercapacitors. *Electrochimica Acta* 78 (2012) 340– 346. Republic of Korea: Seoul National University and Chonbuk National University
- Luo, W., Wang, B., Heron, C.G., Allen, M.J., Morre, J., Maier, C.S., Stickle, W.F., Ji, X. 2014. Pyrolysis of Cellulose under Ammonia Leads to Nitrogen-Doped Nanoporous Carbon Generated through Methane Formation. *Nano Lett.* 2014, 14, 2225-2229. United States: Department of Chemistry, Oregon State University
- Parinduri, L., Yusmarta, Y. Parinduri, T. 2018. Kontribusi Konversi Mobil Konvensional ke Mobil Listrik dalam Penanggulangan Pemanasan Global. *Journal of Electrical Technology Vol. 3 No.2 Juni 2018*
- Putro, A.Z.A., Widyanto, N.F., Dyartanti, E.R. 2016. Membran Polimer Elektrolit Nanokomposit berbasis PVdF-HFP (Poly Vinylidene Flouride co-Hexafluoropropylene) sebagai Separator Baterai lithium Ion dengan Variasi Non Solvent. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Yogyakarta 17 Maret 2016*
- Rizal, M.C. 2017. Pengaruh Rencana Pembangunan Transportasi Massal terhadap Emisi Gas Buang Karbon Monoksida di Surabaya. *Agregat Vo.2 No.1 Mei 2017*
- Swantomo, D. Anisa, A. Adinya, L. 2018. Pengaruh Binder PVDF dan Ketebalan Elektroda Komposit Polianilin Graphene Selulosa terhadap Konduktivitas Sel Supercapacitor. *Prosiding Seminar Nasional SDM Teknologi Nulkir Yogyakarta, 20 Agustus 2018*
- Taer, E., Oktaviani, T., Taslim, R. Farma, R. 2015. Karakterisasi Sifat Fisika Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Variasi Konsentrasi Aktivator sebagai Kontrol Kelembaban. *Prosiding Seminar Nasional Fisika 2015 Volume IV Oktober*
- Yashito, T. 2006. *Pengantar Kimia*. Tokyo: Iwanami Publishing Company

PEMANFAATAN BAHAN AJAR INTERAKTIF DENGAN LIVEWORKSHEET DALAM PEMBELAJARAN TATAP MUKA TERBATAS DI SMP N 1 TABANAN

I Putu Agustina Eka

SMP Negeri 1 Tabanan

Email : Agustinaputu90@gmail.com

ABSTRACT

As a result of the COVID-19 pandemic, various policies have been implemented to break the chain of COVID-19 transmission in Indonesia. In the field of education, there is a fundamental change in the learning system, from face-to-face learning to online classroom learning, from homes. In its implementation, online learning requires learning tools, including mobile phones, laptops, internet networks and interactive teaching materials, both in the form of text, audio and visual so that students can carry out learning well. Based on observations, teachers tend to provide teaching materials that are textual and not interactive, resulted in low motivation in learning, since learning tends to be monotonous. To overcome these problems, and foster student motivation to learn, we try to apply learning with limited face to face learning, with interactive teaching materials by utilizing live worksheet applications. This activity is carried out online and offline, which begins with socialization to science teachers about how to make interactive teaching materials with live worksheets, and socialization to students regarding the learning system that will be carried out. Learning with limited face to face learning with interactive teaching materials is very helpful for students in learning, and helps science teachers in designing interactive teaching materials in learning, so that science learning becomes interactive, interesting and fosters student motivation to study harder. This is shown from the positive response of students with interactive teaching materials.

Keywords: *limited face to face learning, liveworksheet.*

ABSTRAK

Akibat dari pandemi covid-19 ini, menyebabkan diterapkannya berbagai kebijakan untuk memutus mata rantai penyebaran virus di Indonesia. Pada bidang Pendidikan, terjadi perubahan system pembelajaran yang mendasar, yaitu dari pembelajaran tatap muka di kelas menjadi pembelajaran daring, dari rumah masing masing. Dalam pelaksanaannya pembelajaran daring ini memerlukan perangkat pembelajaran, antara lain Handphon, laptop, jaringan internet dan bahan ajar yang interaktif, baik berupa teks, audio dan visual agar siswa dapat melaksanakan pembelajaran dengan baik. Berdasarkan observasi, guru cenderung memberikan bahan ajar yang bersifat tekstual dan tidak interaktif, sehingga dalam belajar siswa masih belum memiliki motivasi untuk belajar, sehingga pembelajaran cenderung monoton. Untuk mengatasi masalah tersebut, dan menumbuhkan motivasi siswa untuk belajar, kami menerapkan pembelajaran tatap muka terbatas, dengan bahan ajar interaktif dengan aplikasi liveworksheet. Pembelajaran Tatap Muka Terbatas dengan bahan ajar interaktif ini sangat membantu siswa dalam belajar, dan membantu guru IPA dalam merancang bahan ajar yang interaktif dalam pembelajaran, sehingga pembelajaran ipa menjadi interaktif, menarik dan menumbuhkan motifasi siswa untuk belajar lebih giat. Ini ditunjukkan dari peningkatan hasil belajar dan respon positif siswa terhadap pembelajaran.

Kata Kunci : *pembelajaran tatap muka terbatas, liveworksheet*

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan sepirtual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak yang mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara (kemdiknas 2003). Pendidikan di Indonesia saat ini dituntut untuk mempersiapkan peserta didik yang cerdas, kreatif serta mandiri. Hal ini sesuai dengan harapan pencapaian keterampilan abad 21. Pendidikan yang bermutu harus mencakup dua orientasi yakni orientasi akademis yang menitik beratkan pada peserta didik, dan orientasi ketrampilan hidup (*Life Skills*) untuk memberi bekal kepada peserta didik agar dapat menghadapi kehidupan nyata atau sesungguhnya. Teknologi informasi yang telah menjadi bagian dari pembelajaran pada semua jenjang pendidikan di Indonesia, sehingga menuntut sekolah agar memfasilitasi media pembelajarannya.

Akibat dari pandemi covid-19 ini, menyebabkan diterapkannya berbagai kebijakan untuk memutus mata rantai penyebaran virus covid-19 di Indonesia. Upaya yang dilakukan oleh pemerintah di Indonesia salah satunya dengan menerapkan himbauan kepada masyarakat agar melakukan physical distancing yaitu himbauan untuk menjaga jarak diantara masyarakat, menjauhi aktivitas dalam segala bentuk kerumunan, perkumpulan, dan menghindari adanya pertemuan yang melibatkan banyak orang. Pada bidang Pendidikan, Pemerintah Indonesia melalui Menteri Pendidikan Nasional membuat kebijakan Pendidikan melalui tatap muka menjadi pembelajaran dari rumah. Artinya kegiatan belajar mengajar yang biasanya dilakukan di sekolah menjadi di rumah secara online. Sistem inilah yang banyak dijumpai dan berkendala. Perubahan kebijakan pembelajaran *online* tentunya mengikuti perkembangan

teknologi yang berkembang pesat. Dalam pembelajaran model daring ini, yang memerlukan perangkat yang bagus untuk menunjang pembelajaran supaya berjalan dengan lancar dan efektif. Dimulai dari jaringan internet, laptop atau komputer dan hp atau smartphone yang wajib digunakan untuk pembelajaran daring. Banyak kendala yang dihadapi dalam penerapan pembelajaran model daring ini. Kemampuan siswa dan orang tua dalam menyediakan perangkatnya, kemampuan guru dalam membuat pembelajaran daring menjadi efektif dan masalah jaringan internet yang tidak merata di semua tempat menyebabkan pembelajaran daring tidak dapat berjalan dengan maksimal.

Berdasarkan Keputusan Bersama Menteri Pendidikan dan Kebudayaan, Menteri Agama, Menteri Kesehatan dan Menteri Dalam Negeri Nomor 01/KB/2020, No. 516 Tahun 2020, Nomor HK.03.01/Menkes/363/2020 dan Nomor 440-882 Tahun 2020 tentang Panduan Penyelenggaraan Pembelajaran Tahun Ajaran 2020/2021 dan tahun akademik 2020/2021 dimasa Pandemi Corona Virus Disease 2019 (Covid-19). Dari keputusan keempat Menteri tersebut lambat laun dunia pendidikan bergerak untuk menuju ke Pembelajaran Tatap Muka (PTM) terbatas, yang artinya pada pelaksanaan pembelajaran dilakukan pada satuan pendidikan dengan menghadirkan peserta didiknya sebanyak 50% dari jumlah peserta didik di kelasnya.

Menyikapi kondisi tersebut maka SMPN 1 Tabanan merancang dan menerapkan system pembelajaran yang mampu mengakomodasi siswa dan ketercapaian materi pembelajaran serta pelaksanaan pembelajaran, dengan menerapkan pembelajaran yang berbasis “Blended Learning (PTM Terbatas)” dengan Bahan Ajar interaktif memanfaatkan aplikasi liveworksheet. Pembelajaran Tatap Muka Terbatas di SMP Negeri 1 Tabanan dikemas dengan pembelajaran Blended Learning. Blended learning merupakan pola pembelajaran yang mengandung unsur pencampuran, atau penggabungan antara satu pola dengan pola yang lainnya. Menurut Elenena Mosa, dalam Gilang 2014, yang digabungkan adalah dua unsur utama, yakni pembelajaran di kelas (*classroom lesson*) dengan *online learning*. Sehingga *blended learning* dapat diartikan sebagai suatu pembelajaran yang menggabungkan atau mengombinasikan pembelajaran tatap muka (*face to face*) dengan media TIK, seperti komputer (*online* maupun *offline*), multimedia, kelas virtual, internet dan sebagainya. Konsep blended learning dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. (sumber : <https://suttondistrict.co.uk/what-is-blended-learning/>)

Adapun karakteristik dari *blended learning* yaitu:

- Pembelajaran yang menggabungkan berbagai cara penyampaian, model pembelajaran, gaya pembelajaran, serta berbagai media berbasis teknologi yang beragam.
- Sebagai sebuah kombinasi pembelajaran langsung (*face to face*), belajar mandiri, dan belajar mandiri via *online*.
- Pembelajaran yang didukung oleh kombinasi efektif dari cara penyampaian, cara mengajar dan gaya pembelajaran.

Guru dan orangtua peserta belajar memiliki peran yang sama penting, guru sebagai fasilitator, dan orangtua sebagai pendukung. Di SMP N 1 Tabanan Pembelajaran Tatap Muka Terbatas dilakukan dengan memberikan kesempatan pada siswa untuk melaksanakan pembelajaran tatap muka secara terbatas dan bergiliran, dengan memanfaatkan bahan ajar interaktif dengan Live worksheet.

Di saat siswa belajar menggunakan bahan ajar yang bersifat tekstual yang diberikan oleh guru, siswa harus memiliki disiplin belajar yang tinggi, namun kriteria ini mungkin kurang dimiliki oleh siswa pada umumnya dan siswa belum mampu menguasai materi yang dipelajari dari bahan ajar tersebut sehingga respon siswa pada pembelajaran dan hasil belajar siswa belum sesuai dengan harapan. Guru membutuhkan ketekunan yang lebih tinggi untuk terus menerus memantau proses belajar siswa, memberi motivasi dan konsultasi secara individu setiap waktu siswa membutuhkan, serta memberikan umpan balik sesegera mungkin terhadap hasil kegiatan yang dilakukan siswa dan hasil karya siswa, agar menumbuhkan motivasi siswa untuk belajar. Sehingga dalam pelaksanaan pembelajaran online diperlukan bahan ajar yang interaktif, yang mampu membangkitkan motivasi siswa untuk belajar IPA.

Bahan ajar yang digunakan adalah lembaran yang berisikan pedoman bagi siswa untuk melaksanakan kegiatan yang terprogram. Lembaran ini berisi petunjuk, tuntunan pertanyaan dan pengertian agar siswa dapat memperluas serta memperdalam pemahamannya terhadap materi yang dipelajari, yang dibuat, dikembangkan, dan

dijalankan dengan bantuan sistem komputer dan dukungan internet. Sebagai bahan perbandingan dengan bahan ajar konvensional, dengan interaktif mempunyai beberapa karakteristik, yaitu :

1. Penyajian materi bukan dalam bentuk deskripsi. Melainkan langsung berupa pertanyaan yang bertujuan agar siswa mengkonstruksi pemahamannya sendiri.
2. Disajikan dalam bentuk interaktif dengan sistem operasi tertentu. Siswa dapat memasukkan jawaban dengan cara mengklik sebuah pilihan jawaban atau dengan mengetik jawabannya pada kolom yang disediakan.
3. Memungkinkan umpan balik secara langsung. Biasanya untuk jenis bahan ajar interaktif ini, sistem yang digunakan sudah dapat menentukan skor untuk setiap jawaban dan dapat ditampilkan secara langsung di websitenya. Hal ini dapat menjadi sebuah umpan balik bagi siswa dan guru.
4. Penekanan isi bahan ajar adalah pada konsep materi yang akan disampaikan, bukan pada banyaknya soal.
5. Tampilannya lebih menarik, karena bisa disisipkan video, audio, dan animasi.

Bahan Ajar interaktif yang digunakan disaat online learning memanfaatkan aplikasi live worksheet. Caranya adalah dengan menggunakan live worksheet yang dapat diakses di alamat <https://www.liveworksheets.com/>

Langkah - langkah membuat LKS interaktif di Live Worksheet :

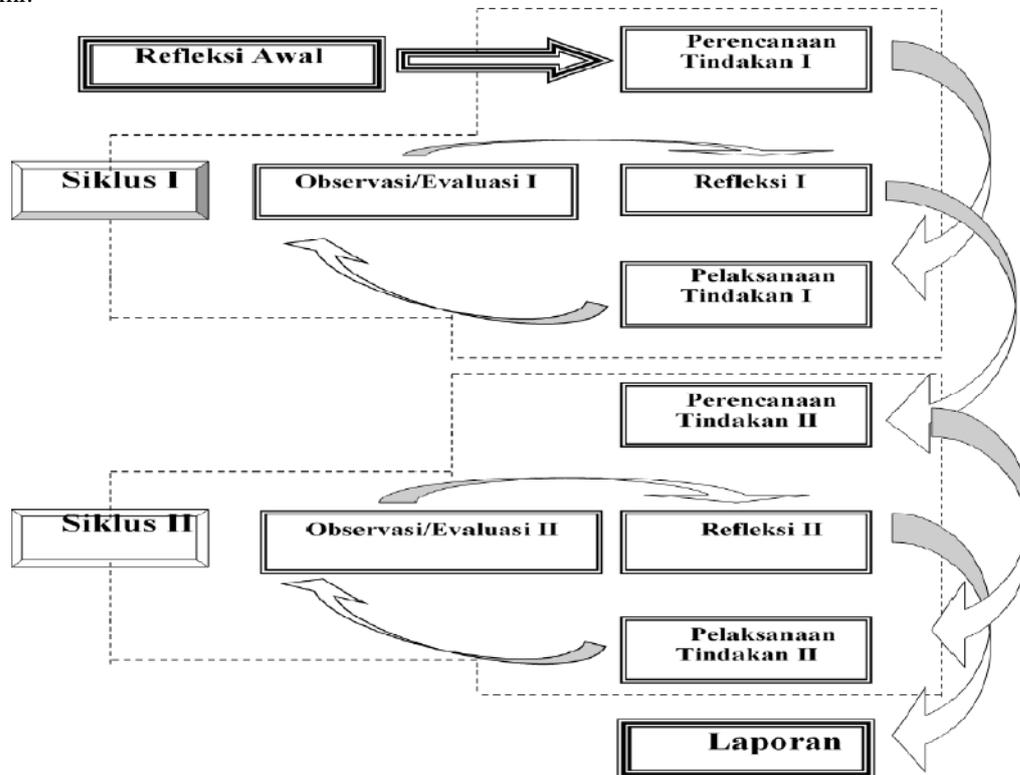
1. Ketik <https://www.liveworksheets.com/> di browser Anda.
2. Klik Teacher Access di bagian kanan atas lalu klik register / daftar
3. Lengkapi isian formulir registernya sesuai data Anda. Kemudian klik register
4. Masuk ke email yang Anda daftarkan tadi dan buka email masuk dari Live Worksheet. Klik link aktivasinya.
5. Masuk ke alamat <https://www.liveworksheets.com/> lagi dan klik teacher access lalu masukkan alamat email / username dan passwordnya. Kemudian klik tulisan "enter".
6. Ubah setting pilihan bahasa menjadi Bahasa Indonesia di bagian kanan atas
7. Klik make interactive worksheet pada bagian menu lalu klik get started
8. Upload LKS yang kita buat seperti biasa di microsoft word. Tapi sebelum upload harus ubah menjadi pdf atau jpg. Ukuran file maks. 5 MB.
9. Modifikasi LKS yang kita upload dengan format interaktif. Anda dapat melihat video tutorial yang disediakan di website Live Worksheet. Namun, untuk contoh, saya akan bagikan modifikasi LKS sesuai LKS interaktif yang saya buat, yaitu : bentuk soal pilihan ganda dan menjodohkan. Untuk soal pilihan ganda, pakai rumus "select:yes" diletakkan pada kotak pilihan yang benar dan "select:no" pada pilihan yang salah. Sedangkan pada soal menjodohkan pakai rumus "join:1", "join:2", "join:3", dst. Sesuai dengan jumlah soal.
10. Jika sudah selesai, kita bisa meninjau LKS interaktif kita dengan klik preview yang ada di bagian atas. Kemudian menyimpan LKS ini. Akan ada 2 pilihan untuk menyimpannya yaitu menyimpan dan membagikan LKS ini untuk umum, atau hanya untuk disimpan dan digunakan oleh siswa kita. Jika kita ingin menyimpan dan membagikannya untuk umum, kita diminta melengkapi data terkait mata pelajaran, topik materi, kelas, perkiraan usia, dan jenis LKS.
11. Jika kita ingin menyematkan LKS interaktif ini di blog kita, maka kita dapat menyalin kode html yang disediakan oleh live worksheet. Kemudian menempelkannya / paste di area menulis pada blog kita.

Peserta didik dapat mengerjakan lembar kerja yang disusun secara *online* dan mengirimkan jawaban mereka kepada guru secara *online* juga langsung setelah mengerjakan, sehingga guru lebih cepat bisa memberikan umpan balik pada siswa. Kelebihan aplikasi ini terutama untuk siswa yaitu aplikasi Lembar Kerja Peserta Didik ini bisa dikerjakan secara interaktif, artinya terjadi interaksi antara siswa dan guru secara online, sehingga memotivasi siswa untuk belajar mandiri. Sementara itu, untuk guru aplikasi ini benar-benar menghemat waktu dan kertas. Dalam pembelajaran IPA dengan menerapkan pembelajaran tatap muka terbatas menggunakan bahan ajar interaktif dengan liveworksheet, diharapkan hasil belajar dan respon siswa menjadi lebih baik dan siswa termotivasi untuk belajar, termotivasi untuk mengerjakan tugas, sehingga materi pembelajaran dapat dikuasai siswa.

METODE

Metode yang diterapkan dalam pelaksanaan kegiatan ini adalah Penelitian Tindakan Kelas, pada kelas VIII E SMP N 1 Tabanan Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2021/2022, yang diawali dengan pengamatan, survey, atau pengumpulan data/ tanggapan siswa secara langsung terhadap Penerapan daring Pada Pembelajaran IPA di SMP N 1 Tabanan dengan menggunakan google form.

Penelitian ini dibagi menjadi dua siklus dengan masing-masing siklus terdiri dari empat tahapan yaitu: (1) perencanaan, (2) tindakan, (3) observasi/evaluasi, dan (4) refleksi. Adapun desain penelitiannya tersaji seperti gambar 1 berikut ini.



Gambar. 2 Skema Desain Penelitian Tindakan Kelas

Dari hasil wawancara guru IPA dan Siswa pada masa pembelajaran daring diperoleh permasalahan sebagai berikut: Guru IPA sudah nyaman membuat bahan ajar dalam format word, yang bersifat tekstual dan cenderung menyampaikan bahan ajar dalam bentuk soft copy pada siswa, selanjutnya siswa mengerjakan Latihan dalam bahan ajar tersebut dan menyetorkan Kembali pada guru untuk dinilai. Dalam proses tersebut guru cenderung keteteran dalam memeriksa pekerjaan siswa secara manual, karna siswa lumayan banyak. Hasil wawancara dengan siswa, diperoleh data bahwa siswa cenderung kurang termotivasi mengerjakan bahan ajar, karna monoton dan bersifat tekstual. Oleh karena itu, dilakukan penelusuran informasi dan pustaka yang relevan untuk memecahkan permasalahan tersebut. Untuk memecahkan masalah tersebut maka dalam pembelajaran tetap muka terbatas kami menggunakan bahan ajar yang bersifat interaktif dalam pembelajaran IPA, sehingga minat dan respon siswa menjadi tinggi, dan siswa lebih termotivasi untuk belajar sehingga hasil belajar siswa menjadi meningkat.

Hasil Belajar siswa dianalisis secara deskriptif, Setelah diperoleh skor kognitif siswa, selanjutnya dicari skor rata-rata hasil belajar siswa (\bar{X}) dengan rumus 1 :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (1)$$

Keterangan:

$\sum X$ = jumlah skor hasil belajar siswa
N = banyak siswa

Ketuntasan aspek kognitif siswa dapat ditentukan dengan menggunakan daya serap siswa (DSS) dan ketuntasan klasikal (KK) dihitung dengan rumus 2.

$$DSS = \frac{\text{Jumlah total skor yang dicapai siswa}}{\text{Jumlah total skor maksimum}} \times 100\% \quad (2)$$

$$KK = \frac{\text{Banyak siswa yang tuntas}}{\text{Banyak siswa yang ikut tes}} \times 100\%$$

Siswa dikatakan tuntas jika $DSS \geq 70\%$ dan satu kelas dikatakan tuntas jika $KK \geq 85\%$. Penelitian dikatakan berhasil jika ketuntasan klasikal (KK) $\geq 85\%$.

Respon siswa terhadap penerapan pembelajaran kontekstual pada pembelajaran sains dikumpulkan dengan kuisioner atau angket tanggapan siswa. Angket yang digunakan yaitu model skala Likert dengan pilihan sangat setuju (SS), setuju (S), ragu-ragu (R), tidak setuju (TS) dan sangat tidak setuju (STS). Untuk respon negatif pemberian skor terbalik dengan item positif. Pemberian skor untuk tiap item pernyataan respon siswa didasarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Pemberian Skor Respon Siswa

Analisis Jawaban	Nilai Item	
	Positif	Negatif
SS	5	1
S	4	2
R	3	3
TS	2	4
STS	1	5

Skor rata-rata respon siswa di analisis dengan rumus 3 :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3)$$

Keterangan:

\bar{X} = skor rerata tanggapan siswa

$\sum X$ = jumlah skor seluruh siswa

N = jumlah siswa

Data respon siswa dianalisis secara deskriptif berdasarkan skor rata-rata (\bar{X}), mean ideal (MI), dan standar deviasi ideal (SDI). Penggolongan respon siswa, ditetapkan berdasarkan lima jenjang kategori seperti Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Penggolongan Respon Siswa

No	Kriteria	Kategori
1	$\bar{X} \geq MI + 1,5 SDI$	Sangat baik
2	$MI + 0,5 SDI \leq \bar{X} < MI + 1,5 SDI$	Baik
3	$MI - 0,5 SDI \leq \bar{X} < MI + 0,5 SDI$	Cukup
4	$MI - 1,5 SDI \leq \bar{X} < MI - 0,5 SDI$	Kurang
5	$\bar{X} < MI - 1,5 SDI$	Sangat kurang

(Nurkencana & Sunartana, 1992)

Keterangan:

Rumusan untuk MI dan SDI adalah:

MI = $\frac{1}{2}$ (skor tertinggi ideal+ skor terendah ideal)

SDI = $\frac{1}{6}$ (skor tertinggi ideal – skor terendah ideal)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilaporkan pada siklus I memuat data hasil belajar siswa setelah proses pembelajaran siklus I. Berdasarkan analisis data, skor terendah 35 dan skor tertinggi 85 diperoleh nilai rata-rata siswa sebesar 73,08 dengan standar deviasi 12,51 dan ketuntasan klasikal siswa sebesar 60,53% ditinjau dari kriteria keberhasilan, penelitian ini di katakan berhasil jika nilai rata-rata siswa sama dengan atau lebih besar dari 75, dan ketuntasan klasikalnya sama dengan atau lebih besar dari 85%. Berdasarkan data tersebut tampak bahwa siswa belum memenuhi kriteria ketuntasan, sehingga pembelajaran pada siklus I dikategorikan belum tercapai sesuai dengan kriteria. Hal-hal yang perlu dicermati terkait dengan proses perolehan hasil belajar siswa pada siklus I, bahwa masih belum tercapainya kriteria keberhasilan penelitian, sehingga perlu di adakan refleksi terhadap pelaksanaan pembelajaran pada siklus 1. Setelah dilakukan perbaikan, pada siklus 2, Berdasarkan analisis data diperoleh skor terendah 66 dan skor tertinggi 100, nilai rata-rata siswa sebesar 81,45 dengan standar deviasi 6,13 dan ketuntasan klasikal siswa sebesar 90,84%. Berdasarkan data tersebut tampak bahwa kriteria perolehan siswa sudah mencapai kategori yang ditetapkan, sehingga dapat dikatakan bahwa proses pembelajaran sudah berlangsung dengan baik, kondusif dan berhasil. Hal tersebut bermuara pada hasil belajar siswa yang sudah berada pada kategori yang diharapkan.

Respon siswa dalam pembelajaran pada akhir siklus II dikumpulkan dengan angket respon yang diberikan

pada siswa. Dari hasil analisis respon siswa diperoleh nilai rata-rata respon siswa sebesar 37,6 dan berada pada kategori baik.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil simpulan bahwa pembelajaran tatap muka terbatas dengan memanfaatkan bahan ajar dengan aplikasi lifeworksheet di SMPN 1 Tabanan dapat meningkatkan hasil belajar siswa, ini berarti bahwa proses pembelajaran sudah berlangsung dengan lebih baik, dan interaksi antara guru dengan siswa sudah terbangun dengan baik dalam pembelajaran. Respon siswa dalam pembelajaran berada pada kategori baik, sehingga ini berarti bahwa dengan menerapkan bahan ajar dengan lifeworksheet dalam pembelajaran, siswa cenderung termotifasi untuk belajar.

REFERENSI

- Dewi, W. A. (2020). *Dampak Covid-19 Terhadap Implementasi Pembelajaran Daring Di Sekolah Dasar*. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*.
- Gilang, Novia. 2014. *Blended Learning*. diakses di http://noviagilang.blogspot.com/2014/04/_makalah-blended-learning.html.
- Kemdiknas. (2003). *Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003*. Kementerian Pendidikan Nasional: Jakarta.
- Sadikin, A., & Hamidah, A. (2020). *Pembelajaran Daring di Tengah Wabah Covid-19*. *Biodik*, 6(2), 109– 119. <https://doi.org/10.22437/bio.v6i2.9759>

DIGITALISASI FISIKA R-12 DAN R-47 DALAM MUSIK PADA PIANO DENGAN SALAT JAMAK 12 SERTA HAHSLM 472319 DI ERA EKONOMI PANDEMI

R Mochamad A

UIN Jakarta

1212xii1212@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze the function of the formulas R-12 and R-47 in learning Physics in the form of a piano as a musical representation based on the constant creation of the universe. R-12 is the encryption of music concepts in Physics which is digitized in the form of simple encryption. While R-47 consists of a 6-digit equation derivation from Islamic values. The research objects are Physics, music, piano in the digitization of Physics, and Formula-12 and Formula-47. The research methodology is reflexivity, similarity, and dynivity, with worship benchmarks as well as hahslm. The results obtained are the music on the piano stores encryption in the form of R-12 as a twelve formula consisting of 12 tones in the form of 7 white tones on the piano and 5 black tones on the piano. While the derivation of R-12 is R-47 which symbolizes the complexity of music represented by the piano in the form of a CDEFGAB major tone in 1 octave, with 2 color differentiation in piano, namely major and minor. Minor notes consist of C# D# F# G# A#. In the minor tone, there is an exact patch with the right finger representing the letters Sin, Lam, and Mim, thus forming the SLM root of the word Islam. With the Hahslm 472319 benchmark, this digitization gives the meaning that man's duty to God is to worship.

Keywords: music, physics, piano, r-12, r-47

ABSTRAK

Tujuan riset ini adalah untuk menganalisis fungsi rumus R-12 dan R-47 dalam pembelajaran Fisika dengan bentuk piano sebagai representasi musik berlandaskan konstanta penciptaan alam semesta. R-12 merupakan enkripsi konsep music dalam Fisika yang didigitalisasi dalam bentuk enkripsi sederhana. Sedangkan R-47 terdiri dari persamaan 6 digit derivasi dari nilai Islam. Obyek penelitian adalah Fisika, music, piano dalam digitalisasi Fisika dan Rumus-12 maupun Rumus-47. Metodologi penelitian ini adalah reflektivitas, similaritas dan dynivitas, dengan benchmark ibadah juga hahslm. Hasil yang diperoleh adalah music pada piano menyimpan enkripsi berupa R-12 sebagai rumus dua belas yang terdiri dari 12 nada berupa 7 nada putih pada piano dan 5 nada hitam pada piano. Sedangkan derivasi dari R-12 adalah R-47 yang melambungkan kompleksitas music yang direpresentasikan oleh piano dalam rupa nada mayor CDEFGAB dalam 1 oktaf, dengan diferensiasi 2 warna dalam pinao yaitu mayor dan minor. Nada minor terdiri dari C# D# F# G# A#. Dalam nada minor terdapat tampilan tepat dengan jari kanan yang merepresentasikan huruf Sin, Lam, dan Mim, sehingga membentuk akar kata SLM dari kata Islam. Dengan tolok ukur Hahslm 472319 tersebut maka digitlalisasi ini memberikan makna bahwa tugas manusia kepada Tuhannya adalah untuk ibadah.

Kata Kunci: fisika, music, piano, r-12, r-47

PENDAHULUAN

Piano adalah alat musik dari papan ketukan suara yang berasal dari senar palu. Dibandingkan dengan banyak alat musik lain, ukuran pianonya besar. Para musisi segera menjalankan pola musik dan harmoni pada piano. Kebisingan yang dihasilkan bergantung pada kekuatan tekanan jari pianis pada permukaan keran (Phillips, 2014). Getaran membutuhkan media akustik dan getaran ini akan berubah menjadi catatan dalam media akustik. Piano hanyalah medium, sebagai media akustik. Pada kenyataannya, di balik bentuk dan fisik piano adalah refleksi dari kehidupan musik. Seni, sebagai bidang yang erat kaitannya dengan suara dan keindahan, merupakan konsep umum yang dikenal manusia. Ini berusaha untuk menelusuri hukum musik yang muncul dalam masyarakat untuk melengkapi pemahaman musik itu sendiri (Fritzkopf, 2018). Kepemilikan akustik musik seperti piano menjadi simbol ekonomi. Yang lebih besar ruang akustik yang berisi palu untuk nada string dan materi akustik menunjukkan status ekonomi yang lebih tinggi. Piano besar menunjukkan status ekonomi keluarga yang lebih mapan daripada piano vertikal. Musik adalah ilmu atau seni mengatur nada atau suara untuk menciptakan aransemen suara yang memiliki keselarasan dan

konsistensi dalam campuran keteraturan dan hubungan temporal. Musik adalah nada atau suara yang disusun sedemikian rupa sehingga melodi, lagu, dan harmoni dilakukan.

Sains dan seni memadukan irama dan nada dapat dikatakan sebagai musik secara umum, dalam bentuk vokal (suara manusia) dan instrumentals (bunyi instrumen). Untuk mengungkapkan emosi, dibutuhkan melodi (rangkaian nada) dan harmoni (paduan suara). Musik adalah nada atau suara yang dirancang sedemikian rupa sehingga melodi, lagu, dan harmoni disertakan, terutama ketika menggunakan alat penghasil suara (Godeliva, 2018). Penggunaan musik akustik dalam alat musik media bisa menentukan jenis ketukan, senar, tali, angin, dan gerakan. Instrumen musik favorit rakyat adalah piano, gitar, bass, biola, saksofon, seruling, dan angklung. Batas-batas antara catatan alat musik ini dipisahkan oleh besi transverse pada senar pada gitar. Pada biola, batas-batas antarcatatan tidak ditemukan dengan garis-garis transverse, sehingga para musisi perlu mengingat di mana batas-batas antara catatan berada. Pada saksofon dan seruling, setiap nada ditunjukkan oleh sebuah lubang, sehingga lubang itu berada pada jarak yang sama dengan nada yang berbeda.

Piano memiliki tuts putih dan hitam. Perbedaan antara not-not pada piano lebih terasa. Nada C dan C # dibedakan dengan tuts putih dan tuts hitam, sedangkan pada gitar C dan C # tidak ada perbedaan warna dan hanya dibatasi oleh garis. Pita nada 1 oktaf dari C ke B hanya dapat dilihat di piano. Kompleksitas nada yang memiliki 7 nada mayor (CDEFGAB) dan 5 nada minor (C #, D #, F #, G #, A #) hanya dapat ditunjukkan oleh instrumen piano. Keberadaan piano dapat merepresentasikan komposisi not dalam musik yang berjumlah 7 + 5 not dalam 1 oktaf, kemudian berulang semakin rendah pada oktaf lainnya.



Gambar 1. Vertical Piano
Sumber: Analisis 2020

Banyak sarjana matematika dari era yang berbeda, seperti Pythagoras, Euclid, Al-Kindi, Al-Farabi, Leonardo da Pisa Johannes Kepler, dan Roger Penrose telah menghabiskan banyak waktu untuk memahami rasio dasar ini dengan karakteristiknya (Abi, 2017). Tapi obsesi rasio emas ini tidak terbatas pada ahli matematika saja. Inti dari keserbagunaan dan popularitasnya telah diperdebatkan oleh para ilmuwan, penulis, penyanyi, arkeolog, insinyur, psikolog, dan bahkan mistikus. Mungkin ada baiknya mengatakan bahwa lebih banyak pemikir dari berbagai disiplin ilmu telah dipengaruhi oleh rasio emas daripada angka mana pun dalam sejarah matematika.

Fenomena dari penelitian ini adalah piano memiliki tuts berwarna putih dan hitam, dimana perbedaan ini secara langsung menunjuk pada struktur bilangan nada. Sedangkan teori gap dalam penelitian ini adalah piano karena musik memiliki sequence note dengan golden ratio dan hahslm berdasarkan sistem ekonomi. Beberapa seniman sering menggunakan not skala untuk menunjukkan kemitraan, sementara seminada digunakan oleh yang lain. Dalam mempelajari struktur komposisi, baik angka Golden Mean dan Fibonacci diperhatikan (Van Gend, 2014). Dengan cara yang sama, seperti yang dikatakan para Golden Numberist bahwa Rasio Emas dalam seni visual memiliki makna artistik khusus, mereka juga menghubungkan pengaruh musik yang sangat baik padanya. Sebagai permulaan, buku Rasio Emas dengan cepat menunjukkan bahwa banyak yang menganggap mayor keenam dan minor keenam sebagai interval musik yang paling memuaskan dan bahwa Rasio Emas selaras dengan interval ini (Shannon, 2014).

FUNGSI MUSIK DALAM FISIKA

Istilah musik atau mousike, dimana kata mousikos diambil dari nama salah satu dari sembilan dewa kuno (musica atau musa, dalam bahasa latin). Dewa Mousikos digambarkan sebagai dewa yang melambangkan keindahan, menguasai bidang seni dan sains (Astinah, 2018). Diasumsikan bahwa hanya keterampilan otak kiri yang dapat ditingkatkan. Sementara itu, tidak ada yang perlu dikhawatirkan tentang otak yang benar yang mengontrol imajinasi, emosi, pengenalan waktu, dan ruang. Otak pada gelombang alfa dibawa oleh musik tradisional, yang mengaktifkan serabut saraf prafrontal hingga kapasitas maksimumnya.

Jenis musik ini pada masanya dinilai memiliki keunggulan karena ritme yang teratur dan tekstur yang sederhana. Ini dapat membuat detak jantung normal sekaligus membangkitkan perasaan dan ingatan. Beberapa peneliti telah menemukan bahwa siswa yang secara teratur mendengarkan musik klasik tampaknya lebih mudah menyimpan informasi dan mendapatkan skor IQ yang lebih tinggi.

Penguasaan musik menunjukkan kemampuan kecerdasan seseorang. Kepemilikan alat musik juga menunjukkan status ekonomi. Kemampuan memainkan alat musik membutuhkan waktu latihan yang lama, sehingga dibutuhkan standar ekonomi tertentu untuk menjaga kestabilan latihan yang konsisten. Jenis kepemilikan suatu alat musik juga memberikan nilai tambah untuk memahami nada musik yang dimainkan. Gitar merupakan alat musik yang paling digemari masyarakat karena fleksibel dengan harga yang bersaing. Dan alat musik yang paling sulit dipelajari adalah piano.

Rasio emas juga disebut bagian emas atau mean emas. Rasio ekstrim terhadap rata-rata, bagian tengah, proporsi ilahi, bagian ilahi (Latin: *sectio divina*), proporsi emas, kepingan emas, jumlah emas, dan rata-rata Phidias adalah nama-nama lainnya. Setidaknya selama 2.400 tahun, rasio emas telah memikat akademisi barat dari berbagai latar belakang disiplin ilmu (Desyana, 2018).

Ada satu sifat aneh dari bilangan Fibonacci. Ini akan berakhir dengan angka yang mirip satu sama lain jika Anda membagi satu angka dalam urutan dengan angka sebelumnya. Saat ini, setelah digit ke-13 dalam urutan, nomor ini ditetapkan. Dalam tangga nada yang paling banyak digunakan: pentatonik (5), Mayor dan minor (8), dan Chromatic (13), yang lain menemukan bilangan Fibonacci. Dilema di sini adalah bahwa tujuh nada hanya terdiri dari tangga nada mayor dan minor, dan skala kromatik mencakup 12. Yang lain mengatakan bahwa hubungan antara interval didasarkan pada angka Fibonacci dalam berbagai jenis musik. Jika kita menambahkan oktaf, maka dalam skala yang luas, angka 1, 2, 3, 5, 8 mencerminkan lebih dari 62% rekaman yang tersedia. Semua interval skala mayor kecuali yang paling disonan (minor 2, tritone, dan mayor 7).

Mempertimbangkan hubungan historis antara musik dan angka, masuk akal untuk menanyakan apakah ada karakter yang dimainkan oleh Rasio Emas dan konten Hahslm baik dalam pengembangan instrumen atau komposisi musik. Oktaf yang terdapat pada piano terdiri dari tiga belas tuts, tujuh tuts putih, dan lima tuts hitam. Satu kelompok terdiri dari dua kunci dan yang lainnya terdiri dari lima kunci hitam itu sendiri. Misalnya, keunggulan C mayor sebagian dikaitkan dengan fakta bahwa ia dimainkan dengan tuts putih piano. Pertama, ingat bahwa dua belas seminada pada dasarnya adalah skala pada musik. Nada yang sama, C, untuk menandakan penyelesaian putaran, dimainkan dua kali dalam oktaf. Kedua, dan yang lebih menonjol, susunan tuts dua baris, yang secara tajam dan datar dibagi menjadi dua atau tiga kelompok di bagian atas, berasal dari awal abad ke-15, jauh sebelum kitab Pacioli ditulis dan jauh lebih lama sebelumnya. pemahaman serius tentang angka-angka Fibonacci.

Nada musik murni ditentukan oleh frekuensi tetap (diukur dengan jumlah getaran per detik) dan amplitudo tetap (diukur dengan jumlah getaran per detik). Nada dasar digunakan untuk menyetel A, yang bergetar setiap detik pada 440 getaran. Kombinasi A dengan C akan mendapatkan mayor keenam. Frekuensi sekitar 264 getaran per detik menghasilkan nada terakhir. Rasio antara dua frekuensi $440/264$ dikurangi menjadi $5/3$, yang merupakan rasio antara dua angka Fibonacci. Dari C tinggi (528 getaran per detik) dan E (330 getaran per detik), minor keenam dapat diperoleh. Dalam hal ini, rasio $528/330$, yang juga merupakan rasio dari dua angka Fibonacci dan sudah sangat mirip dengan Rasio Emas, turun menjadi $8/5$ (Hirano, 2019).

SISTEM DAN REFLEKSIVITAS

Penelitian ini memiliki beberapa objek yang akan dipelajari seperti akustik, getaran dan piano. Penelitian ini menggunakan beberapa teori dasar untuk dijadikan tolok ukur dengan objek seperti teori golden ratio dan teknik hahslm. Dengan pendekatan ini, metodologi menggunakan beberapa metode untuk menganalisis objek. Penelitian ini memiliki beberapa metode dari perspektif reflektivitas, kesamaan, dan dinamisitas.

Metode reflektivitas adalah menganalisis elemen-elemen objek yang akan diteliti yang harus sesuai dengan standar dasar suatu sistem. Sistem memiliki 3 entitas yaitu source, output, dan result. Dalam teori Hahslm, suatu sistem memiliki 3 elemen ultimate yang sama dengan variabel independen dalam statistik. Namun dalam studi fisika ini, 3 elemen ultimate harus direfleksikan dari kata slm yang diartikan dengan banyak bunyi yaitu bunyi naik dan bunyi turun. Dalam Islam, 3 elemen utama ini dapat diartikan sebagai manusia, Tuhan dan ibadah.

Metode kesamaan merupakan metode pendukung selain reflektivitas. Jika reflektivitas dapat membuat definisi baru pada suatu objek, tetapi kesamaannya adalah membuat bentuk yang sama dengan objek lainnya. Lebih mudah menggunakan kesamaan daripada reflektivitas. Dalam reflektivitas, penelitian harus mengetahui konsep variabel ultimate secara mendalam namun dalam metode kesamaan hanya dapat dibandingkan dengan objek utama yang ada yang dapat diterima oleh ilmu umum.

Metode hahslm memiliki 6 digit sebagai Hahslm dalam kata dan 472319 dalam angka. Konsep dasar variabel pamungkas dalam kata slm atau dalam 319 angka. 3 kata dan 3 angka ini berasal dari kitab suci Quran Al-Hijr [15]: 87 dengan kata tujuh dan quran. Tujuh sebagai angka 7 dan quran diturunkan menjadi angka 114. Penurunan 114 adalah 2319, maka perhitungan akhir akan ada 6 digit 472319 atau hahslm.

Angka 472319 juga dapat didefinisikan sebagai Konstanta R. Konstanta ini sama dengan angka Golden Ratio seperti 1,2,3,5,8 dan seterusnya. Dengan angka Rasio Emas ini. Ada urutan angka-angka dalam suatu objek yang berhubungan dengan Rasio Emas. Dan Golden Ratio pada penelitian selanjutnya akan memiliki kemiripan dengan Konstanta R.

Perkembangan *science of reflexivity* membentuk beberapa rumus dasar yaitu Rumus R-12 dan Rumus R-47. Dua rumus ini bermula dari telaah kalimat negasi yang menyatakan “Tidak Aku ciptakan Jin dan Manusia kecuali untuk ibadah”. Dengan adanya 2 kata negasi yaitu tidak dan kecuali, menjadikan kalimat ini menyimpan makna ganda.

Makna umum adalah mengikuti alur urutan kalimat dengan obyek pertama Jin dan Manusia yang dilanjutkan dengan obyek kedua yaitu ibadah. Dipakainya kata ‘tidak’ dan ‘kecuali’ menjadi penegas bahwa tidak ada Jin dan Manusia kecuali ada ibadah. Kata negasi ini mengharuskan keberadaan ibadah lebih awal dibandingkan dengan kehadiran Jin dan Manusia. Kalimat sederhana dengan menghilangkan kata negasi menjadi “Aku ada ibadah dulu, kemudian menciptakan Jin dan Manusia”. Konsep ibadah yang sederhana harus adad ulu, sebagai pola dasar bagi penciptaan yang lebih kompleks seperti Jin dan Manusia. Kombinasi nomor surat dan nomor ayat dengan pola 5156 membentuk aljabar dalam dikali luar yaitu $(5+1) \times (5+6)$ berupa 6×2 dimana 11 akar digitnya 2, sehingga $6 \times 2 = 12$.

Ibadah dengan konstanta 12 ini muncul dari kombinasi bilangan, sehingga dinyatakan sebagai persamaan R-12
(1)

Rumus R-12 yang sinkron dengan ibadah dapat ditelusuri pada salat Jamak yang memiliki elemen 1 dan 2. Elemen 1 berasal dari bagian salat yang tidak bisa dijamak yaitu salat Subuh, sedangkan elemen 2 berasal dari bagian salat yang bisa dijamak yaitu salat Dzuhur Asar untuk salat petang, dan untuk salat malam yaitu salat Magrib Isa. Dalam Reflexivity Theory dijelaskan bahwa sumber obyek adalah R-12 berupa konstanta 12, maka reflexivity obyek juga harus berupa konstanta 12. Hanya saja, reflexivity 12 memiliki kelebihan berupa kompleksitas yang lebih beragam. Di kiri sebagai sumber 12, di tengah sebagai media, maka di kanan sebagai reflexivity adalah 12 dengan derivasi seperti $4+4+4$. Hasil di sumber kiri akan sama dengan di bagian reflexivity kanan. Di kiri 12, di kanan 12, dimana makna 12^* ini memberikan tambahan pengetahuan adanya rincian dengan pemisahan bagian yang lebih detail.

Konstanta 12 yang dirinci menjadi $4+4+4$ ternyata dapat dipecah lagi menjadi 4, 72, 319. Dimana 4 pertama sebagai *dependent variable*, 4 kedua sebagai *independent variable* dengan perkalian 7×2 diperoleh data 14 (diambil 4), dan 4 ketiga juga tentang *independent variable* dengan penjumlahan $3+1+9$ berupa akar digit 13 yaitu 4. Terbentuk kombinasi bilangan 472319 dengan mengambil representasi 1 *dependent variable* dan 1 *independent variable*, terfrasakan bilangan 47. Bilangan 47 ini merepresentasikan 472319 yang didefinisikan sebagai R-47.

HUBUNGAN MUSIK DENGAN FISIKA

Mengenal musik juga ditemukan sebagai keanggunan dan suara. Musik adalah suara yang diatur menjadi ritme yang dapat memuaskan telinga kita atau menyampaikan emosi atau suasana hati. Ada ritme, melodi, dan harmoni dalam musik yang memberinya substansi dan memungkinkan banyak instrumen atau suara digunakan. Dalam lagu, pola diulang berulang kali dalam melodi, dalam kalimat, dan terkadang dalam baris atau bagian penuh. Mengenal loop atau pengulangan ini adalah bagian dari kesenangan tampil dan mendengarkan musik.

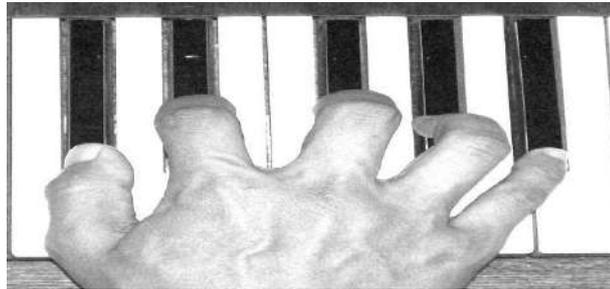
Sebuah huruf dari ABC ke G, atau yang dikenal dengan seri CDEFGAB, diberikan untuk setiap pola nada. Seri ini diulangi setelah tujuh huruf atau tujuh nada. Oktav dianggap interval antara satu nada dan nada terendah atau tertinggi berikutnya dengan nama yang sama.

Baik piano maupun musik memiliki arti masing-masing dari penjelasan ini. Kemiripan kedua jargon ini (piano dan musik), bagaimanapun, terletak pada suaranya. Suara menjadi daya tarik intrinsik objek dan bidang ini (Damirov, 2020).

Perhitungan pitch dan pitch absolut pada metode skala merupakan indikator yang pasti. Arti pembentuk struktur adalah ukuran suara dari sistem. Seluruh nada (nada utama) dan 5 (lima) nada yang disebut nada tengah (nada minor) didasarkan pada skema 12 (dua belas) nada yang terdiri dari tujuh (tujuh) nada. Koherensi nada dalam sistem ini dibutuhkan bukan hanya demi keindahan suara, tetapi juga demi karakter sistem melodi yang murni, serasi, dan berwarna.

Musik elektronik dan musik komputer, sedangkan musik modern memberi atau tidak menawarkan kebebasan panorama tak terbatas dalam hal nada. Ada 12 catatan pada skala sekarang untuk detail tambahan. Ada lima catatan menengah dan tujuh catatan lengkap dalam 12 catatan ini. Not-not pada piano dilihat dari jauh sebagai tuts putih dan baris tuts hitam.

Pada tuts hitam, posisi tangan kanan harus sesuai urutan not. Dimulai dengan ibu jari pada nada Cis (antara nada C dan D), lalu jari telunjuk pada tombol nada Dis. Kemudian posisi jari tengah setelah melewati 2 nada (E dan F) berada pada kunci hitam Fis. Dan pada not Gis dan Ais ada dua digit terakhir, termasuk jari manis dan kelingking. Inilah yang dianggap skala di ujung jari tangan kanan pada lima nada tengah.



Gambar 2. Hand Piano SLM
Sumber: Analisis 2020

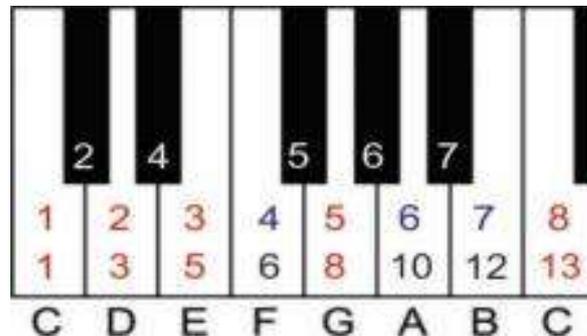
Jadi dapat dilihat bahwa dua kelas nada terjadi secara eksklusif pada tuts hitam. Kelompok nada pertama, terdiri dari nada Cis (ibu jari) dan Dis (jari telunjuk). Kemudian set nada kedua, terdiri dari nada Fis (jari tengah), Gis (jari manis), dan Ais (jari kelingking). Dengan kata lain, dua set tuts hitam ini terdiri dari dua tuts hitam di kiri dan tiga tuts hitam di kanan.

Ada lima jari di atas lima nada hitam, seperti lima nada tengah. Dan dua not kiri dan tiga not kanan dipisah. Tiga nada kanan ditekan 3 jari (kelingking, jari tengah manis) = Sin atau S. Dua nada kiri ditekan dengan 2 jari (depan dan tipis) = L & M atau Lam & Mim. Ternyata piano juga berhubungan dengan Islam, dimana piano memiliki simbol Islam. Istilah Islam memiliki tiga akar kata, termasuk huruf 'atau sin, huruf 'L 'atau lam, dan huruf 'M 'atau mim. Kata Islam berasal dari tiga huruf konsonan sebagai sin lam mim.

Ada kata Islam di piano, yang secara historis telah dijelaskan bahwa kata Islam berasal dari tiga huruf konsonan, sin lam mim. Diakui bahwa ada penataan nada dalam skala yang sudah menjadi tradisi di industri musik. Ukuran pasti adalah ukuran absolut tinggi nada dan tinggi nada dalam sistem skala. Definisi yang membentuk suatu struktur adalah besar kecilnya bunyi dalam sistem skala. Sistem 12 nada yang terdiri dari 7 nada yang disebut nada utama dan 5 nada yang disebut nada minor didasarkan pada sistem tersebut. Not-not pada piano akan muncul sebagai deretan tuts putih dan deretan tuts hitam jika dilihat dari jauh. 1 oktaf terdiri dari huruf A dari ABC ke G, atau yang dikenal dengan deret CDEFGAB, diberikan pada setiap pola nada. Seri ini diulangi setelah tujuh huruf atau 7 nada. Satu oktaf = 12 nada terdiri dari 7 nada (majot) seri CDEFGAB dan 5 nada (minor) C # D # F # G # A # series.

Sekali lagi tentang koneksi piano-Islami, nada-nada di piano telah diklarifikasi sebelumnya. Sebagaimana diketahui secara historis, ada pesan Alquran di dalam jari manusia yang diwakili oleh simbol Sin Lam Mim (Al-Faqih, 2017). Tangan di atas piano yang persis di atas tuts piano hitam juga merupakan pertanda Islam. Dimana bertentangan dengan hukum sin lam mim, pada ibu jari kanan ibu jari ini bertanda huruf mim. Kemudian jari telunjuk menyimpan dari lam dan jari tengah, menyimpan tanda dosa huruf dengan jari manis dan jari kelingking. Jadi ada simbol mim lam dan sin pada piano untuk set nada ini. Bacaan yang benar adalah dari kanan ke kiri, menurut aturan bahasa Arab, jadi bacaan itu sin lam mim.

Ada hubungan antara piano dan Rasio Emas, di mana, seperti yang dikatakan para Penomoran Emas bahwa Rasio Emas dalam seni visual memiliki kualitas estetika khusus, mereka memberikan dampak yang sangat baik dalam musik. Frekuensi tetap dan amplitudo tetap menentukan not musik murni. Angka Golden Ratio adalah: $3/5$ dan $8/13$ dapat dilihat pada nada piano. Nada dasar digunakan untuk menyatel A, yang bergetar setiap detik pada 440 getaran. Kombinasi A dengan C akan mendapatkan mayor keenam. Frekuensi sekitar 264 getaran per detik menghasilkan nada terakhir. Rasio antara dua frekuensi $440/264$ dikurangi menjadi $5/3$, yang merupakan rasio antara dua angka Fibonacci. Dari C tinggi (528 getaran per detik) dan E (330 getaran per detik), minor keenam dapat diperoleh. Dalam hal ini, rasio $528/330$, yang juga merupakan rasio dari dua angka Fibonacci dan sudah sangat mirip dengan Rasio Emas, turun menjadi $8/5$ (Bakim 2002).



Gambar 3. Piano In Golden Ratio
Sumber: Analisis 2021

Musik dapat dimiliki oleh semua orang, namun masyarakat memiliki alat musik yang terbatas sesuai dengan status ekonominya. Masyarakat umum memiliki banyak gitar dengan harga ekonomis dengan jumlah tone yang banyak. Sementara itu, piano lebih banyak dimiliki oleh negara-negara ekonomi mapan dengan jumlah nada yang banyak tetapi lebih nyaman dalam suaranya daripada gitar. Kemudahan yang menyertai piano adalah munculnya tuts putih dan hitam. Piano bisa disebut ibu dari alat musik, karena kerumitan dan kenyamanan yang dimiliki piano.

Federasi Terapi Musik Dunia (WMFT) menyatakan bahwa terapi musik adalah musik yang digunakan oleh seseorang yang dilatih untuk berinteraksi, menggambarkan ekspresi, atau mencapai tujuan terapeutik lain untuk suatu kelompok (Luwes, 2010). Melalui terapi musik Islami, musik sakral yang digunakan untuk terapi membantu klien dengan kesadaran spiritual lebih damai dan tenang (Otterbeck, 2017). Berbagai jenis musik, seperti musik santai, musik populer, dan musik klasik, dapat digunakan sebagai terapi. Namun, yang sering direkomendasikan adalah musik atau lagu yang menenangkan dengan tempo 60 detak per menit (Dana, 2019). Terlepas dari genre musiknya. Musik digunakan sebagai pengobatan kesejahteraan oleh cendekiawan Muslim dalam Islam, termasuk Al-Kindi dan Al-Farabi,

SIMPULAN

Perwujudan musik yang paling mudah dicerna adalah piano. Jadi dimungkinkan untuk mengkategorikan piano dan musik sebagai serupa dimana piano sama dengan musik. Musik adalah piano karena nada putih dan hitam. Piano sesuai dengan Hahslm dan Islam. Piano menunjukkan kemampuan kecerdasan dan status ekonomi. Not akustik pada piano adalah pola yang sesuai dengan rasio emas. Bagian dari pola ini memiliki arti hahslm, konsep hakiki ibadah dalam konteks ciptaan Tuhan.

Piano mempertahankan fenomena Hahslm, artinya piano itu juga Islami. Piano menunjukkan kemampuan kecerdasan dan status ekonomi pemilikinya. Hasil dari penelitian ini adalah nada akustik pada piano memiliki pola yang sesuai dengan golden ratio. Bagian dari pola ini memiliki arti hahslm, konsep hakiki ibadah dalam konteks ciptaan Tuhan.

Musik Islami memiliki manfaat dalam penggunaan teknik pengobatan kesejahteraan fisik dan moral. Musik membantu menyembuhkan rasa sakit dan juga dapat menyerap ayat-ayat yang memiliki banyak tafsir serta membuat manusia merasa lebih nyaman dan religius.

REFERENSI

- Abi, A. M 2017 Integrasi etnomatematika dalam kurikulum matematika sekolah. JPMI (Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia), 1(1), 1-6.
- Al-Faqih, K. M 2017 A mathematical phenomenon in the Quran of earth-shattering proportions: a Quranic theory based on gematria determining Quran primary statistics (words, verses, chapters) and revealing its fascinating connection with the golden ratio. *Journal of Arts and Humanities*, 6(6), 52-73.
- Astinah, M. D 2018 Improvisasi Lagu Lingsir Wengi Versi Sunan Kalijaga Menggunakan Barisan Fibonacci dan Golden Ratio (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- Bakim, S., & Seyit, Y. Ö. R. E 2002 Investigation Of Applications Of Fibonacci Sequence And Golden Ratio In Music. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29(3), 49-69.
- Damirov, A 2020 Azer Rzayev: Traits Of Azerbaijani Folk Music And Dance In His Sonata For Violin And Piano (Doctoral Dissertation, Temple University. Libraries).
- Dana-Picard, N., & Hershkovitz, S 2019 Computer assisted activities about the Golden Ratio in Space and Time.
- Desyana, L. V., & Godeliva, P 2018 Kajian Bilangan Fibonacci Dan Golden Ratio Pada Lagu Daerah “Dek Sangke”. *Prosiding Sendika*, 4(1).
- Frishkopf, M., & Spinetti, F. (Eds.) 2018 *Music, Sound, and Architecture in Islam*. University of Texas Press.
- Godeliva & Desynna L 2018 Kajian Bilangan Fibonacci dan Golden Ratio pada Lagu Daerah . *Jurnal Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika, Pendidikan Matematika*
- Hirano, Y. An aspect of the historical development of the concept of the “golden ratio”. No. 24 (Special Issue 2019), 50. ISSN 2477-8443
- Luwes, N. J. (2010). Fibonacci numbers and the golden rule applied in neural networks. *Interim: Interdisciplinary Journal*, 9(1), 33-43.
- Otterbeck, J. O. N. A. S., & Larsson, G. Ö. R. A. N 2017 Islam and Popular Music. *The Bloomsbury Handbook of Religion and Popular Music*, 111-120.
- Phillips, M. E 2019 Rethinking the role of the golden section in music and music scholarship. *Creativity Research Journal*, 31(4), 419-427.
- Shannon, A. G., Klamka, I., & van Gend, R 2018 Generalized Fibonacci Numbers And Music. *Journal of Advances in Mathematics*, 14(1), 7564-7579. Universitas Muhammadiyah Purworejo. Vol. 20, 2014, No. 1, 72–77.
- Van Gend, R 2014 The Fibonacci sequence and the golden ratio in music. *Notes on Number Theory and Discrete Mathematics*, 20(1), 72-77.

**ANALISIS SURFACE LATENT HEAT FLUX, STABILITAS ATMOSFER, DAN
PERTUMBUHAN AWAN BERDASARKAN DATA NETCDF & SATELIT HIMAWARI 8
(STUDI KASUS: HUJAN WILAYAH JAKARTA 24 JANUARI 2021)**

Rahmat Alpentido¹⁾ Aditya Mulya Penulis²⁾

*Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No.5 Pondok Betung, Pondok Aren,
Tangerang Selatan*

¹⁾ alpentidosimbolon@gmail.com

ABSTRACT

The flood at Jakarta in January was one of the meteorological disasters that occurred in early 2021. This incident was caused by the La Nina phenomenon but was still in the weak category. Several aspects that can be studied related to this phenomenon are Surface Latent Heat Flux (SLHF), Atmospheric Stability Conditions, and Cloud Growth in the area. This study is intended to measure the relation of SLHF and Atmospheric Stability to Cloud Growth. The data used as test benchmarks are NetCDF and also Himawari 8 Satellite Imagery. Processing is carried out using Grads and also Sataid to obtain results in the form of a meteogram graph and cloud distribution map in the span of 6 hours before the incident, at the time of the incident, and 6 hours after incident. The results show that changes in the value of Surface Latent Heat Flux and Atmospheric Stability have a relationship with Cloud Growth. The increase in the values of all these parameters indicates the formation of a thunderstorm. Almost all values show a positive trend, however there is one trend in the Total Index data that is contrary to the results found.

Keywords: *Flood, Stability Index, Himawari 8, Cloud Growth*

ABSTRAK

Kejadian banjir di Jakarta pada bulan Januari merupakan salah satu dari bencana meteorologi yang terjadi di awal tahun 2021. Kejadian ini disebabkan oleh fenomena La Nina namun masih dalam kategori lemah. Beberapa aspek yang dapat dikaji terkait fenomena ini adalah Surface Latent Heat Flux (SLHF), Kondisi Stabilitas Atmosfer, serta Pertumbuhan Awan pada daerah tersebut. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengukur keterkaitan SLHF dan Stabilitas Atmosfer terhadap Pertumbuhan Awan di wilayah tersebut. Data yang digunakan sebagai tolak ukur pengujian adalah Data NetCDF dan juga Citra Satelit Himawari 8. Pengolahan dilakukan menggunakan Grads dan juga Sataid untuk mendapatkan hasil berupa grafik meteogram dan juga peta sebaran awan pada rentang waktu 6 jam sebelum kejadian, saat kejadian, dan 6 jam setelah kejadian. Hasil menunjukkan bahwa perubahan nilai Surface Latent Heat Flux dan Stabilitas Atmosfer memiliki keterkaitan dengan Pertumbuhan Awan. Peningkatan nilai dari semua parameter tersebut menunjukkan indikasi terbentuknya Badai Petir pada kejadian hujan lebat. Hampir keseluruhan nilai menunjukkan tren positif, Namun terdapat satu tren pada data Total Indeks yang berlawanan dengan hasil yang ditemui.

Kata Kunci: *Banjir, Indeks Stabilitas, Himawari 8, Pertumbuhan Awan*

PENDAHULUAN

Pada tanggal 24 Januari 2021 tepatnya pukul 04.30 WIB s.d. 09.00 WIB terjadi hujan dengan intensitas tinggi mengguyur sebagian besar wilayah Jakarta. (Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca – BPPT, Januari 2021). Hujan lebat menyebabkan sekitar 10 titik di Jakarta mengalami banjir dengan ketinggian 10 hingga 45 sentimeter. (BPBD Provinsi DKI Jakarta, Februari 2021)

Berangkat dari hal tersebut maka dibutuhkan beberapa analisis terkait fenomena hujan yang berkisaran empat jam 30 menit tersebut. Salah satu analisis yang dapat dilakukan adalah analisis fluks kalor laten permukaan, indeks K, total indeks, serta tutupan awan.

Parameter fluks kalor laten permukaan merupakan perpindahan panas laten (akibat dari perubahan fasa air, seperti penguapan atau kondensasi) antara permukaan bumi dan atmosfer melalui efek gerak turbulen udara. Parameter ini diakumulasikan selama periode waktu tertentu yang bergantung pada data yang diekstraksi. Ketentuan data yang digunakan untuk fluks vertikal bernilai positif jika mengarah ke bawah.

Sedangkan, untuk indeks stabilitas atmosfer adalah salah satu faktor yang dibutuhkan untuk mendeteksi kejadian hujan lebat dan prediksi kejadian badai Guntur. Beberapa indeks stabilitas atmosfer yang digunakan adalah K-Indeks dan Total Indeks Data kedua indeks tersebut didapatkan dari radiosonde yang dijalankan menggunakan aplikasi RAOB. Indeks-indeks ini dipilih karena telah disesuaikan kriteria indeksnya terhadap kejadian badai guntur di wilayah Indonesia. (Budiarti et al, 2012; Meilani et al, 2014; Novianti et al, 2015; Ratnam et al, 2013; Tajbakhsh et al, 2012).

Indeks K merupakan ukuran potensi terjadinya badai petir yang dihitung dari temperatur dan temperatur titik embun di bagian bawah atmosfer. Perhitungan menggunakan temperature pada lapisan 850, 700 dan 500 hPa dan temperatur dewpoint pada 850 dan 700 hPa. Nilai K yang lebih tinggi menunjukkan potensi yang lebih tinggi untuk pengembangan badai petir. (Copernicus Climate Data. ERA5)

Tabel 1. Tabel Klasifikasi Nilai K-Indeks
Sumber: Copernicus Climate Data

Klasifikasi (K)	Probabilitas peristiwa yang terjadi
<20	Tidak ada badai petir
20-25	Badai petir yang terisolasi
26-30	Badai petir mulai meluas
31-35	Badai petir sudah menyebar luas
>35	Badai petir sudah menyebar dengan skala yang banyak sekali

Sedangkan total indeks adalah perbedaan suhu antara 850 hPa (dekat permukaan) dan 500 hPa (troposfer tengah) (laju selang) ditambah ukuran kadar air antara 850 hPa dan 500 hPa. Probabilitas konveksi dalam cenderung meningkat dengan meningkatnya laju selang dan kadar air atmosfer. Parameter ini memberikan indikasi kemungkinan terjadinya badai petir dan tingkat keparahannya dengan menggunakan gradien vertikal suhu dan kelembaban.

Tabel 1. Tabel Klasifikasi Nilai Total Indeks
Sumber: Copernicus Climate Data

Klasifikasi (K)	Probabilitas peristiwa yang terjadi
<44	Tidak terjadi badai petir
44-50	Terjadi badai petir
51-52	Badai petir parah yang terisolasi
53-56	Badai petir parah yang tersebar luas
56-60	Badai petir ganas yang tersebar lebih mungkin terjadi

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lebih lanjut terkait aspek surface latent heat flux, kondisi stabilitas atmosfer, serta tutupan awan pada wilayah Jakarta. Lokasi pengambilan data disesuaikan dengan longitude dan latitude Stasiun Meteorologi Soekarno Hatta, Durasi pengambilan data disesuaikan dengan kebutuhan. Semua data yang digunakan diteliti sejak 6 jam sebelum kejadian hingga 6 jam setelah kejadian hujan. Ketiga aspek tersebut dikaji pengaruhnya terhadap kejadian hujan pada tanggal 24 Januari 2021 di wilayah tersebut.

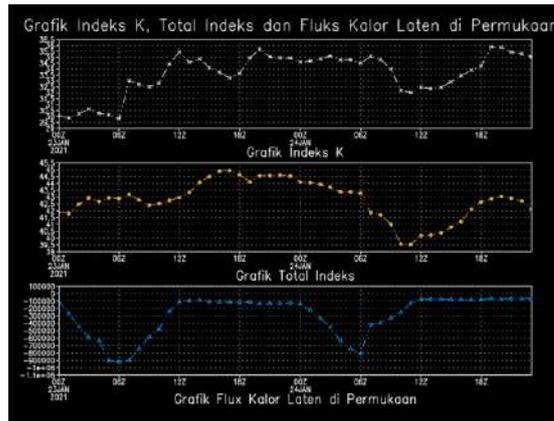
Data yang digunakan merupakan data NetCDF yang diperoleh dari Copernicus Climate Data ERA5. Data yang diolah berupa data Surface Laten Heat Flux, K-Indeks serta data Total Indeks. Pengolahan data dilakukan menggunakan Grads dengan output berupa grafik cuaca temporal (meteogram).

Selain data tersebut, ada juga data citra satelit Himawari 8. Untuk data yang diolah adalah data K-Indeks, Total Indeks dan Tutupan Awan. Data stabilitas atmosfer diperlukan sebagai bahan acuan dan perbandingan terhadap data yang diperoleh dari Copernicus Climate Data ERA5. Kedua data tersebut akan disajikan dengan output berupa grafik dengan pengolahan melalui Microsoft Excel. Sedangkan data Tutupan awan disajikan dengan format gambar.

Data K-Indeks, dan Total Indeks nantinya dibandingkan dengan tabel klasifikasi yang dilansir oleh Copernicus Climate Data ERA5. Proses ini dilakukan untuk menganalisa ketiga faktor tersebut yang nantinya akan dibandingkan dengan tutupan awan di atas wilayah Jakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Surface Laten Heat Flux NetCDF ERA 5



Gambar 1. Grafik SLHF, K-indeks, dan Total Indeks Data NetCDF
Sumber: Penulis

Grafik Surface Laten Heat Flux memiliki pola diurnal. Artinya, persebaran data ini memiliki pola yang akan mengalami pengulangan dengan periode waktu tertentu. Nilai negative hanya menunjukkan bahwa arah perpindahan panasnya ke bawah. Grafik berwarna biru menunjukkan bahwa ketika waktu mendekati pukul 06.00 UTC nilai mengalami kenaikan. Di sisi lain, dalam rentang 06.00 UTC hingga 12.00 UTC nilai SLHF mengalami peningkatan dan kemudian cenderung stasioner hingga 00.00 UTC dan nantinya akan turun kembali.

Jika dibandingkan kedua grafik SLHF tanggal 23 dan 24 Januari 2021 terdapat sedikit perbedaan. Perbedaan ini terletak pada nilai minimum masing-masing hari. Pada tanggal 23, titik maksimum bernilai -9×10^5 sedangkan satu hari setelahnya terdapat selisih sebesar 1×10^5 . Pada tanggal keesokan harinya nilai SLHF minimum hanya -8×10^5 . Perbedaan nilai total SLHF dalam satu hari dapat mempengaruhi total konveksi panas yang terjadi antara permukaan dan atmosfer. Dengan bertambahnya nilai ini, maka pembentukan awan hasil dari perpindahan panas yang terjadi antara permukaan dan atmosfer.

Total Indeks NetCDF ERA 5

Pada grafik Total Indeks sebaran nilai berkisar 39.5 hingga 45. Peningkatan nilai mulai terjadi 09.00 UTC pada tanggal 23 Januari 2021 (hampir 12 jam sebelum kejadian hujan). Akan tetapi nilai Total Indeks baru memasuki nilai 44 pada pukul 14.00 UTC. Nilai ini digolongkan sebagai probabilitas dapat terjadi badai petir. Dalam beberapa jam kemudian nilai ini terus mengalami peningkatan hingga menyentuh angka 45.

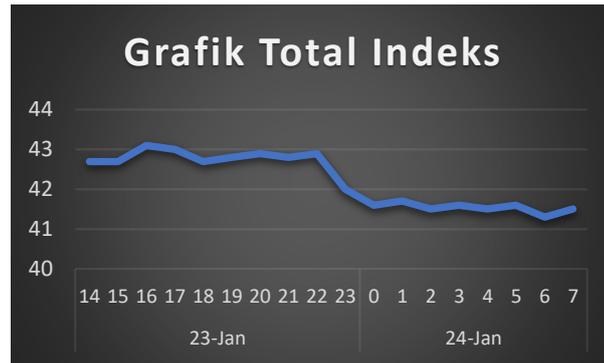
Selanjutnya, pada pukul 18.00 UTC mulai terjadi penurunan nilai. Meskipun terdapat sedikit peningkatan pada pukul 19.00 UTC namun secara keseluruhan pola yang ditunjukkan cenderung menurun. Hingga hujan selesai pada pukul 01.00 UTC nilai TT masih masuk kedalam kategori dapat terjadi badai petir. Setelah hujan berhenti, nilai TT terus mengalami penurunan hingga menyentuh angka 39.5.

K-Indeks NetCDF ERA 5

Untuk grafik KI rentang sebaran nilai 29.5 hingga 36. Nilai awal pada tanggal 23 Januari 2021 sudah menunjukkan indikasi bahwa badai petir mulai meluas. Setelah pukul 06.00 UTC, terdapat lonjakan nilai dari 29.5 hingga mencapai angka 33. Kondisi ini memasuki tahap badai petir sudah menyebar luas. Sejak dimulainya hujan hingga mereda, sebaran nilai KI masih berada pada rentang 31-35. Nilainya baru mengalami penurunan yang cukup berarti setelah 07.00 UTC (6 jam setelah kejadian).

Total Indeks Himawari 8

Secara keseluruhan, nilai sebaran hasil citra satelit Himawari 8 dengan data NetCDF terdapat perbedaan yang signifikan. Pada grafik di atas terlihat bahwa rentang data hanya berkisaran 41,3 hingga 43,1. Nilai ini masih tergolong pada klasifikasi probabilitas tidak terjadi badai petir.



Gambar 2. Grafik Total Indeks Data Himawari-8
Sumber: Penulis

Nilai Total indeks saat hujan terjadi juga lebih rendah jika dibandingkan kondisi sesaat sebelumnya. Penurunan paling drastis terlihat sejak 22.00 sampai 23.00 UTC pada tanggal 23. Satu hari setelahnya, tepatnya pada tanggal 24, tidak terjadi kenaikan pada nilai Total Indeks.

K-Indeks Himawari 8

Berbeda dengan total indeks, nilai K-Indeks menunjukkan sebaran nilai yang hampir sama dengan data NetCDF. Nilai KI memiliki rentang nilai dari 32,3 hingga 34,4. Nilai ini termasuk ke dalam klasifikasi tahap badai petir sudah menyebar luas. Hal ini terjadi secara keseluruhan sejak 6 jam sebelum kejadian, saat kejadian, dan 6 jam setelah kejadian.



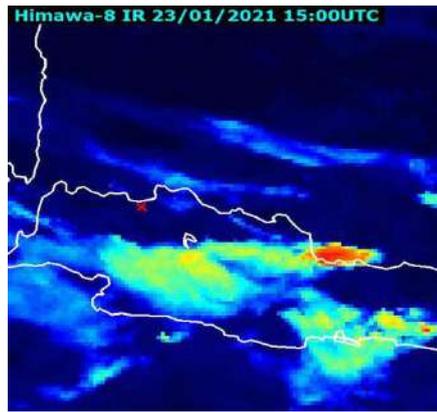
Gambar 3. Grafik K-Indeks Data Himawari-8
Sumber: Penulis

Selain itu, terdapat pula kesamaan antara pola grafik kedua data. Pada data citra satelit Himawari 8, nilai KI cenderung mengalami peningkatan sejak 6 jam sebelum kejadian. Peningkatan ini terus terjadi sampai hujan mereda pada 01.00 tanggal 24 Januari 2021.

Setelah itu, pada 6 jam setelah kejadian, tidak terdapat peningkatan nilai K-Indeks yang berarti tetapi nilainya masih termasuk dalam klasifikasi tahap badai petir sudah menyebar luas.

Tutupan Awan 6 Jam Sebelum Kejadian Himawari 8

Citra Satelit Himawari 8 yang ditinjau adalah data 6 jam sebelum kejadian hujan, tepatnya pukul 14.30 hingga 20.20 UTC. Pada rentang waktu tersebut, tidak terdapat awan konvektif di atas wilayah Jakarta dan sekitarnya. Langit masih bersih dan hanya terdapat sedikit perawan di bagian Timur Laut. Hal tersebut dapat dilihat pada citra satelit pukul 15,00 UTC,

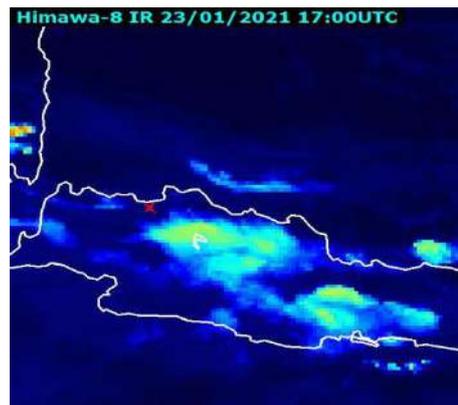


Gambar 4. Citra Satelit Himawari 15.00 UTC 23 Januari 2021
Sumber: Himawari 8

Setelah dua jam berselang, masih tidak terdapat awan konvektif pada wilayah penelitian. Pergerakan awan yang semula berada di tenggara perlahan mulai berpindah ke bagian barat. Hal ini dapat dilihat pada citra satelit pukul 15.00 UTC.

Kondisi ini sejalan dengan nilai K-Indeks pada kedua data (NetCDF dan Himawari 8). Pada waktu yang sama, nilai K- Indeks justru mengalami sedikit penurunan meskipun masih tergolong tahap badai petir sudah menyebar luas.

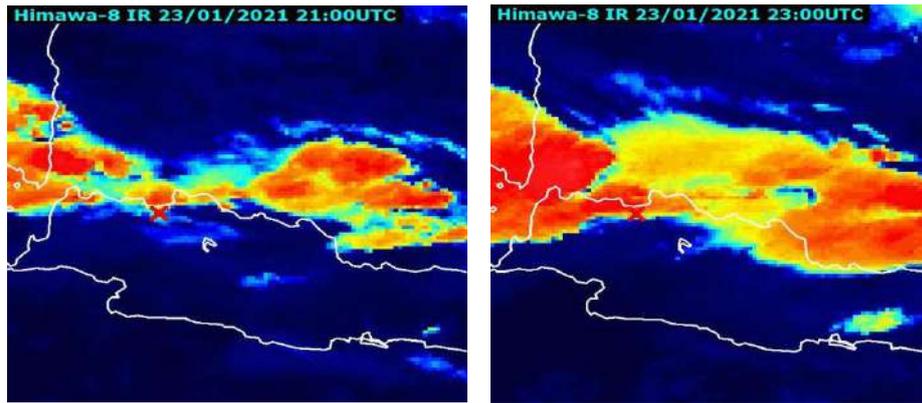
Sedangkan pada Total Indeks terdapat perbedaan, dimana grafik NetCDF mengalami tinggi tertinggi pada waktu tersebut (17.00 UTC). Hal ini kontradiktif dan kurang representatif jika dibandingkan data dari citra satelit dan grafik langsung dari Himawari 8.



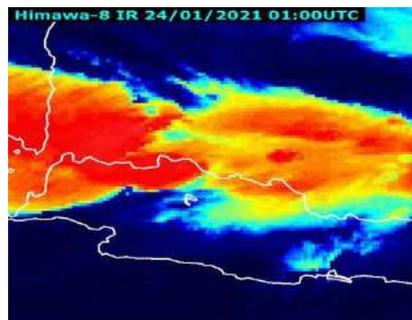
Gambar 5. Citra Satelit Himawari 17.00 UTC 23 Januari 2021
Sumber: Himawari 8

Tutupan Awan Saat Kejadian Himawari 8

Kajian ini diwakili dengan 3 peta dengan rentang waktu masing-masing peta berbeda 2 jam. Peta pertama merupakan peta tutupan awan pada pukul 21.00 UTC di tanggal 23 Januari 2021. Terlihat pada tampilan di bawah awan konvektif dari perairan di atas wilayah Jawa Barat mulai menyebar hingga memasuki sebagian wilayah utara Jakarta. Kondisi ini dilanjutkan dengan meluasnya wilayah hingga sebagian wilayah Jakarta Timur, Utara, Barat, dan Selatan. Kondisi terkakhir citra tepatnya 01.00 UTC tanggal 24 Januari 2021, penyebaran awan telah meluas dan menutupi seluruh wilayah Jakarta.



Gambar 6. Citra Satelit Himawari 21.00 & 23.00 UTC 23 Januari 2021
Sumber: Himawari 8

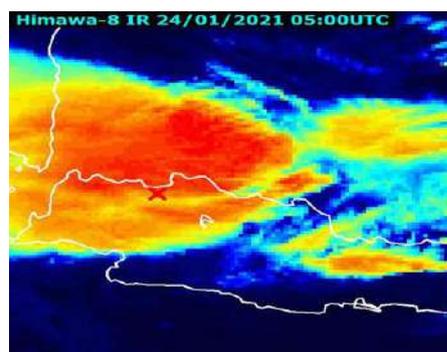


Gambar 7. Citra Satelit Himawari 01.00 UTC 24 Januari 2021
Sumber: Himawari 8

Ketiga kondisi yang ditinjau menunjukkan hasil yang positif terhadap nilai Stabilitas Atmosfer yang dilakukan. Pengklasifikasian yang dilakukan hampir semua sesuai dengan kondisi yang terjadi. Hanya terdapat satu komponen pengujian yang kurang tepat, yaitu total Indeks dari data satelit.

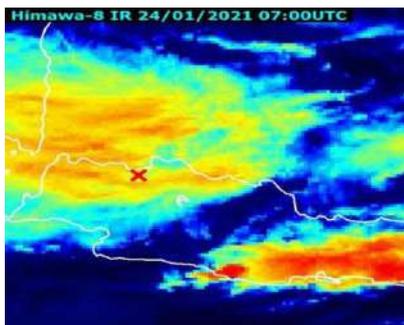
Tutupan Awan 6 Jam Sesudah Kejadian Himawari 8

Sama halnya dengan saat sebelum kejadian hujan, durasi Citra Satelit Himawari 8 yang diamati adalah data 6 jam. Contoh citra yang diambil adalah pukul 05.00 dan 07.00 UTC tanggal 24 Januari 2021. Kondisi saat 05.00 menunjukkan awan konvektif masih menyebar di seluruh wilayah Jakarta. Namun kondisi awan sudah melemah. Hal itu dibuktikan dengan warna merah yang mulai memudar pada citra satelit.



Gambar 8. Citra Satelit Himawari 05.00 UTC 24 Januari 2021
Sumber: Himawari 8

Kemudian, pada pukul 07.00 UTC kondisi telah jauh lebih melemah. Pola yang sama ditunjukkan dimana warna perawanan yang ditangkap oleh satelit hanya menyisahkan warna kuning dan warna merah telah memudar dan perlahan menjadi oren kekuningan.



Gambar 9. Citra Satelit Himawari 07.00 UTC 24 Januari 2021
Sumber: Himawari 8

Kondisi penurunan ini terbukti sejalan dengan analisis K-Indeks dan Total Indeks yang dilakukan dimana nilai masih tergolong tinggi. Artinya awan konvektif masih tetap berada di wilayah Jakarta meskipun hujan telah berhenti. Akan tetapi sama halnya dengan pembahasan sebelumnya dimana hanya nilai dari grafik total indeks dari data satelit yang menunjukkan hasil yang kurang representatif.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Data Surface Latent Heat Flux menunjukkan adanya kenaikan nilai ketika kejadian hujan di tanggal 24 Januari 2021. Nilai Surface Latent Heat Flux mempengaruhi total konveksi panas yang terjadi antara permukaan dan atmosfer. Dengan bertambahnya nilai ini, maka pembentukan awan hasil dari perpindahan panas yang terjadi antara permukaan dan atmosfer. Kondisi perawanan juga didukung dengan nilai K-Indeks dan Total Indeks secara keseluruhan.

Akan tetapi terdapat satu grafik menunjukkan ketidakcocokan terhadap kondisi perawanan dan hujan yang terjadi, yaitu Total Indeks pada data Satelit Himawari 8. Mengesampingkan hal tersebut, keseluruhan faktor yang diujikan sesuai dengan tampilan kejadian kondisi atmosfer sebelum, sesaat, dan sesudah kejadian.

REFERENSI

- Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca – BPPT. Analisis Hujan Penyebab Genangan di Jakarta Minggu 24 Januari 2021 dan Kesiapan Operasi TMC. Diakses pada Oktober 17, 2021. (<http://wxmod.bppt.go.id/index.php/berita-internal/34-berita-internal/325-analisis-hujan-penyebab-genangan-di-jakarta-minggu-24-januari-2021-dan-kesiapan-operasi-tmc>).
- BPBD Provinsi DKI Jakarta. Data Kejadian Kebencanaan DKI Jakarta Minggu, 24 Januari 2021 s.d Senin, 25 Januari 2021. Diakses pada Oktober 17, 2021. (<https://bcbd.jakarta.go.id/2021/02/01/data-kejadian-kebencanaan-dki-jakarta-minggu-24-januari-2021-s-d-senin-25-januari-2021/>).
- Budiarti, M., Muslim, M., Ilhamsyah, Y. (2012). Studi Indeks Stabilitas Udara Terhadap Prediksi Kejadian Badai Guntur (Thunderstorm) di Wilayah Stasiun Meteorologi Cengkareng Banten. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13(2), 111-117.
- Copernicus Climate Data. ERA5 hourly data on single levels from 1979 to present. Diakses pada Oktober 17, 2021.
- Meilani., Wahid, A., Bernandus. (2014). Analisa Data Radiosonde untuk Mengetahui Potensi Kejadian Badai Guntur di Bandar Udara El Tari Kupang. *Prosiding Seminar Nasional Geofisika 2014*, 159-163.
- Novianti, D, Anjani, D., Ulfah. (2015). Analisis Indeks Kejadian Badai Guntur di Stasiun Meteorologi Cengkareng dengan Metode Rapid Miner dan Fuzzy Logic Guna Keselamatan Penerbangan. *Semnasteknomedia Online*, 3(1), 355-360.
- Ratnam, M.V., Santhi, Y.D., Rajeevan, M., Rao, S.V.B. (2013). Diurnal Variability of Stability Indices Observed Using Radiosonde Observations over a Tropical Station: Comparison with Microwave Radiometer Measurements. *Atmospheric Research*, 124, 21-33. doi: 10.1016/J.Atmosres.2012.12.007.
- Tajbakhsh, S., Ghafarian, P., Sahraian, F. (2012). Instability Indices and Forecasting Thunderstorms: The Case of 30 April 2009. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 12(2), 403-413

PEMANFAATAN DATA SATELIT HIMAWARI-8 DALAM ANALISIS KONDISI ATMOSFER TERHADAP KEJADIAN BANJIR KABUPATEN MINAHASA TENGGARA

Hafiz Akbar¹⁾, Aditya Mulya²⁾

Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No.5 Pondok Betung, Pondok Aren, Tangerang Selatan

¹⁾ Email: hhafizzaakbarr2305@gmail.com

ABSTRACT

Several sub-districts in the Southeast Minahasa region at around 06.00 – 06.30 UTC on September 20, 2021, a flood phenomenon occurred due to high-intensity rainfall. . The method used in this study is descriptive analysis of atmospheric condition data presented graphically and images obtained from Himawari-8 satellite imagery through the IR (Infrared Enhanced) channel at 05.00 UTC to 07.00 UTC which is thought to be the time for cloud growth to decay. Atmospheric stability indices such as TT Index, K Index, SWEAT and CAPE are parameters for the formation of convective clouds that have the potential to cause high intensity rainfall. Based on the results of the study, at 06.00 UTC the cloud top temperature reached -57.5°C, at this stage the clouds entered a mature phase where high intensity rain had the potential to occur, the atmospheric stability index values such as the TT Index, K Index, SWEAT and CAPE respectively each shows a value of 42.5, 35.6, 112, 447 so that it supports the energy of cloud formation.

Keywords: *Flood, Stability Index, Himawari-8*

ABSTRAK

Beberapa kecamatan di wilayah Minahasa Tenggara pada sekitar jam 06.00 – 06.30 UTC tanggal 20 September 2021 terjadi fenomena banjir disebabkan curah hujan dengan intensitas tinggi, akibat dari fenomena banjir ini yaitu beberapa rumah warga terendam air dan banyak rumah mengalami kerusakan akibat luapan air yang memasuki area pemukiman warga. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif dari data kondisi atmosfer yang disajikan secara grafik dan gambar yang diperoleh dari citra satelit Himawari-8 melalui kanal IR (Infrared Enhanced) pada jam 05.00 UTC sampai 07.00 UTC yang diduga sebagai waktu pertumbuhan awan hingga meluruh. Indeks labilitas atmosfer seperti TT Index, K Index, SWEAT dan CAPE menjadi parameter terbentuknya awan konvektif yang berpotensi sebagai penyebab curah hujan dengan intensitas tinggi. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan pada jam 06.00 UTC suhu puncak awan mencapai -57,5°C, pada tahap ini awan memasuki fase matang dimana berpotensi terjadi hujan dengan intensitas tinggi, nilai Indeks stabilitas atmosfer seperti TT Index, K Index, SWEAT dan CAPE masing-masing menunjukkan nilai 42.5, 35.6, 112, 447 sehingga mendukung adanya energi pembentukan awan.

Kata kunci: *Banjir, Indeks Stabilitas, Himawari-8*

PENDAHULUAN

Cuaca merupakan suatu kejadian atmosfer yang mempengaruhi kehidupan manusia, sehingga manusia akan selalu berusaha untuk menyesuaikan diri terhadap kondisi cuaca yang terjadi. Salah satu unsur cuaca yang mempengaruhi kehidupan manusia ialah curah hujan. Curah hujan yang dianggap mengganggu kehidupan manusia adalah curah hujan yang memiliki intensitas tinggi karena pada daerah tertentu dapat menimbulkan banjir. (Wasfi Qordowi, 2018). Indonesia merupakan salah satu wilayah ekutorial dengan awan – awan konvektif aktif (Tjasyono, 2004). Awan-awan konvektif tersebut pada lapisan troposfer atas dapat mengeluarkan panas laten, yang akan menyebabkan gangguan terhadap atmosfer sekelilingnya (Nuryanto, 2011).

Tingginya pemanasan dan tersedianya banyak uap air secara fisis merupakan lahan subur bagi pertumbuhan awan-awan konvektif (Nurlatifah, 2012). Analisis kondisi atmosfer pada saat kejadian hujan lebat membantu prakirawan cuaca dan ilmuwan dalam menentukan kondisi atmosfer yang mendukung kejadian tersebut. Untuk memprakirakan cuaca diperlukan parameter dalam skala lokal atau analisis data berdasarkan stasiun tunggal dengan memanfaatkan data hasil pengamatan udara atas. Skala lokal ini dipakai untuk mengetahui faktor konvektifitas suatu daerah yaitu untuk mengetahui daerah pertumbuhan awan vertikal (Zakir dkk., 2010).

Tabel 1. Interval Indeks Stabilitas Atmosfer untuk Wilayah Tropis
Sumber: Budiarti et al., 2012

Indeks	Lemah	Moderat	Kuat
TT Index	<42	42-46	>46
K Index	<29	29-37	>37
SWEAT	<135	135-239	>239
CAPE	<1000	1000-25000	>25000

Tujuan penulis dalam melakukan penelitian ini untuk mengetahui kondisi kelabilasan atmosfer pada tanggal 20 September 2021 dimana terjadi banjir di beberapa kecamatan yang ada di kabupaten Minahasa Tenggara pada sekitar jam 06.00 – 06.30 UTC. Akibat dari kejadian ini antara lain beberapa rumah warga terendam air dan tidak sedikit rumah yang mengalami kerusakan akibat luapan air yang memasuki pemukiman warga

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit Himawari-8 kanal Infrared Enhanced (IR) pada tanggal 20 September 2021. Penelitian ini mengambil lokasi penelitian di wilayah Minahasa Tenggara, Sulawesi Utara, dengan koordinat penelitian 1008'19" – 0050'46"LU dan 124030'24" – 1240 56'24" BT

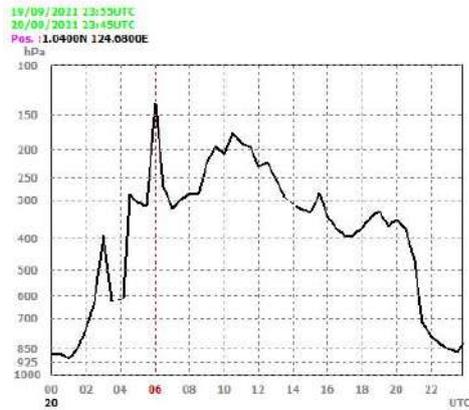


Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber: Penulis

Metode analisis satelit yang dijalankan menggunakan perangkat lunak Sataid GMSLPD. SATAID (Satellite Animation and Interactive Diagnosis) adalah satu perangkat lunak yang dijalankan di dalam sistem operasi Windows yang berfungsi untuk mengolah data binary dari satelit menjadi gambar citra. Saat ini SATAID telah digunakan sebagai alat operasional di JMA untuk analisis cuaca harian, termasuk pula dalam kegiatan monitoring siklon tropis. Ada beberapa variasi program SATAID seperti GMSLPD yang dikhususkan untuk analisis siklon tropis (Tanaka, 2009).

Data diperoleh dari citra satelit Himawari-8 kanal IR (Infrared Enhanced) pada jam 05.00 UTC sampai 07.00 UTC yang diduga merupakan proses pembentukan awan konvektif yang menjadi penyebab terjadinya hujan lebat untuk mengestimasi suhu puncak awan dengan Sekumpulan data yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak (Software) SATAID. Berdasarkan penelitian (Fajar Dewangga, 2016.) data model Himawari 8 memiliki akurasi sebesar 76% apabila dibandingkan data dari stasiun hujan

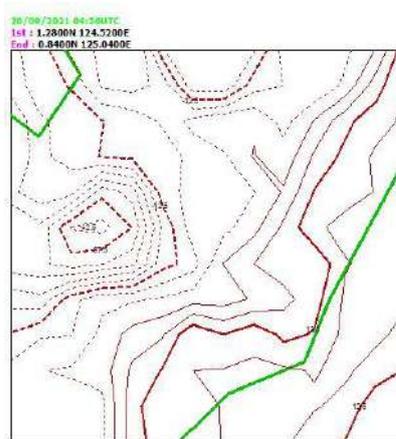
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Time series suhu puncak awan
 Sumber: Penulis

Berdasarkan grafik pertumbuhan awan mulai terbentuk pada jam 05.00 UTC dan puncaknya pada jam 06.00 UTC pada ketinggian 150 hPa, sedangkan pada jam 07.00 UTC pertumbuhan awan menjadi lemah.

Analisis Kondisi Atmosfer pada Jam 05.00 UTC



Gambar 3. kontur suhu puncak awan pada jam 05.00 UTC
 Sumber: Penulis

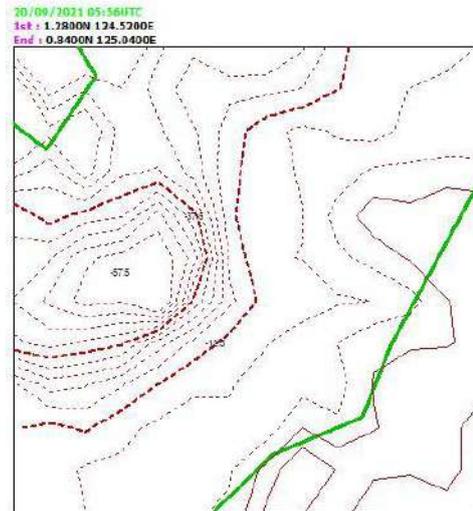
Berdasarkan suhu puncak awan kovektif pada jam 05.00 UTC sebesar $-42,5^{\circ}\text{C}$ dimana pertumbuhan awan kovektif penyebab curah hujan dengan intensitas tinggi mulai terbentuk

Tabel 2. Tabel kondisi stabilitas atmosfer pada jam 05.00 UTC
 Sumber: Penulis

Indeks	Nilai
TT Index	42.5
K Index	35.5
SWEAT	108
CAPE	415

Berdasarkan analisis indeks stabilitas atmosfer pada jam 05.00 UTC, untuk nilai SWEAT dan CAPE menunjukkan angka 108 dan 415 yang tergolong lemah. Untuk nilai TT Index dan K Index pada jam 05.00 UTC menunjukkan angka 42,5 dan 35,5 yang termasuk kategori sedang berpotensi terjadinya perkembangan awan kovektif penyebab hujan.

Analisis Kondisi Atmosfer pada Jam 06.00 UTC



Gambar 4. kontur suhu puncak awan pada jam 06.00 UTC
Sumber: Penulis

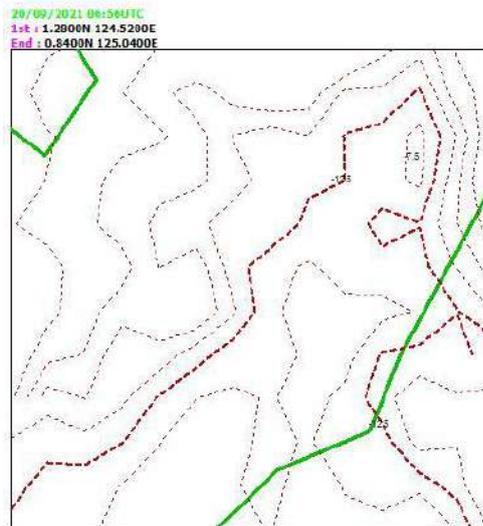
Berdasarkan suhu puncak awan kovektif pada jam 06.00 UTC mengalami penurunan suhu hingga $-57,5^{\circ}\text{C}$. Pada tahap ini awan mulai memasuki fase matang dimana berpotensi terjadi hujan

Tabel 3. Tabel kondisi stabilitas atmosfer pada jam 06.00 UTC
Sumber: Penulis

Indeks	Nilai
TT Index	42.5
K Index	35.6
SWEAT	112
CAPE	447

Berdasarkan analisis indeks stabilitas atmosfer pada jam 06.00 UTC, untuk nilai SWEAT dan CAPE menunjukkan angka 112 dan 447 yang tergolong lemah. Untuk nilai TT Index dan K Index pada jam 06.00 UTC menunjukkan angka 42,5 dan 35,6 yang termasuk kategori sedang berpotensi terjadinya perkembangan awan kovektif penyebab hujan.

Analisis Kondisi Atmosfer pada Jam 07.00 UTC



Gambar 5. kontur suhu puncak awan pada jam 07.00 UTC
Sumber: Penulis

Berdasarkan suhu puncak awan kovektif pada jam 07.00 UTC mengalami kenaikan suhu hingga $-7,5^{\circ}\text{C}$. Pada tahap ini awan konvektif yang berpotensi hujan mulai menghilang.

Tabel 4. Tabel kondisi stabilitas atmosfer pada jam 07.00 UTC
Sumber: Penulis

Indeks	Nilai
TT Index	42.5
K Index	35.4
SWEAT	114
CAPE	419

Berdasarkan analisis indeks stabilitas atmosfer pada jam 06.00 UTC, untuk nilai SWEAT dan CAPE menunjukkan angka 114 dan 419 yang tergolong lemah. Untuk nilai TT Index dan K Index pada jam 07.00 UTC menunjukkan angka 42,5 dan 35,4 yang termasuk kategori sedang. Dari nilai indeks stabilitas atmosfer potensi pertumbuhan awan mulai menurun. Dari hasil penelitian diatas Kelabilitan atmosfer menyebabkan udara yang mengandung uap air naik ke lapisan atmosfer yang lebih tinggi, kemudian mengalami ekspansi volume dikarenakan suhu udara yang mendingin kemudian membentuk awan, pada jam 06.00 UTC nilai TT indeks dan K indeks tergolong kuat sehingga udara yang mengandung uap air naik keatas dan mejadi jenuh pada lapisan tertentu kemudian membentuk awan kovektif yang menjadi penyebab curah hujan tergolong tinggi, namun kondisi ke tidak stalabilitas atmosfer tidak bertahan lama dikarenakan nilai indeks CAPE dan SWEAT yang menurun pada jam 07.00 UTC menyebabkan tenaga yang memasok energi ke awan berkurang, udara yang mengandung uap air bergerak kearah lapisan yang lebih rendah.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian kondisi kestabilan atmosfer diwilayah Minahasa Tenggara diatas, dapat disimpulkan bahwa kondisi atmosfer menjadi paling tidak stabil pada jam 06.00 UTC dengan suhu puncak awan mencapai $-57,5^{\circ}\text{C}$ ditandai dengan meningkatnya nilai indeks stabilitas atmosfer TT Index, K Index, SWEAT dan CAPE menunjukkan angka 42.5, 35.6, 112 dan 447 sehingga energi yang dimiliki untuk menaikkan udara secara

adiabatis semakin besar dan menjadi lebih stabil 1 jam setelahnya yang ditandai menurunnya indeks stabilitas atmosfer menyebabkan energi sebagai penyebab berkembangnya awan mulai berkurang dan menjadi stabil.

REFERENSI

- Dewangga, Fajar., 2016, '*Estimasi Curah Hujan Memanfaatkan Citra Multitemporal Himawari-8 dan Global Precipitation Measurement (GPM) di Provinsi Jawa Barat*'. Diss, Universitas Hajah Mada
- Nurlatifah, S., 2012, '*Pemanfaatan Data Satelit Cuaca MTSAT Untuk Estimasi Curah Hujan di Stasiun Meteorologi Tegal dan Stasiun Meteorologi Citeko*', Tugas Akhir, AMG, Jakarta.
- Qordowi, Wasfi., 2019, '*Analisis Kondisi Atmosfer Terkait Kejadian Banjir menggunakan Data Radiosonde Dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Sungailiat, Kabupaten Bangka Tanggal 12 Februari 2018)*', Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya). Vol. 3.
- Tanaka, Y., 2009, '*SATAID-Powerful Tool for Satellite Analysis. RSMC Tokyo Typhoon Center*', Japan Meteorology Agency (JMA)
- Tjasyono, H.K.B., 2004, '*Klimatologi*'
- Zakir, A., W. Sulistya, dan M.K. Khotimah, 2010, '*Perspektif Operasional Cuaca Tropis*', Puslitbang BMKG, Jakarta.

EFEKTIVITAS E-MODUL FISINBERMA BERBANTUAN SIMULASI PHET DALAM UJICOBA TERBATAS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA DI KOTA SINGARAJA

Rai Sujanem¹, I Nyoman Putu Suwindra², Iwan Suswandi³

¹Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNDIKSHA; ²Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNDIKSHA;

³Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNDIKSHA

Email: raisujanem@yahoo.com

ABSTRACT

This study aimed at analyzing the effectiveness of PhET simulation-assisted problem-based interactive physics (probasinphys) e-module to improve the critical thinking skills (CTS) of the students. This e-module was used in an online problem-based learning (PBL) model. This e-module was said to be effective for increasing CTS if (1) there was a significant increase in student CTS at $\alpha = 5\%$ and (2) the increase in CTS was in the moderate category. The research subjects of this limited test were students of class X MIPA 5 SMAN 2 Singaraja who were selected by random sampling technique. This study used a quasi-experimental design with one group pre-test and post-test. The students were given the same CTS test before and after learning with PhET-assisted probasinphys e-module. Data were analyzed by Paired-Test, normalized gain (N-gain, t-test). The results show that (1) learning with PhET-assisted probasinphys e-modules in online PBL model increases the students' CTS at $\alpha = 5\%$; (2) the average N-gain is 0.6 in the medium category. It can be concluded that the PhET-assisted Probasinphys e-module is effective in improving the students' CTS in a limited trial in physics learning.

Keywords: *probasinphys e-module, PhET simulation, critical thinking skills.*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis efektivitas e-modul fisika interaktif berbasis masalah (fisinberma) berbantuan PhET untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis (kbb) siswa. E-modul ini digunakan dalam model problem-based learning (PBL) online. E-modul ini dikatakan efektif untuk meningkatkan kbb jika memenuhi aspek: (1) terdapat peningkatan kbb siswa secara signifikan pada $\alpha = 5\%$, (2) peningkatan kbb berkategori sedang. Subjek penelitian dalam uji terbatas ini adalah siswa kelas X MIPA 5 SMAN 2 Singaraja yang dipilih dengan teknik random sampling. Penelitian ini menggunakan desain quasi eksperimen satu kelompok pre-test dan post-test. Sebelum pembelajaran dengan E-modul fisinberma berbantuan PhET, siswa diberikan tes kbb (pre-test) dan di akhir pembelajaran, siswa diberi tes yang sama (post-test). Data yang telah terkumpul dianalisis dengan Paired-Test, normalized gain (N-gain, t-test). Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) pembelajaran dengan E-modul fisinberma berbantuan PhET dalam model PBL online dapat meningkatkan kbb siswa pada $\alpha = 5\%$; (2) rata-rata N-gain adalah 0,6 berkategori sedang. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa E-modul fisinberma berbantuan PhET efektif untuk meningkatkan kbb siswa pada ujicoba terbatas dalam pembelajaran fisika.

Kata Kunci: *e-modul fisinberma, simulasi PhET, keterampilan berpikir kritis*

PENDAHULUAN

Pada abad ke-21 ini, teknologi telah dimanfaatkan dalam proses pembelajaran. Dengan dimulainya industri 4.0, setiap negara dituntut untuk mempersiapkan dan beradaptasi dengan perubahan ini. Untuk dapat bersaing dalam era revolusi industri 4.0 menurut Effendy, maka kurikulum perlu direvisi dengan menambahkan salah satu kompetensi peserta didik, yaitu memiliki keterampilan berpikir kritis (kbb) (Saepudin, 2018). Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi paradigma pendidikan abad 21 terus menerus berkembang pesat sangat berdampak pada semua bidang, salah satunya adalah pendidikan. Perubahan yang terus menerus mengakibatkan pendidikan harus terus mengikuti arus perubahan yang semakin maju. Salah satu pilar paradigma pendidikan abad 21 adalah Keterampilan berpikir

kritis (kbk) (Partnership For 21 St Century Skills, 2009; Ananiadou dan Claro, 2009). Kbk adalah suatu proses sistematis ketika siswa membuat suatu keputusan tentang apa yang ia percayai dan ia kerjakan (Quitadamo *et al.*, 2008; Ennis, 1996; Ennis, 2012). Mata pelajaran fisika merupakan salah satu wahana untuk menumbuhkan kemampuan berpikir yang berguna untuk memecahkan masalah di dalam kehidupan sehari-hari (BSNP, 2006).

Kbk merupakan kunci dalam pendidikan untuk memecahkan suatu permasalahan. Perolehan kbk siswa dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pembelajaran untuk mencapai hasil belajar yang diharapkan. Hal ini senada dengan ungkapan Semerci (2005), yaitu: siswa yang mempunyai kbk lebih tinggi memperoleh hasil belajar yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan siswa yang mempunyai kbk lebih rendah. Tuntutan sebagian besar lapangan kerja adalah dicarinya tenaga kerja yang memiliki kemampuan menggunakan kbk (Azamai *et al.*, 2009; Shukor, 2001). Lebih lanjut, Wilson (2000) mengemukakan beberapa alasan tentang perlunya kbk, yaitu: (1) pengetahuan yang didasarkan pada hafalan telah didiskreditkan; individu tidak akan dapat menyimpan ilmu pengetahuan dalam ingatan mereka untuk penggunaan yang akan datang; (2) informasi menyebar luas begitu pesat sehingga tiap individu membutuhkan kemampuan yang dapat disalurkan agar mereka dapat mengenali macam-macam permasalahan dalam konteks yang berbeda pada waktu yang berbeda pula selama hidup mereka; (3) kompleksitas pekerjaan modern menuntut adanya staf pemikir yang mampu menunjukkan pemahaman dan membuat keputusan dalam dunia kerja; dan (4) masyarakat modern membutuhkan individu-individu untuk menggabungkan informasi yang berasal dari berbagai sumber dan membuat keputusan. Dengan mencermati betapa pentingnya kbk tersebut seyogyanya proses pembelajaran selalu menekankan pada kbk siswa. Namun sangat ironis, pendidikan berpikir di sekolah saat ini khususnya di SMA belum ditangani dengan baik sehingga kbk pada lulusan SMA masih relatif rendah. Rendahnya kbk dan kreatif lulusan pada sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi di Indonesia masih sering dikeluhkan (Reta, 2012). Ada beberapa hal yang menyebabkan rendahnya kbk siswa, antara lain: jenis soal dengan tingkat taksonomi Bloom yang rendah tidak melatih keterampilan berpikir siswa (Pursitasari dan Permanasari, 2012; Ennis, 1993). Kbk siswa di Bali masih rendah. Kualitas pembelajaran fisika sebagai bagian dari pendidikan sains sampai saat ini masih rendah dan mengalami penurunan seperti terlihat pada hasil studi PISA (*Program for International Student Assessment*), yaitu studi yang terfokus pada literasi bacaan, matematika, dan sains menunjukkan peringkat sains Indonesia berada pada 71 dari 79 negara (Gurria, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pendidikan sains Indonesia masih rendah. Kualitas pembelajaran fisika juga terlihat dari kbk yang masih rendah. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sadia (2008) di beberapa kabupaten di Bali menunjukkan bahwa kbk siswa SMAN kelas X berkualifikasi rendah dengan skor rata-rata 49,38 dari skor skala seratus. Hasil tes kbk siswa ini masih rendah, padahal kbk sangat perlu dilatihkan dan dikembangkan dalam pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pendidikan sains Indonesia masih rendah. Kualitas pembelajaran fisika juga terlihat dari kbk yang masih rendah. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Saminan *et al.* (2016), menunjukkan kbk siswa Indonesia masih sangat kurang. Hal ini dilihat dari skor *pretest* rata-rata siswa kurang dari 15%. Di Bali, kbk siswa diteliti oleh Riani *et al.* (2014). Penelitian tersebut menunjukkan kurangnya tingkat kbk siswa yang terlihat dari skor rata-rata *pretest* yang diperoleh siswa masih sangat kurang, yaitu 33,81 dari skala 100. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pendidikan sains Indonesia masih rendah. Kualitas pembelajaran fisika juga terlihat dari kbk yang masih rendah. Hasil tes kbk siswa ini masih rendah, padahal kbk sangat perlu dilatihkan dan dikembangkan dalam pembelajaran. Hal yang sama juga diungkapkan oleh Silaloho *et al.* (2017) bahwa kbk siswa dalam belajar fisika masih sangat rendah.

Banyak faktor yang mempengaruhi rendahnya kbk serta hasil belajar siswa. Salah penyebab utama adalah pembelajaran fisika di sekolah masih menggunakan metoda ceramah, siswa hanya menerima informasi dan dihadapkan dengan soal-soal yang dikemas dalam angka-angka dan hitungan. (Sujanem, *et al.* 2021; Sujanem & Suwindra, 2020). Soal-soal fisika tidak dirancang yang ada kaitannya dengan fenomena sehari-hari. Hasil studi awal tes kbk tentang materi fisika dilakukan di SMAN 2, SMAN 1, dan SMAN 4 Singaraja pada siswa yang telah memperoleh pelajaran pokok bahasan Gerak Lurus beraturan, Gerak Lurus Berubah Beraturan, Gerak Jatuh bebas, dan Gerak Parabola. Nilai rata-rata hasil Tes kbk siswa kelas X MIPA 5 adalah 30,5. Untuk SMAN 1, dan SMAN 4 Singaraja, nilai rata-rata hasil tes kbk siswa kelas X MIPA berkisar antara 32,3 – 33,2 dengan kategori kurang (Sujanem, *et al.*, 2021). Hasil tes kbk siswa masih rendah, padahal kbk sangat perlu dilatih dan dikembangkan dalam pembelajaran.

Rendahnya capaian kbk siswa ini terjadi karena selama ini pengemasan pendidikan sering tidak sejalan dengan hakekat belajar dan mengajar fisika (Brook & Brook, 2001). Untuk itu perlu dirancang pengemasan pendidikan yang sejalan dengan hakekat belajar dan mengajar, yakni: bagaimana siswa belajar, bagaimana guru mengajar, bagaimana pesan pembelajaran di dalam bahan ajar itu, bukan semata-mata pada hasil belajar (Brook & Brook, 2001, Lawson, 1998, Novak, 1985). Bahan ajar fisika yang ada selama ini berupa buku teks, modul, dan lembaran kegiatan siswa (LKS). Pengemasan bahan ajar fisika SMA kelas selama ini **masih bersifat linier**, yaitu: bahan ajar yang hanya

e-modul fisinberma berbantuan *PhET* dalam model *PBL online*.

Subjek penelitian ini adalah e-modul fisinberma berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* yang diujicobakan kepada siswa kelas X MIPA 5 SMAN 2 Singaraja Pemilihan kelas sebagai kelas ujicoba dilakukan secara *random*. Data kbk siswa dikumpulkan dengan menggunakan instrumen tes kbk. Pengumpulan data dilakukan sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) mengikuti pembelajaran. Bentuk tes adalah tes *essay*. Masing-masing item tes mengacu pada indikator, mencakup aspek merumuskan masalah, memberikan argumen, melakukan deduksi, melakukan induksi, melakukan evaluasi, dan memutuskan. Soal tes keterampilan berpikir kritis dalam bentuk narasi permasalahan.

Efektivitas e-modul fisinberma berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* diperiksa berdasarkan *gain* normalisasi atau *N-gain* (Hake, 2002) antara *pre-test* dan *post-test* pada hasil tes kbk tersebut. E-modul fisinberma berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* dikatakan efektif untuk meningkatkan kbk jika memenuhi aspek *effectiveness*. Aspek *effectiveness*, data dianalisis secara deskriptif yang diindikasikan dengan: (1) terdapat peningkatan kbk siswa secara signifikan pada $\alpha = 5\%$, (2) peningkatan kbk berkategori sedang. Data berupa *N-gain* dianalisis dengan uji Uji-t berpasangan. Formulasi *N-gain* menurut Hake (2002), yaitu:

$$(g) = \frac{\% \text{ actual gain}}{\% \text{ potential gain}} \times 100 = \frac{\% \text{ skor postes} - \% \text{ skor pretes}}{100\% - \% \text{ skor pretes}} \quad (1)$$

Kriteria *N-gain*: (1) jika $g \geq 0,7$ (tinggi), (2) jika $0,3 < g < 0,7$ (sedang), (3) jika $g \leq 0,3$ (rendah).

Selain analisis deskriptif menggunakan *N-gain*, juga digunakan di Uji-t berpasangan untuk menentukan signifikansi peningkatan keterampilan berpikir kritis. Teknik analisis data Uji-t berpasangan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Paket Statistik SPSS versi 25. Sebelum peneliti menggunakan teknik analisis data ini, ada persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu uji normalitas (Arikunto, 2010). Pengujian normalitas data digunakan uji Kolmogorov-Smirnov (Priyatno, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kategori Peningkatan KBK

Untuk menentukan kategorisasi peningkatan kbk siswa digunakan analisis *N-gain* (Hake, 1999). Menurut Hake (1999), kategorisasi yang dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu peningkatan kategori tinggi (H), menengah (M), dan rendah (L), yang masing-masing tergantung pada nilai *N-gain* yang dicapai. Hasil tes kbk siswa terdiri atas *pretest* dan *posttest* yang diperoleh melalui tes tertulis berbentuk *essay* sebanyak 10 soal. Soal tes tersebut diujikan pada siswa kelas X MIPA5 SMAN 2 Singaraja, kemudian data tersebut dianalisis. Skor rata-rata pretes (\bar{x}) adalah 31,0 dengan standar deviasi 6,9356. Nilai rata-rata kbk sebelum pembelajaran pada materi momentum dan tumbukan termasuk kategori kurang. Setelah penggunaan e-modul fisinberma, skor rata-rata postes (\bar{x}) adalah 71,9, dengan standar deviasi 5,1284 rerata nilai kbk termasuk kategori baik. Rata-rata peningkatan kbk siswa adalah sebesar 0,6 termasuk kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa e-modul fisinberma berbantuan *PhET* yang sedang dikembangkan ini dapat diterapkan secara efektif.

Berdasarkan kriteria menurut Hake (1999), *N-gain* sebesar 0,6 tersebut termasuk kategori peningkatan sedang. Dengan demikian, ditinjau dari peningkatan kbk siswa, penggunaan e-modul fisinberma berbantuan *PhET* ini dapat dikatakan efektif. Ini berarti bahwa penerapan e-modul fisinberma berbantuan *PhET* bagi siswa efektif meningkatkan kbk siswa.

Signifikansi Peningkatan KBK

Pada pembahasan sebelumnya telah dikemukakan bahwa penerapan e-modul fisinberma berbantuan *PhET* efektif meningkatkan kbk siswa. Untuk menentukan signifikansi peningkatan kbk antara hasil *pretest* dan *posttest*, maka perlu diuji perbedaan rata-rata kbk. Pengujian ini dilakukan dengan uji-t berpasangan (Sugiyono, 2012). Hipotesis yang diuji adalah hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa tidak ada peningkatan kbk siswa antara hasil *pre-test* dan *post-test*, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa ada peningkatan dalam kbk siswa antara hasil *pre-test* dan *post-test*; pada tingkat signifikansi (α) set dalam penelitian ini adalah 0,05. Uji perbedaan rata-rata dengan uji-t berpasangan dilakukan dengan SPSS versi 25. Kriteria untuk penolakan H_0 adalah bahwa jika signifikansi

(2-tailed) atau p-nilai uji-t berpasangan kurang dari 0,05 (Priyatno, 2012). Persyaratan untuk menggunakan uji-t berpasangan adalah bahwa data harus terdistribusi normal. Analisis statistik yang digunakan untuk menguji normalitas data adalah Uji Kolmogorov-Smirnov. Jika H_0 diterima, berarti data mengikuti fungsi distribusi normal. Itu akan terjadi jika nilai signifikansi *p-value* lebih besar dari 0,05 (Priyatno, 2012). Pengujian normalitas data juga digunakan SPSS. Hasil uji normalitas untuk data Pretes X MIPA 5 adalah 0,200. Hasil uji normalitas untuk data Postes X MIPA5 juga 0,200. Karena semua harga *Asymp.Sig* > 0,05, yang artinya terima H_0 . Jadi, semua data dalam penelitian berdistribusi normal. Karena persyaratan normalitas data sudah dipenuhi, maka pengujian perbedaan rata-rata antara hasil *pretest* dan *posttest* kbk dengan menggunakan uji-t berpasangan dapat dilanjutkan. Hasil Uji-t berpasangan menunjukkan bahwa signifikansi (2-tailed) atau *p-value* statistik Uji-t untuk semua pasangan (*pretest* dan *posttest*) pada kelas X MIPA 5 SMAN 2 Singaraja ternyata kurang dari 0,05. Nilai signifikansi (2-tailed) adalah sebesar 0,000 (<0,05). Dengan demikian, H_0 yang menyatakan bahwa tidak ada peningkatan kbk bagi siswa antara uji awal dan hasil uji akhir dinyatakan ditolak. Karena H_0 ditolak, maka H_1 yang menyatakan bahwa ada peningkatan kbk bagi siswa antara hasil *pretest* dan hasil *posttest* dinyatakan diterima. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan e-modul fisinberma berbantuan *PhET* dapat meningkatkan kbk materi Gerak Lurus dan Gerak Parabola secara signifikan ($p < 0,05$).

PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil penelitian, tingkat kbk siswa pada pretes hanya mencapai 31,0 termasuk kategori kurang, dan tingkat kbk siswa setelah menggunakan e-modul fisinberma berbantuan *PhET* mencapai 71,9 dengan kategori baik. Berdasarkan *N-gain*, kbk siswa kelas X MIPA 5 SMAN2 Singaraja telah meningkat sebesar 0,6 dengan kategori peningkatan sedang. Di lain pihak analisis kbk siswa telah meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, pelaksanaan e-modul fisinberma berbantuan *PhET* dapat dikatakan bahwa e-modul fisinberma berbantuan *PhET* ini efektif untuk meningkatkan kbk siswa. Hal ini sejalan dengan temuan Sulaiman (2013) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah *online* efektif meningkatkan kbk. Penerapan e-modul fisinberma berbantuan *PhET* secara konsisten dapat meningkatkan kbk siswa. Hal ini sejalan dengan teori skema yang menyatakan bahwa ketika individu merekonstruksi informasi, dia mengadaptasi pengetahuan yang ada dalam pikirannya (Santrock, 2011). E-modul fisinberma berbantuan *PhET* menyediakan peluang mengembangkan kbk siswa. Pada e-modul telah dikemukakan contoh-contoh merumuskan masalah kontekstual, cara memberi argumentasi, cara menganalisis data secara induktif, maupun menganalisis masalah secara deduktif berdasarkan konsep-konsep pada sumber-sumber Pustaka atau literatur ilmiah. Melalui Latihan praktikum secara virtual dengan simulasi *PhET* memberi peluang siswa belajar melalui praktikum atau percobaan di era pandemic covid ini. Pengemban materi yang terintegrasi dengan TIK yang dikemas dalam e-modul fisinberma berbantuan *PhET* ini dapat memberikan peluang bagi pencapaian jenjang pendidikan yang lebih tinggi.

Implementasi dari e-modul fisinberma berbantuan *PhET* adalah pembelajaran kontekstual dan bermakna bagi siswa. Hal ini sejalan dengan teori skema yang menyatakan bahwa ketika seseorang merekonstruksi informasi, orang beradaptasi dengan pengetahuan sebelumnya yang sudah ada dalam pikirannya (Santrock, 2011). Selain itu, salah satu teori belajar yang menekankan pentingnya pembelajaran bermakna adalah konstruktivis teori yang menyatakan bahwa peserta didik harus menemukan dan mentransformasikan informasi yang kompleks jika mereka ingin informasi untuk menjadi mereka sendiri, dengan mempertimbangkan informasi baru terhadap aturan lama dan mengubah aturan ketika mereka tidak lagi berguna (Slavin, 2009). Berfokus pada teori konstruktivis, peran guru dalam pembelajaran hanya sebagai fasilitator. Penerapan e-modul fisinberma berbantuan *PhET* dalam pembelajaran Fisika menekankan bahwa siswa harus secara aktif membangun sendiri pengetahuan dan pemahaman. Untuk membangun informasi yang bermakna dan relevan bagi siswa, guru harus memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan atau menerapkan ide-ide mereka sendiri, dan secara sadar menerapkan strategi mereka sendiri untuk belajar. Dengan demikian, pencapaian hasil belajar yang berkaitan dengan kbk pada dasarnya didukung oleh landasan teoritis rasional. Seperti data *pretest* dikemukakan di atas, kbk siswa adalah 31,0 dengan kategori kurang. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya (Sujanem *et al.*, 2018, Sujanem & Suwindra, 2020, Sujanem, 2017), yang juga menunjukkan bahwa kbk siswa SMAN Negeri di kota Singaraja termasuk kategori kurang. Temuan kbk siswa sebelum pembelajaran dengan menggunakan e-modul

fisiberma berbantuan *PhET* ini kontradiktif dengan manfaat penting kbk seperti diungkapkan oleh Iakovos (2011), yaitu berpikir kritis mempunyai peranan yang penting dalam pendidikan dan merupakan tujuan utama dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh bahwa secara umum kbk siswa meningkat sebesar 0,6. Ketika digunakan peningkatan ternormalisasi (*N-gain*), peningkatan kbk adalah sama dengan 0,6. Menurut Hake (1999), secara umum peningkatan ini termasuk kategori sedang. Berdasarkan hasil uji perbedaan rata-rata antara *pretest* dan *posttest* menggunakan uji-t berpasangan seperti yang dikemukakan di atas, ditemukan bahwa penerapan e-modul fisiberma berbantuan *PhET* dapat meningkatkan kbk siswa secara signifikan, pada $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa penggunaan e-modul fisiberma berbantuan *PhET* dalam *PBL online* termasuk efektif. Hal ini sejalan dengan temuan Sulaiman (2013) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah *online* efektif meningkatkan kbk. Hal ini menunjukkan bahwa belajar melalui e-modul fisiberma dalam model *PBL online* mampu mengembangkan kbk siswa. Selain itu, Hasil penelitian Elnetthra dan Sulaiman (2013) mengungkapkan bahwa *PBL online* dapat meningkatkan kbk. Menurut Ennis (2012), Kbk meliputi merumuskan masalah, memberikan argumen, melakukan deduksi, melakukan induksi, melakukan evaluasi, memutuskan dan melaksanakan. Pengintegrasian ICT dalam dunia pendidikan, khususnya berkaitan dengan kemasan e-modul fisiberma berbantuan *PhET* membawa revolusi baru dan memberi peluang pencapaian kbk dan hasil belajar yang lebih tinggi (IHEP, dalam Oliver, 2002, Vescoukis, *et.al* dalam Jonassen, dalam Liu, 2005).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil di atas ada beberapa kesimpulan yang bisa ditarik seperti berikut. (1) E-modul fisiberma berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* mampu meningkatkan secara efektif kbk siswa kelas X MIPA SMA di kota Singaraja. (2) Peningkatan kbk telah meningkat dengan *N-gain* 0,6 termasuk kategori tingkat sedang. Berdasarkan hasil uji-t berpasangan menunjukkan bahwa kbk siswa telah meningkat secara signifikan dengan $\alpha = 0,05$ setelah mereka mendapat pembelajaran yang menerapkan e-modul fisiberma berbantuan *PhET* dalam model *PBL online*. Respon siswa termasuk kategori sangat baik terhadap penerapan e-modul fisiberma berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* dalam pembelajaran fisika.

REFERENSI

- Ananiadou, K. & Claro, M. (2009). *21st century skill and competency for new millennium learners in OECD countries*. OECD Education Working Papers, No.41:OECD Publishing.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach, ninth edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Arikunto, S. (2010). *Dasar-dasar evaluasi pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Barbara, J.D. (1995). *Problem-based learning in physics: the power of students teaching students*. Center For Teaching Effectiveness.
- Barrows, H S. (1996). Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: a Brief Overview. *Journal of New Directions for Teaching and Learning* No. 68. 3-12.
- Borich, G.D. (1994). *Observation skills for effective teaching*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Brooks, J.G. and Brooks, M.G. (2001). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development
- BSNP. (2006). *Standar isi untuk satuan pendidikan dasar dan menengah*. Jakarta : BSNP
- Donnelly, R. & McSweeney, F. (2009). *Applied e-learning and e-teaching in higher education*. New York: Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- Driscoll, M. (2002). Blended learning: let's get beyond the type, *e-Learning*. Retrieved from <http://elearningmag.com/ltimagazine>, March 1, 2002.
- Elnetthra, F.E. and Sulaiman, F. (2013). The Role of PBL in improving physics students' creative thinking and its imprint on gender. *International Journal of Education and Research* 1 1-10
- Ennis, R. H. (2012). *The nature of critical thinking: outlines of critical thinking dispositions and abilities*. Retrieved from http://www.criticalthinking.net/long_definition.html.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical thinking*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2009). *How to design and evaluate research in education* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.

- Gijsselaers, W.H. (1996). Connecting problem-based practices with educational theory. *Ne Direction for Teaching and Learning*, No. 68. p. 13-21. Jossey Bass Publisher.
- Gurriá, A. (2019). *Programme for international student assessment 2 PISA 2018 results in focus* (OECD Secretary-General)
- Hake, R. R. (1999). Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64–74.
- Ibrahim, M., & Nur, M. (2004). *Pembelajaran berdasarkan masalah*. [Problem based learning]. Unesa-University Unesa-University Press. Surabaya.
- Lawson, A.E. (1998). *Science Teaching and The Development of Thinking*. California: Wadworth Publishing Company.
- Liu, M. (2005). Alien Rescue: A Problem-Based Learning Environment for Middle School Science. <http://tip.missouri.edu/tip.nsf/0/D03C1427DD93E76F86256BE7007FB59F?OpenDocument>
- Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1985). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press
- Oliver, R., & Herrington, J. (2003). Exploring technology-mediated learning from a pedagogical perspective. *Interactive Learning Environments*, 1 (2), 111-126.
- Partnership For 21 St Century Skills, 2009. P21 Framework Definition. Retrieved from http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf
- Pursitasari I D and Permanasari A **2012** Model integrated problems solving based learning pada perkuliahan dasar-dasar kimia analitik [Integrated problem solving based learning model on lectures of analytical chemistry basics] *Jurnal Ilmu Pendidikan* **18** 172-178.
- Quitadamo IJ, Celia LF, James EJ, and Marta JK 2008 Community-based Inquiry Improves Critical
- Reta I K 2012 Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah terhadap keterampilan berpikir kritis ditinjau dari gaya kognitif siswa [The influence of problem-based learning model to critical thinking skill in terms of student's cognitive style] *Jurnal Penelitian Pascasarjana Undiksha*,
- Riani, E. D., Sadia, I W., & Swasta, I. B. J. (2014). Pengaruh model pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat (STM) dalam pembelajaran biologi bermuatan karakter terhadap keterampilan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah siswa SMA. *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha*. 4: 1 - 12. Tersedia pada http://oldpasca.undiksha.ac.id/e-journal/index.php/jurnal_ipa/article/view/1299. Diakses 29 Januari 2019.
- Saepudin, B.S. (2018) Revolusi Industri 4.0, Apakah itu? Dan Pengaruhnya terhadap Dunia Pendidikan. Tersedia pada <http://disdikbb.org/?news=revolusi-industri-4-0-apakah-itu-dan-pengaruhnya-terhadap-dunia-pendidikan>.
- Saminan, N. F., Gani, A., & Safitri, R. (2016). Peningkatan keterampilan berpikir kritis dan sikap ilmiah siswa dengan menggunakan model cooperative inquiry labs (CIL) pada materi suhu dan kalor. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. 4(2): 171 – 179. Tersedia pada <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JPSI/article/view/6595>. Diakses 29 Januari 2019.
- Santrock, J.W. (2011). *Educational psychology, 5th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Semerci, C. (2005). The influence of the critical thinking skills on the students' achievement. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 3(4), 598-602. Tersedia pada Retrieved from <http://www.medwelljournals.com/fulltext/pjss/2005/598-602.pdf>.
- Slavin, R.E. (2009). *Educational psychology theory and practice* Eight edition (Boston: Pearson)
- Sugiyono. (2012). *Metode penelitian pendidikan: pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sujanem, R., Suwindra, INP, Suswandi, I. (2021). Pengembangan E-Modul Fisinterma berbantuan PhET dalam PBL Online untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA di kota Singaraja. *Laporan Kemajuan Penelitian dana DIPA Undiksha tahun 2021*.
- Sujanem, R., Suwindra, INP. (2020). Efektivitas E-Modul Sukaberma dalam Ujicoba Terbatas untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMAN 2 Singaraja. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Riset Inovatif (Senari) 7 Undiksha pada Tanggal 20 Oktober 2020
- Sujanem, R., Suwindra, INP, Suswandi, I. (2021). The Effectiveness of Problem-Based Interactive Physics E-Module On High School Students' Critical Thinking. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf.* **1503** (2020) 012025
- Sujanem, R. (2017). Pengaruh Model Problem-Based Hybrid Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMAN 1 Singaraja. *Prosiding Seminar Nasional Tahun 2017*. "Pemanfaatan Asesmen Elektronik dan Hasil

Penelitian Sains, Bagi Guru Tenaga Kependidikan, dan Peneiti untuk menjawab tantangan MEA". Universitas Negeri UNESA, 14 Januari 2017.

Sulaiman, F. & Elnetthra, F. E. (2014). Integrated PBL approach: findings towards physics students' critical thinking. *International Journal for Innovation Education and Research*, 2 (02), 75-81.

Sulaiman, F. (2013). The effectiveness of PBL online on physics students'creativity and critical thinking: a case study at universiti Malaysia sabah. *International Journal of Educational and Research*. 1 (3), 1-18.

Suparno, P. (2005). *Miskonsepsi & perubahan konsep pendidikan fisika*. Jakarta: Grasindo.

Wannapiroon, P. (2008). Development of problem-based blended learning in developing undergraduate students' critical thinking. *Journal of ICT to Improve Learning*, 1 (2). 1-7.

INTEGRASI PROFIL PEBELAJAR PANCASILA PADA MATA KULIAH PSIKOLOGI PEMBELAJARAN PRODI PENDIDIKAN FISIKA

Ni Putu Ayu Hervina Sanjayanti¹⁾, Ni Wayan Sri Darmayanti²⁾,

^{1)Undiksha, ^{2)ITP Markandeya Bali}}

email Penulis: ¹⁾ sanjayantihervina@gmail.com, ²⁾ wyndarmayanti@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the integration of the profile of Pancasila students in the learning psychology course of the physics education study program. This type of research is a qualitative literature study. Pancasila students are the embodiment of Indonesian students as lifelong students who have global competence and behave in accordance with the values of Pancasila, with six main characteristics: believe in God, and good character, global diversity, cooperate, independence, critical thinking, and creative. As an effort to realize the profile of Pancasila students, it is necessary to establish and strengthen character education for students. The data of this research were collected by literature review and observation in Learning Psychology lectures. Data were analyzed descriptively. The results of this study are in the form of integrating the profile of Pancasila students in the learning psychology course of the Physics Education Study Program

Keywords: Character, Pancasila Student Profile, learning psychology

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui integrasi profil pelajar pancasila pada mata kuliah psikologi pembelajaran prodi pendidikan fisika. Jenis penelitian ini ialah kualitatif studi literatur. Pelajar Pancasila adalah perwujudan pelajar Indonesia sebagai pelajar sepanjang hayat yang memiliki kompetensi global dan berperilaku sesuai dengan nilai-nilai Pancasila, dengan enam ciri utama: beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia, berkebinekaan global, bergotong royong, mandiri, bernalar kritis, dan kreatif. Sebagai usaha mewujudkan profil pelajar pancasila diperlukan pembentukan dan penguatan pendidikan karakter bagi pebelajar. Data penelitian ini dikumpulkan dengan kajian literatur dan observasi dalam perkuliahan Psikologi Pembelajaran. Data dianalisis dengan deskriptif. Hasil dari penelitian ini adalah berupa pengintegrasian profil pelajar pancasila pada mata kuliah psikologi pembelajaran prodi pendidikan fisika sangat baik

Kata Kunci: Karakter, Profil Pelajar Pancasila, psikologi pembelajaran

PENDAHULUAN

Revolusi Industri 4.0 merupakan konsep yang pertama kali diperkenalkan oleh ekonom asal Jerman, Profesor Klaus Schwab dalam bukunya yang berjudul "The Fourth Industrial Revolution". Klaus mengungkapkan empat tahap revolusi industri yang setiap tahapannya dapat mengubah hidup dan cara kerja manusia. Era Revolusi Industri 4.0, disebut sebagai era cyberatau era tanpa sekat dan tanpa batasan ruang waktu. Era ini ditandai dengan berkembang pesatnya sains-teknologi yang menghasilkan mesin pintar, robot otonom, bahkan Artificial Intelligent (AI). Era 4.0 banyak memberikan peluang barusekaligus tantangan yang komplekssehingga menuntut kualitas SDM yang menguasai ilmu pengetahuan sertadapat memecahkan masalah-masalah dalam kehidupan masyarakat (Rembangy, 2010). Era revolusi 4.0 ini memang sarat akan pengembangan literasi, yaitu literasi data, literasi digital, dan literasi humanistic. Ketiganya harus dibiasakan dalam kehidupan sehari-hari dan di berbagai bidang kehidupan. Tak terkecuali di bidang pendidikan.

Tantangan pada dunia pendidikan dalam menghadapi industri 4.0 adalah penanaman nilai-nilai pendidikan yang perlu dikembangkan. Menurut Guilford, 1985 (dalam Samrin) penerapan dari pendidikan nilai yang dikembangkan adalah: 1) anak didik dan dilatih dengan cara bekerja sambil belajar. Kecerdasan berfikir anak dikembangkan dengan seluas-luasnya; 2) memupuk kepribadian anak dengan kepribadian Indonesia sehingga menjadi pribadi yang dinamis, percaya diri, berani, bertanggung jawab dan mandiri; 3) pelajaran tidak hanya diberikan pada jam pelajaran saja, tetapi juga dalam setiap kesempatan di luar jam sekolah; dan 4) contoh perbuatan baik diterapkan karena lebih berhasil dalam membina watak yang baik. Hal inilah yang membedakan manusia dengan mesin di era globalisasi industri ke 4 maka perlu adanya perombakan atau reformasi di dalam tubuh pendidikan di Indonesia, khususnya pada Pendidikan dan pembelajaran di perguruan tinggi, yang saat ini menggunakan kurikulum merdeka belajar atau kampus merdeka. .

Pada kurikulum merdeka belajar ini penekanan utamanya berada padapembentukan karakter mahasiswa

yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila. Terdapat enam dimensi profil pelajar Pancasila yang harus terintegrasi pada setiap mata pelajaran atau perkuliahan. Di dalam konteks berbangsa dan bernegara kurikulum merupakan perangkat pembelajaran yang amat strategis untuk menyemaikan dan membentuk konsepsi dan perilaku individu tentang kesadaran identitas.

Khususnya pada perkuliahan Psikologi pembelajaran di Prodi Pendidikan Fisika, pengintegrasian profil pebelajar Pancasila perlu dilakukan, sehingga sumber daya manusia kita tidak hanya maju dalam IPTEK, tetapi juga memiliki karakter religius dan nasionalis.

METODE

Metode yang digunakan dalam tulisan ini adalah studi literatur atau penelitian kepustakaan, yaitu penelitian yang dilakukan hanya berdasarkan atas karya tertulis, termasuk hasil penelitian baik yang telah maupun yang belum dipublikasikan, serta referensi yang relevan. Metode kepustakaan dilakukan dengan mencari dan membaca terlebih dahulu sumber-sumber bacaan yang relevan. Sumber bacaan dapat berupa jurnal, artikel ilmiah, tesis, disertasi, skripsi, makalah, serta sumber lain yang pernah dibuat sebelumnya.

Data-data yang sudah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif dengan cara mendeskripsikan fakta-fakta yang kemudian disusul dengan analisis, tidak hanya menguraikan, melainkan juga memberikan pemahaman dan penjelasan secukupnya tentang topik yang diangkat oleh penulis mengenai integrasi dimensi profil pelajar Pancasila dalam perkuliahan Psikologi pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Pelajar Pancasila

Profil Pelajar Pancasila sesuai Visi dan Misi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan sebagaimana tertuang dalam Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 22 Tahun 2020 tentang Rencana Strategis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Tahun 2020-2024: Pelajar Pancasila adalah perwujudan pelajar Indonesia sebagai pelajar sepanjang hayat yang memiliki kompetensi global dan berperilaku sesuai dengan nilai-nilai Pancasila, dengan enam ciri utama: beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia, berkebinekaan global, bergotong royong, mandiri, bernalar kritis, dan kreatif, seperti ditunjukkan oleh gambar berikut:



Keenam ciri tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia
Pelajar Indonesia yang beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia adalah pelajar yang berakhlak dalam hubungannya dengan Tuhan Yang Maha Esa. Ia memahami ajaran agama dan kepercayaannya serta menerapkan pemahaman tersebut dalam kehidupannya sehari-hari. Ada lima elemen kunci beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia: (a) akhlak beragama; (b) akhlak pribadi; (c) akhlak kepada manusia; (d) akhlak kepada alam; dan (e) akhlak bernegara.
2. Berkebinekaan global
Pelajar Indonesia mempertahankan budaya luhur, lokalitas dan identitasnya, dan tetap berpikiran terbuka dalam berinteraksi dengan budaya lain, sehingga menumbuhkan rasa saling menghargai dan kemungkinan terbentuknya dengan budaya luhur yang positif dan tidak bertentangan dengan budaya luhur bangsa. Elemen dan kunci kebinekaan global meliputi mengenal dan menghargai budaya, kemampuan komunikasi interkultural dalam berinteraksi dengan sesama, dan refleksi dan tanggung jawab terhadap pengalaman kebinekaan.
3. Bergotong royong

Pelajar Indonesia memiliki kemampuan bergotong-royong, yaitu kemampuan untuk melakukan kegiatan secara bersama-sama dengan suka rela agar kegiatan yang dikerjakan dapat berjalan lancar, mudah dan ringan. Elemen-elemen dari bergotong royong adalah kolaborasi, kepedulian, dan berbagi.

4. Mandiri

Pelajar Indonesia merupakan pelajar mandiri, yaitu pelajar yang bertanggung jawab atas proses dan hasil belajarnya. Elemen kunci dari mandiri terdiri dari kesadaran akan diri dan situasi yang dihadapi serta regulasi diri.

5. Bernalar kritis

Pelajar yang bernalar kritis mampu secara objektif memproses informasi baik kualitatif maupun kuantitatif, membangun keterkaitan antara berbagai informasi, menganalisis informasi, mengevaluasi dan menyimpulkannya. Elemen-elemen dari bernalar kritis adalah memperoleh dan memproses informasi dan gagasan, menganalisis dan mengevaluasi penalaran, merefleksi pemikiran dan proses berpikir, dan mengambil Keputusan.

6. Kreatif

Pelajar yang kreatif mampu memodifikasi dan menghasilkan sesuatu yang orisinal, bermakna, bermanfaat, dan berdampak. Elemen kunci dari kreatif terdiri dari menghasilkan gagasan yang orisinal serta menghasilkan karya dan tindakan yang orisinal.

Enam dimensi ini perlu dibiasakan dalam kegiatan yang menjadi budaya sekolah, pembelajaran intrakurikuler, kokurikuler, maupun ekstrakurikuler. Rumusan Profil Pelajar Pancasila dibuat dengan tujuan sebagai kompas bagi pendidik dan peserta didik Indonesia. Segala pembelajaran, program, dan kegiatan di satuan pendidikan bertujuan akhir ke Profil Pelajar Pancasila.

Penguatan profil Pebelajar Pancasila pada perkuliahan Psikologi Pembelajaran

Upaya pembangunan karakter pelajar Pancasila dapat dilakukan salah satunya melalui program Kampus Merdeka. Pasalnya, saat ini generasi terus bergeser dari waktu ke waktu, termasuk generasi milenial yang tentunya sangat sejalan dengan perubahan teknologi, kemajuan peradaban, dan pergaulan dunia yang semakin intens saat ini. Oleh sebab itu, merupakan tanggung jawab kita bersama dalam menyusun strategi terbaik untuk membangun generasi masa depan dengan tetap menanamkan karakter Pancasila seperti yang kita harapkan sebagai generasi penerus bangsa tetapi tetap dalam konteks kekinian.

Sumber Daya Manusia yang berkualitas adalah pembelajar sepanjang hayat (long life learner) yang mempunyai kemampuan global dan bertindak berdasarkan nilai-nilai Pancasila. Perwujudan enam karakteristik Pelajar Pancasila adalah dengan menumbuhkembangkan nilai-nilai budaya Indonesia dan Pancasila, yang menjadi landasan pembangunan nasional. Usaha untuk menciptakan Profil Pelajar Pancasila tidak saja merupakan gerakan dalam sistem pendidikan, namun juga merupakan gerakan masyarakat. Kesuksesan dalam mewujudkan Profil Pelajar Pancasila akan bisa dicapai jika orang tua, pendidik, peserta didik, dan semua instansi di masyarakat berkolaborasi dan bekerjasama untuk mencapainya. Mendikbud dalam Seminar Virtual Nasional Pekan Untuk Sahabat Karakter tahun 2020 menyatakan bahwa guna mewujudkan profil pelajar Pancasila maka perlu untuk selalu bertanya, selalu mencoba dan selalu berkarya. Dalam sistem pendidikan kita, peserta didik harus selalu didorong untuk menanya.

Adapun ke enam dimensi profil pebelajar Pancasila yang diintegrasikan dan dijabarkan dalam proses perkuliahan Psikologi Pembelajaran adalah sebagai berikut.

Pertama, Peserta didik yang beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan memiliki akhlak yang luhur merupakan peserta didik yang mempunyai akhlak dalam berhubungan dengan Tuhan YME. Dia mengetahui ajaran agama serta keyakinannya dan menggunakan pengetahuannya tersebut dalam kehidupan sehari-hari. Pelajar Pancasila memahami maksud moralitas, keadilan sosial, spiritualitas, memiliki kecintaan terhadap agama, manusia, dan alam. **Hal ini terlihat ketika berdoa sebelum dan sesudah perkuliahan.**

Kedua, Peserta didik menjaga budaya bangsa, budaya lokal dan jati dirinya, serta menjaga sikap terbuka dalam menjalin hubungan dengan budaya lain sebagai upaya menciptakan perasaan menghormati serta tidak menutup peluang bagi mereka untuk membentuk budaya luhur yang positif yang tidak bertolak belakang dengan budaya luhur bangsa. Kebhinekaan global merupakan suatu rasa menghargai terhadap keberagaman dan bertoleransi terhadap perbedaan. Hal ini berarti dapat menerima perbedaan, tanpa merasa dihakimi, tanpa merasa menghakimi, atau merasa diri dan kelompoknya lebih baik dari kelompok lain. **Hal ini terlihat ketika mahasiswa dalam diskusi bisa menghargai pendapat yang diberikan orang lain.**

Ketiga, Peserta didik yang mempunyai kemampuan untuk bekerjasama, yaitu kompetensi dalam melaksanakan kegiatan dengan tulus dan ikhlas sehingga kegiatan yang dilaksanakan dapat terlaksana dengan lancar, mudah dan ringan. Pelajar Pancasila tahu bagaimana bekerjasama. Bagaimana berkolaborasi dan bekerjasama dengan temannya. **Hal ini terlihat ketika mahasiswa bekerjasama dalam pemecahan**

permasalahan dalam perkuliahan.

Keempat, Peserta didik di Indonesia adalah siswa yang mandiri, yaitu siswa yang mempunyai tanggung jawab atas proses dan hasil belajarnya. Unsur utama dari mandiri meliputi pemahaman diri dan kondisi yang sedang dialami serta pengaturan diri. **Hal ini terlihat ketika mahasiswa memahami akan kelebihan dan kekurangan dirinya dalam perkuliahan, sehingga ia mampu menemukan jati diri dan memperbaiki kekurangan dirinya.**

Kelima, peserta didik dengan penalaran kritis dapat secara objektif mengolah informasi secara kualitatif dan kuantitatif, menjalin hubungan dengan berbagai informasi menganalisis informasi, mengevaluasi dan menarik kesimpulan. Unsur-unsur dari bernalar kritis adalah memperoleh dan memproses informasi dan gagasan, menganalisis dan mengevaluasi penalaran, merefleksi pemikiran dan proses berpikir, dan membuat keputusan. **Hal ini terlihat ketika mahasiswa kritis dan objektif dalam pemecahan permasalahan dalam perkuliahan.**

Keenam, Peserta didik yang kreatif dapat memodifikasi dan membuat hal-hal yang orisinal, bermakna, berguna, dan berpengaruh. Pelajar Pancasila mempunyai kemampuan untuk menyelesaikan masalah serta mempunyai kemampuan untuk menghasilkan sesuatu secara pro aktif dan mandiri guna mendapatkan metode-metode inovatif lain yang berbeda setiap harinya. **Hal ini terlihat ketika mahasiswa kreatif dalam menuangkan gagasan sehingga menjadi orang yang berdayaguna dalam perkuliahan.**

SIMPULAN DAN SARAN

Pelajar Pancasila merupakan cerminan peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat yang mempunyai kemampuan global dan mempunyai sikap berdasarkan nilai-nilai Pancasila, dengan enam ciri utama yaitu beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia, berkebinekaan global, bergotong royong, mandiri, bernalar kritis, dan kreatif. Pengintegrasian profil Pelajar Pancasila pada perkuliahan psikologi pembelajaran dilaksanakan pada saat proses perkuliahan dan bisa diamati secara langsung. Usaha untuk menciptakan Profil Pelajar Pancasila tidak saja merupakan gerakan dalam sistem pendidikan, namun juga merupakan gerakan masyarakat. Kesuksesan dalam mewujudkan Profil Pelajar Pancasila akan bisa dicapai jika orang tua, pendidik, peserta didik, dan semua instansi di masyarakat berkolaborasi dan bekerjasama untuk mencapainya.

Perlunya pemahaman profil pelajar pancasila tidak hanya oleh peserta didik namun juga oleh guru/dosen dan orang tua sehingga bisa diwujudkan melalui penguatan pendidikan karakter. Selain itu, pemangku kepentingan Pendidikan juga mesti mengimplementasikan profil pebelajar Pancasila, sehingga bisa berkolaborasi mewujudkan Pendidikan yang memerdekakan.

REFERENSI

- BakhrudinAll Habsy (2017) Seni Memahami Penelitian Kuliatif Dalam Bimbingan Dan Konseling : Studi Literatur Jurnal Konseling Andi Matappa Bimbingan dan Konseling, Universitas Darul Ulum Jombang, 93
- Dela Khoirul Ainia, (2020) Merdeka Belajar dalam Pandangan Ki Hadjar Dewantara dan Relevansinya bagi Pengembangan Pendidikan Karakter, Jurnal Filsafat Indonesia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 95
- Modul Kerangka kurikulum profil pelajar pancasila Inhouse Training Sekolah Penggerak <https://paspor-gtk.belajar.kemdikbud.go.id/>
<https://dikti.kemdikbud.go.id/kabar-dikti/kabar/kampus-merdeka-sebagai-upaya-penguatan-karakter-pelajar-pancasila/>
- Fettahioğlu, P., Kaleci, D. (2018). Online argumentation implementation in the development of critical thinking disposition. *Journal of Education and Training Studies*, (6), 127–136.
- Lickona., T. (1991). *Educating for Character: How Our Schools Can Teach Respect and Responsibility*. New York: Bantam.
- Lombardi, D., & Shipley, T. F. (2021). The Curious Construct of Active Learning. *Psychological Science in the Public Interest*, 22(1), 8–43. <https://doi.org/10.1177/1529100620973974>
- Puspita, R. (2020). Mendikbud Jelaskan Anak Memiliki Profil Pelajar Pancasila. *Republika.co.id*. Diambil dari <https://www.republika.co.id/berita/q19sl4428/mendikbud-jelaskan-anak-memiliki-profil-pelajar-pancasila>
- Kompas.com. (2020). Apa Itu Pelajar Pancasila, Tujuan Sekolah Penggerak dari Nadiem Makarim. *kompas.com*. Diambil dari <https://www.kompas.com/edu/read/2020/03/12/093000071/apa-itu-pelajar-pancasila>
- Kalderanews. (2020). Begini 6 Profil Pelajar Pancasila Menurut Mendikbud Nadiem Makarim [kalderanews.com/2020/05/begini-6-profil-pelajar-pancasila-menurut-mendikbud-nadiem-makarim/](https://www.kalderanews.com/2020/05/begini-6-profil-pelajar-pancasila-menurut-mendikbud-nadiem-makarim/)

INTEGRASI SAINS ISLAM PADA PEMBELAJARAN FISIKA MATERI BESARAN DAN PENGUKURAN

Pramuja Pangestu¹⁾

STKIP Al-Hikmah Surabaya

¹⁾pramuja.one@gmail.com

ABSTRACT

Physics learning is learning physics material in schools. Physics material at school is expected to foster a sense of trust in the Almighty Creator, Allah subhanahu wa ta'ala, the Almighty God. This study aims to determine how physics learning on the material of magnitude and measurement can be integrated with Islamic values. The integration of Islamic science is an alignment between science and Islamic values, this effort is made so that there is no dichotomy between science and religion. This research uses the method of literature review or literature review. Researchers get research data from previous studies and then processed and presented the results. The results showed that there was a relationship between the integration of Islamic science on learning outcomes, creativity, and student character.

Keywords: *integration of Islamic science, physics learning, quantity and measurement*

ABSTRAK

Pembelajaran fisika adalah pembelajaran materi fisika di sekolah. Materi fisika di sekolah diharapkan dapat menumbuhkan rasa percaya terhadap yang Maha pencipta Allah subhanahu wa ta'ala Tuhan yang Maha Esa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pembelajaran fisika pada materi besaran dan pengukuran dapat diintegrasikan dengan nilai-nilai islam. Integrasi sains islam merupakan penyelarasan antara sains dengan nilai-nilai islam, upaya ini dilakukan agar tidak ada dikotomi antara sains dan agama. Penelitian ini menggunakan metode studi pustaka atau literatur review. Peneliti mendapatkan data penelitian dari penelitian-penelitian sebelumnya kemudian diolah dan dipaparkan hasilnya. Hasil penelitian didapatkan adanya hubungan antara integrasi sains islam terhadap hasil belajar, kreativitas, dan karakter siswa.

Kata Kunci: *integrasi sains islam, pembelajaran fisika, besaran dan pengukuran*

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika adalah suatu bentuk pelaksanaan pendidikan fisika di sekolah. Tujuan mempelajari fisika adalah untuk memperkuat keimanan siswa dan mewujudkan keagungan, keteraturan, keindahan dan kompleksitas alam (Putri et al., 2017). Pendekatan keagamaan seperti integrasi nilai-nilai islam sangat penting dalam proses pengajaran di bidang keilmuan, sehingga pengetahuan agama dengan konsep-konsep ilmiah tidak muncul secara dikotomis, tetapi terintegrasi dan saling terkait, agar peserta didik dapat menghayati, meyakini dan memahami seluruh ilmu pengetahuan secara utuh (Noor, 2012). Proses pembelajaran saintifik terpadu dapat membentuk pemahaman yang utuh, memungkinkan siswa belajar dalam kaitannya dengan ilmu fisika dan ilmu agama dan membentuk generasi yang unggul (Ashari et al., 2019).

Proses pembelajaran yang sebelumnya dilakukan oleh guru disekolah tidak banyak mengintegrasikan materi dengan nilai-nilai agama (Zain & Vebrianto, 2017). Materi yang dipilih pada penelitian kali ini adalah besaran dan pengukuran. Besaran dan pengukuran merupakan pondasi utama untuk memahami keutuhan materi fisika. Besaran dan pengukuran materinya sangat penting namun jarang diintegrasikan dengan nilai-nilai islam.

Integrasi nilai-nilai agama kedalam pembelajaran fisika di kelas merupakan salah satu cara untuk menghilangkan dikotomi antara agama dan sains (fisika) (Rahmola & Mursalin, 2018). Pemilahan atau dikotomi antara ilmu agama dengan sains yang disebut ilmu umum, sebenarnya merupakan upaya untuk mengimplementasikan kehidupan yang sekuler serta wawasan yang parsial dan bukan holistik (Eko, 2017). Berdasarkan penelitian (Aji & Halal, 2014) tentang pengembangan modul ipa berbasis karakter islami melalui pendekatan saintifik pada tema rotasi dan revolusi bumi sebagai implementasi kurikulum 2013, menunjukkan hasil belajar siswa meningkat setelah mengikuti proses pembelajaran berbasis karakter islami melalui pendekatan saintifik. Melalui integrasi nilai-nilai keislaman dapat meningkatkan hasil belajar dan memperkuat keyakinan.

Fenomena fisika dan ilmu fisika merupakan ayat kauniah, sebagaimana pengertiannya ayat kauniah yaitu tanda yang wujud di sekeliling manusia yang diciptakan oleh Allah. Ayat-ayat ini adalah ayat-ayat dalam bentuk segala ciptaan Allah berupa alam semesta dan semua yang ada di dalamnya (Iwan, 2017). Kajian fisika merupakan salah satu pokok bahasan sebagai pembentuk pandangan siswa tentang hakikat ciptaan Tuhan dan keagungan-Nya.

Al Quran adalah sumber inspirasi. Ayat Al Quran yang menginspirasi materi fisika besaran pengukuran adalah "Sesungguhnya kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran" (Qs. Al-qomar: 49). Ayat ini menunjukkan bahwa

allah swt menetapkan segala sesuatu sesuai ukurannya dengan seperti itu segala sesuatu pasti ada ukurannya. Berdasarkan ayat tersebut dan keterangan diatas menunjukkan materi besaran dan pengukuran terintegrasi nilai-nilai islam memiliki hubungan dan dampak bagi pembelajaran fisika. Dengan demikian, adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam mengajarkan materi besaran dan pengukuran terintegrasi nilai-nilai islam.

METODE

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi kepustakaan. Studi kepustakaan merupakan metode penelitian yang berkaitan dengan pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengolah bahan penelitian (Zed, 2008). Pengumpulan data pustaka berasal dari sumber-sumber ilmiah terpercaya yang membahas besaran pengukuran dan integrasi nilai-nilai islam seperti jurnal, buku, dan bahan ilmiah lainnya.

2. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan studi kepustakaan terhadap beberapa artikel yang sudah ditentukan. Pada tahap pertama peneliti mencari beberapa artikel terkait. Tahap selanjutnya metode yang dilakukan adalah kualitatif dengan analisis isi. Pada tahap analisis data kualitatif terdiri dari empat langkah, yaitu categorization, data reduction, data display, dan conclusion (Moh M., et all., 2019).

PEMBAHASAN DAN HASIL

1) Besaran dan Pengukuran

Besaran dan satuan

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur. Besaran erat kaitannya dengan pengukuran, sedangkan pengukuran besaran-besaran fisika merupakan bagian terpenting dalam ilmu fisika. Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran dengan menggunakan alat ukur. Satuan adalah suatu besaran fisika khusus yang telah didefinisikan dan disepakati untuk dibandingkan dengan besaran lain dari jenis yang sama dalam berbagai pengukuran.

Besaran terbagi dua jenis yaitu besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok adalah besaran yang satuannya baku dan telah ditetapkan terlebih dahulu. Besaran pokok hanya ada tujuh disebutkan pada tabel 1.

Tabel 1. Besaran Pokok

No	Besaran Pokok	Satuan	Singkatan
1	Panjang	Meter	m
2	Massa	Kilogram	kg
3	Waktu	Detik (sekon)	s
4	Kuat Arus Listrik	Ampere	A
5	Suhu	Kelvin	K
6	Intensitas Cahaya	Kandela	cd
7	Jumlah Zat	Mole	mol

Besaran turunan adalah besaran yang satuannya diturunkan dari beberapa satuan besaran pokok. Satuan besaran turunan bergantung pada besaran pokok. Besaran turunan banyak sekali jenisnya. Berikut contoh besaran turunan pada tabel 2.

Tabel 2. Besaran Turunan

No	Besaran Turunan	Satuan	Singkatan
1	Volume	Meter kubik	m^3
2	Gaya	Newton	N ($kg \cdot m/s^2$)
3	Usaha	Joule	J ($kg \cdot m^2 / s^2$)
4	Massa Jenis	Kilogram per meter kubik	kg/m^3
5	Kecepatan	Meter per sekon	m/s
6	Percepatan	Kecepatan per sekon	m/s^2

Pengukuran

Pengukuran tidak hanya tentang membandingkan suatu besaran. Pengukuran berkaitan erat dengan ketidakpastian, angka penting dan alat ukur. Ralat atau ketidakpastian adalah sarana bagi para fisikawan yang melakukan pengukuran untuk mengungkapkan keragu-raguan mereka akan hasil ukur. Ketidakpastian ini menunjukkan bahwa tidak ada yang pasti benar.

Aturan angka penting sangat dekat kaitannya dengan pengukuran. Banyaknya angka penting merupakan jumlah digit yang diyakini benar oleh pengukur, termasuk angka terakhir yang diragukan (ditafsirkan). Berikut beberapa aturan tentang angka penting :

- Semua angka bukan nol adalah angka penting
- Semua angka nol disebelah kanan tanda desimal, tetapi sebelah kiri angka nol bukanlah angka penting.
- Semua angka nol disebelah kanan tanda desimal yang mengikuti angka bukan nol adalah angka penting.
- Angka nol disebelah kanan angka bukan nol, tetapi tanda desimal bukanlah angka penting.
- Angka nol di antara dua angka penting merupakan angka penting (F.R Muhammad et all., 2017)

2) Integrasi Nilai-nilai Islam

Pengukuran dalam Al Quran

Berdasarkan penelitaian (Pendra, 2012) ada beberapa klasifikasi ayat mengenai besaran dan pengukuran.

Ayat tentang waktu:

لِنَّ عِدَّةَ الشُّهُورِ عِنْدَ اللَّهِ اثْنَا عَشَرَ شَهْرًا فِي كِتَابِ اللَّهِ يَوْمَ خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ مِنْهَا أَرْبَعَةٌ حُرْمٌ ؕ ذَلِكَ الدِّينُ الْقَرِيمُ ؕ فَلَا تَظْلِمُوا فِيهِنَّ أَنْفُسَكُمْ ؕ وَقَاتِلُوا الْمُشْرِكِينَ كَافَّةً كَمَا يُقَاتِلُونَكُمْ كَافَّةً ؕ وَعَلِمُوا أَنَّ اللَّهَ مَعَ الْمُتَّقِينَ

Artinya:

Sesungguhnya bilangan bulan pada sisi Allah adalah dua belas bulan, dalam ketetapan Allah di waktu Dia menciptakan langit dan bumi, di antaranya empat bulan haram. Itulah (ketetapan) agama yang lurus, maka janganlah kamu menganiaya diri kamu dalam bulan yang empat itu, dan perangilah kaum musyrikin itu semuanya sebagaimana merekapun memerangi kamu semuanya, dan ketahuilah bahwasanya Allah beserta orang-orang yang bertakwa (Qs. At-Taubah: 36)

وَالْمُطَلَّقَاتُ يَتَرَبَّصْنَ بِأَنْفُسِهِنَّ ثَلَاثَةَ قُرُوءٍ ؕ وَلَا يَحِلُّ لَهُنَّ أَنْ يَكْتُمْنَ مَا خَلَقَ اللَّهُ فِي أَرْحَامِهِنَّ إِنْ كُنَّ يُؤْمِنُنَّ بِاللَّهِ وَالْيَوْمِ الْآخِرِ ؕ وَبِعُولَتْنَهُنَّ أَحَقُّ بِرِزْقِهِنَّ فِي ذَلِكَ إِنْ أَرَادُوا إِصْلَاحًا ؕ وَلَهُنَّ مِثْلُ الَّذِي عَلَّمِهِنَّ بِالْمَعْرُوفِ ؕ وَلِلرِّجَالِ عَلَّمِهِنَّ دَرَجَةً ؕ وَاللَّهُ عَزِيزٌ حَكِيمٌ

Artinya:

Wanita-wanita yang ditalak hendaklah menahan diri (menunggu) tiga kali quru'. Tidak boleh mereka menyembunyikan apa yang diciptakan Allah dalam rahimnya, jika mereka beriman kepada Allah dan hari akhirat. Dan suami-suaminya berhak merujukinya dalam masa menanti itu, jika mereka (para suami) menghendaki ishlah. Dan para wanita mempunyai hak yang seimbang dengan kewajibannya menurut cara yang ma'ruf. Akan tetapi para suami, mempunyai satu tingkatan kelebihan daripada isterinya. Dan Allah Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana (Qs. Al-Baqarah: 228)

Dalam ayat ini disebutkan satuan waktu dalam istilah agama yaitu quru' sebagai patokan masa iddah (penantian) wanita yang telah cerai atau suaminya wafat jika hendak menikah lagi.

Ayat tentang berat:

وَزِنُوا بِالْقِسْطَاسِ الْمُسْتَقِيمِ

Artinya:

Dan timbanglah dengan timbangan yang lurus (Qs. Asy-Syuara: 128)

Allah disini menyuruh umat manusia agar menimbang sesuatu dengan tepat (lurus). Tidak memberatkan pula tidak mengurangi timbangan.

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ

وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ

Artinya:

Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan seberat dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya, dan barangsiapa yang mengerjakan kejahatan sebesar dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya pula (Qs. Al-Zalzalah: 7-8).

Ayat tentang luas:

سَابِقُوا إِلَىٰ مَغْفِرَةٍ مِّن رَّبِّكُمْ وَجَنَّةٍ عَرْضُهَا كَعَرْضِ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ أُعِدَّتْ لِلَّذِينَ آمَنُوا بِاللَّهِ وَرُسُلِهِ ؕ ذَٰلِكُمْ فَضْلُ اللَّهِ يُؤْتِيهِ مَن يَشَاءُ ؕ وَاللَّهُ ذُو الْفَضْلِ الْعَظِيمِ

Artinya:

Berlomba-lombalah kamu kepada (mendapatkan) ampunan dari Tuhanmu dan surga yang luasnya seluas langit dan bumi, yang disediakan bagi orang-orang yang beriman kepada Allah dan Rasul-rasul-Nya. Itulah karunia Allah, diberikan-Nya kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Dan Allah mempunyai karunia yang besar (Qs. Al-Hadid: 21)

Ayat tentang panjang:

فَكَانَ قَابَ قَوْسَيْنِ أَوْ أَدْنَىٰ

Artinya:

Maka jadilah dia dekat (pada Muhammad sejarak) dua ujung busur panah atau lebih dekat (lagi) (Qs. An-Najm: 9).

Pengukuran dalam Hadits

Pengaplikasian pengukuran erat dalam kegiatan kehidupan sehari-hari begitupula dalam kegiatan ritual peribadahan umat islam sebagai mana yang dijelaskan dalam hadist berikut:

Dari Ibnu Umar radliyallahu 'anhuma, ia berkata: Rasulullah shallallahu ala'ih wasallam telah mewajibkan zakat fitrah sebesar satu sh0' kurma atau satu sho' gandum atas hamba sahaya, orang merdeka, laki-laki maupun perempuan, anak kecil atau dewasa, dari orang-orang Islam, dan beliau menyuruh menunaikannya sebelum orang-orang keluar untuk shalat hari raya. (HR. Bukhari: 1432)

Gelas ukur 1 sho itu seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Sho (sumber: santri.net)

3) Pengaruh Integrasi Nilai-nilai Islam

Integrasi sains islam pada pembelajaran fisika memiliki korelasi dengan hasil belajar. Korelasi tersebut dipaparkan oleh beberapa penelitian. Penelitian (Khoiri, 2017) menyebutkan penerapan pembelajaran berbasis integrasi sains-islami dapat meningkatkan hasil belajar, sikap religius dan sikap sosial. Penelitian (Munir, 2016) juga mengungkapkan integrasi islam pada pembelajaran meningkatkan kreativitas siswa dan peningkatan karakter keislaman siswa.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pembelajaran fisika pada materi besaran dan pengukuran dapat diintegrasikan dengan nilai-nilai islam. Penerapan konsep pengukuran sudah banyak diterapkan di kehidupan umat islam dalam beragama. Integrasi sains islam pada pembelajaran fisika memiliki hubungan dengan hasil belajar, kreativitas dan pembentukan karakter pada siswa.

Penelitian ini semoga dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga pembaca. Penulis berharap adanya penelitian lanjutan dari penelitian ini.

REFERENSI

- Aji, S., & Halal, R. 2014. *'Khazanah Sains dan Matematika dalam Islam'*. SALAM: Jurnal Sosial Dan Budaya Syar-I, 1(1).
- A. Khoiri, Q. Agus suryani, and P. Hartini. 2017, *'Penumbuhan Karakter Islami melalui Pembelajaran Fisika Berbasis Integrasi Sains-Islam'*, Tadris J. Kegur. dan Ilmu Tarbiyah vol. 2, no. 1, p. 19.
- F. Ashari, F. Hasyim, H. A. C. Wibowo. 2019, *'Integrasi Kosmologi dalam Alquran untuk Pembelajaran Fisika'*, Seminar Nasional Pendidikan Fisika, vol. 4, no. 1, pp. 252–257.
- F.R Muhammad, F. Eko, R. Rachmad, and Y. Atsnaita. 2016, *'Buku Siswa Kajian Konsep Fisika untuk Kelas X SMA dan MA'*, Solo: Tiga Serangkai.
- M. Budi Eko. 2017, *'Integrasi Sains-Islam dan Implementasinya dalam Pembelajaran Biologi'*, Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 9.
- M. Iwan. 2017, *'Objektivitas Semiotika (Ilmu Tanda) Menyingkap Firman (Tanda-Tanda Kebesaran) Tuhan'*, Sastranesia., vol. 5, no. 4, 2017 pp. 66-73.
- Moh, M., F. F., Syaiful, A., & A, A. 2019, *'Quran-integrated science in the era of industrial revolution 4.0'*, Journal of Physics: Conference Series, 0-5.
- Noor, F. M. 2012, *'Integrasi-Interkoneksi Keilmuan Sains Dan Islam Dalam Proses Pembelajaran Fisika'*, PROSIDING: Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika, 3(4), 303–312.
- Putri, R. M., Darvina, Y. and Syafriani. 2017, *'Pembuatan LKS Dengan Pendekatan Sainifik Terintegrasi Nilai Karakter pada Materi Kerja dan Momentum untuk siswa kelas X SMA'*, Pillar of Physics Education, 10, pp. 121–128.

- Rahmola, A. & Mursalin 2018, '*Penerapan pembelajaran terintegrasi nilai-nilai Al-Quran pada konsep cahaya dan alat optik untuk meningkatkan hasil belajar dan wawasan keagamaan siswa*'. Seminar Nasional Quantum, 25, 125–131.
- S. Munir. 2016, '*Redesigning english for specific purposes (ESP) class: integrating language and Islamic values in producing a textbook*', Batusangkar Int. Conf., pp. 669–675.
- T. Pendra. 2012, '*Klasifikasi Ayat-ayat Al-Quran yang Memuat Konsep Matematika*', Srikpsi: UIN Malang.
- Zain, Z., & Vebrianto, R. 2017, '*Integrasi Keilmuan Sains Dan Islam Dalam Proses Pembelajaran Rumpun IPA*'. Jurnal Program Studi Pendidikan Kimia, 18–19.
- Zed, M. 2008, '*Metode Penelitian Kepustakaan*', Ed. Ke-2, Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

DIGITALISASI PEMBELAJARAN BERBASIS *E-LEARNING*

Ida Bagus Putu Mardana

Jurusan Pendidikan Fisika dan Pengajaran IPA, Fakultas MIPA Undiksha
email: putu.mardana@undiksha.ac.id

ABSTRACT

In this digital era, Science and Technology is developing so rapidly. This development has a wider impact and is open to the whole world through the boundaries of distance, place, space and time. Along with the development of information and communication technology, and the situation of the outbreak of the Covid-19 pandemic, the need for a concept and mechanism for teaching and learning (education) based on e-learning for the process of transforming conventional education into digital form, both in content and system, has become a reality inevitable. E-learning is an innovation that can be utilized in the learning process, not only in the delivery of learning materials but also changes in the abilities of various student competencies. E-learning facilitates open, multipresented, personal, mobile, augmented, and globalized network learning. Through e-learning, students not only listen to material descriptions from educators, but also actively observe, perform, demonstrate, internalize, and abstract as a process of constructing competence in themselves as a whole and meaningfully. Teaching materials, learning resources, and learning management that are OER (Open Educational Resources) in e-learning can be virtualized in various digital formats to make them more interesting and dynamic, so as to motivate students to be further involved in the learning process.

Keywords: digitalization, learning, e-learning

ABSTRAK

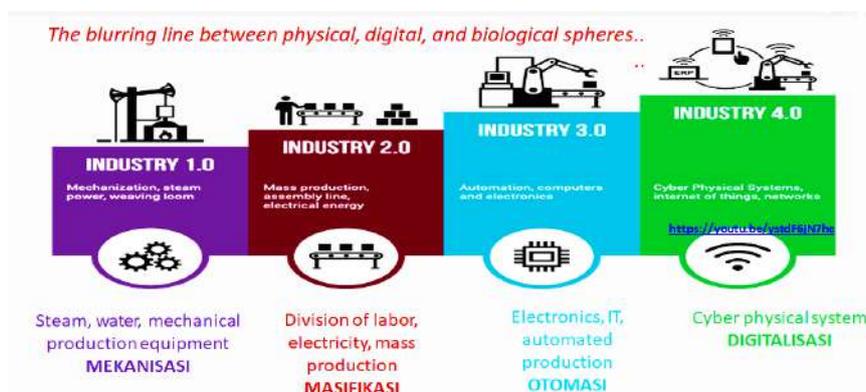
Pada era digital ini, Ilmu Pengetahuan dan Teknologi berkembang begitu pesat. Perkembangan ini memiliki dampak semakin luas dan terbuka ke seluruh dunia menembus batas jarak, tempat, ruang dan waktu. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, dan situasi merebaknya pandemi Covid-19, kebutuhan suatu konsep dan mekanisme belajar mengajar (pendidikan) berbasis e-learning untuk proses transformasi pendidikan konvensional ke dalam bentuk digital, baik secara isi (contents) dan sistemnya, menjadi tidak terelakkan lagi. E-learning merupakan inovasi yang dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran, tidak hanya dalam penyampaian materi pembelajaran tetapi juga perubahan dalam kemampuan berbagai kompetensi peserta didik. E-learning memfasilitasi belajar bersifat open, multipresented, personal, mobile, augmented, dan globalize network. Melalui e-learning, peserta didik tidak hanya mendengarkan uraian materi dari pendidik saja, tetapi juga aktif mengamati, melakukan, mendemonstrasikan, menginternalisasi, dan mengabstraksi sebagai proses konstruksi kompetensi pada dirinya secara utuh dan bermakna. Materi ajar, sumber belajar, dan manajemen belajar yang bersifat OER (Open Educational Resources) dalam e-learning, dapat divirtualisasikan dalam berbagai format digital agar lebih menarik dan dinamis, sehingga mampu memotivasi peserta didik untuk terlibat lebih jauh dalam proses pembelajaran.

Kata-kata kunci : digitalisasi, pembelajaran, e-learning

PENDAHULUAN

Era digital merupakan kondisi dimana setiap orang dapat mengakses berbagai informasi dan elektronik, tetapi juga sumber-sumber informasi lainnya yang salah satu diantaranya melalui jaringan Internet. Salah satu bidang yang mendapatkan dampak yang cukup berarti dengan perkembangan teknologi ini adalah bidang pendidikan. Beberapa bagian unsur dari pendidikan mendapatkan sentuhan media teknologi informasi, sehingga mencetuskan lahirnya ide tentang *e-learning*. Munculnya teknologi digital dalam skala besar mampu membuka pandangan baru untuk mengembangkan peluang pendidikan, kesetaraan akses pendidikan bagi siapa saja tanpa diskriminasi. Dunia digital yang bisa dioperasikan dimanapun selama ada jaringan internet dan perangkat keras yang memadai membuka peluang untuk mengembangkan pendidikan secara virtual yang mungkin sebelumnya belum terbayangkan. Dengan

munculnya alat ini, pendidikan dapat didistribusikan secara merata tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu. *Mobile technology* berhasil dirancang sebagai alat yang dapat mengubah pola pikir manusia. Cara berpikir setiap individu mengalami perubahan drastis dan sulit dikendalikan. Dengan alat ini setiap orang dapat mengeksplorasi kemampuan berfikirnya untuk mengembangkan kemampuan diri semaksimal mungkin sehingga jika yang bersangkutan menghasilkan sintesa pemikiran atau produk yang dapat didistribusikan di dunia maya tanpa ada halangan apapun.



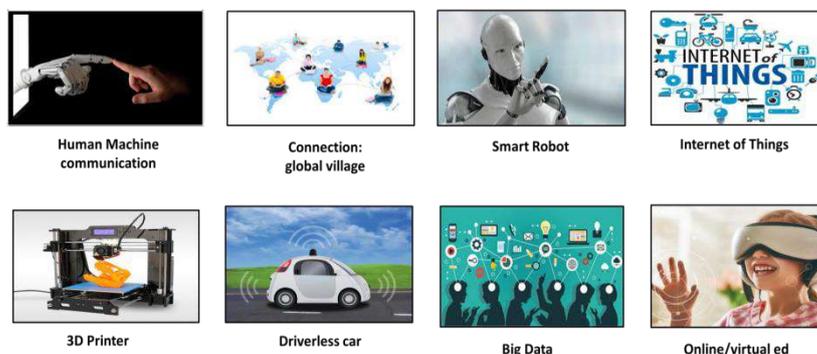
Gambar 1. Perkembangan Revolusi Industri
(Dadaptasi dari Paulina Panen. 2012)

Perkembangan revolusi industri dari era 1.0, sampai era 4.0, yang menghadirkan aspek mekanisasi, masifikasi, otomasi, dan era digitalisasi. Perkembangan revolusi industri global telah bergulir sejak abad ke 18 yang ditandai dengan penemuan mesin uap dengan dimulainya produksi secara massal yang lebih dikenal dengan revolusi industri 1.0. Pada abad 19-20 dengan ditemukannya mesin listrik maka mulailah revolusi industri 2.0 dan selanjutnya tahun 70-an menitik pada revolusi industri 3.0 dengan ditemukannya teknologi komputerisasi. Akhirnya sekitar tahun 2010 berkembang rekayasa kecerdasan dan IoT (*Internet of Thing*) (Trisanti, 2018). Era digitalisasi merupakan era disrupsi, dimana terjadi pergeseran fundamental dari dunia nyata ke dunia maya pada setiap aspek hidup dan gaya hidup masyarakat, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Generasi era 4.0 mengalami perubahan drastis pada pola pikir dan pola hidup. Salah satu perubahan yang nyata yaitu pergeseran budaya komunikasi dan akses informasi. Masyarakat pebelajar membutuhkan pengalaman belajar yang berbeda, arenanya pendidik harus mampu memenuhi tuntutan kebutuhan pebelajar sesuai dengan zamannya.

Pembelajaran di era digital ini tidak cukup hanya suatu ketrampilan untuk dirinya sendiri dan elektronik, tetapi juga sumber-sumber informasi yang tersedia di *worldwide network*. Salah satu bidang yang mendapatkan dampak yang cukup berarti dengan perkembangan teknologi ini adalah bidang pendidikan, Beberapa bagian unsur dari pendidikan mendapatkan sentuhan media teknologi informasi, sehingga mencetuskan lahirnya ide tentang *e-learning*. Munculnya teknologi digital dalam skala besar mampu membuka pandangan baru untuk mengembangkan peluang pendidikan, kesetaraan akses pendidikan bagi siapa saja tanpa diskriminasi. Dunia digital yang bisa dioperasikan dimanapun selama ada jaringan internet dan perangkat keras yang memadai membuka peluang untuk mengembangkan pendidikan secara virtual yang mungkin sebelumnya belum terbayangkan. Dengan munculnya alat ini, pendidikan dapat didistribusikan secara merata tanpa penggunaannya tidak terbatas ruang dan waktu. *Mobile technology* berhasil dirancang sebagai alat yang dapat mengubah pola pikir manusia. Cara berpikir setiap individu mengalami perubahan drastis dan sulit dikendalikan. Dengan alat ini setiap orang dapat mengeksplorasi kemampuan berfikirnya untuk mengembangkan kemampuan diri semaksimal mungkin, sehingga jika yang bersangkutan menghasilkan sintesa pemikiran atau produk yg dapat didistribusikan di dunia maya tanpa ada halangan apapun.

Pembelajaran di era digital ini tidak cukup hanya suatu ketrampilan untuk dirinya sendiri melainkan tercakup didalamnya suatu ketrampilan untuk hidup bermasyarakat, berbangsa dengan suatu semangat kesamaan dan kesejajaran (Anwar, 2004:5), melainkan tercakup didalamnya suatu ketrampilan untuk hidup bermasyarakat, berbangsa dengan suatu semangat kesamaan dan kesejajaran (Anwar, 2004:5) dalam jaringan. Berbagai informasi di era ini tersedia secara bebas di dunia maya yang memudahkan siapa saja untuk mengaksesnya tanpa batas ruang dan waktu. Hal ini telah mengkonstruksi sosio-cultural-ekonomi baru dalam peradaban kehidupan masyarakat secara signifikan, yang terindikasi dari munculnya *human machine communication, connetion gobar village, smart robot, IOT, 3D printer, driverless car, big data, dan virtual education*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Disrupsi teknologi telah melahirkan budaya baru, dunia menjadi tidak ada sekat sama sekali setelah ditemukannya sistem

digital. Setiap orang terutama yang lahir sebagai *digital native* memiliki kecenderungan untuk mencari informasi melalui internet (*enrich learning resources*), dan lingkungan belajar yang luas (*enrich learning environment*). Perkembangan teknologi informasi yang berkembang dengan kecepatan yang sangat tinggi telah mengubah paradigma masyarakat dalam mencari dan mendapatkan informasi, yang tidak lagi terbatas pada informasi surat kabar, audio visual dan elektronik, tetapi juga sumber-sumber informasi lainnya yang salah satu diantaranya melalui jaringan internet.



Gambar 2. Disrupsi Teknologi: Budaya Baru
(Dadaptasi dari Paulina Panen. 2012)

Salah satu bidang yang mendapatkan dampak yang cukup berarti dengan perkembangan teknologi di era 4.0 ini adalah bidang pendidikan. Beberapa bagian unsur dari pendidikan mendapatkan sentuhan media teknologi informasi, sehingga mencetuskan lahirnya ide *e-learning*. Munculnya teknologi digital dalam skala besar mampu membuka pandangan baru untuk mengembangkan peluang pendidikan, kesetaraan akses pendidikan bagi siapa saja tanpa diskriminasi. Dunia digital yang bisa dioperasikan dimanapun, dengan dukungan jaringan internet dan perangkat keras yang memadai, membuka peluang untuk mengembangkan pendidikan secara virtual yang mungkin sebelumnya belum terbayangkan. Dengan munculnya teknologi ini, pendidikan dapat didistribusikan secara merata tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu. *Mobile technology* di era 4.0 telah mengubah pola pikir manusia, dimana setiap pebelajar dapat mengeksplorasi kemampuan berpikirnya dalam mengembangkan kompetensi untuk menghasilkan sintesa pemikiran atau produk yg dapat didistribusikan di dunia maya tanpa ada halangan apapun. Pembelajaran di era digital ini tidak cukup hanya suatu ketrampilan untuk dirinya sendiri melainkan tercakup didalamnya suatu ketrampilan untuk hidup bermasyarakat, berbangsa dengan suatu semangat kesamaan dan kesejajaran (Anwar, 2004:5).

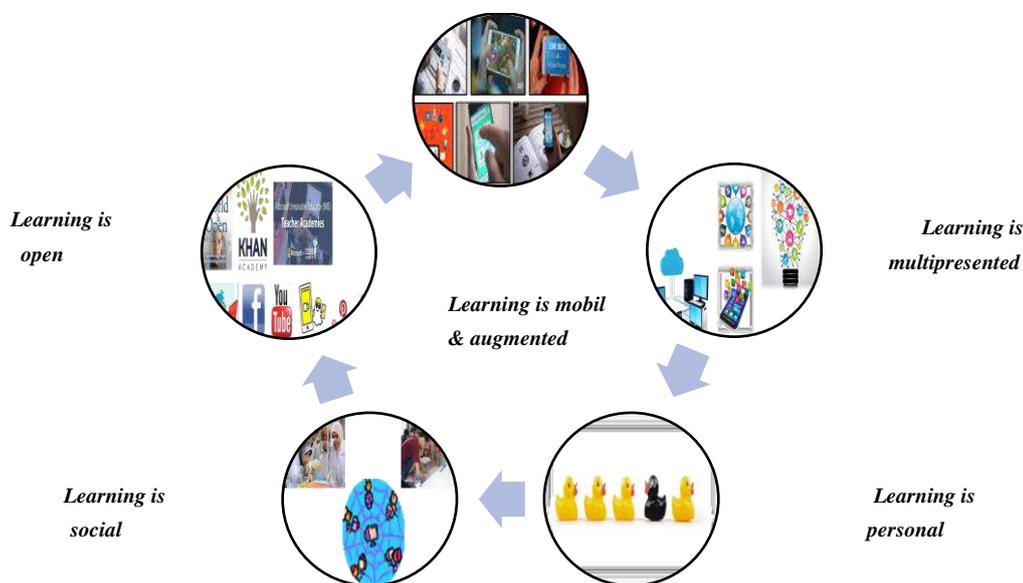
Salah satunya yang membawa dampak positif adalah mempercepat transformasi digital, dalam mengemas proses belajar mengajar pada semua jenjang pendidikan secara digital, terlebih lagi dalam situasi pandemic covid-19. Dengan adanya pandemi semua sistem dan metode beralih ke metode daring dan serba digital setelah sebelumnya dengan sistem konvensional yang mau tidak mau harus belajar teknologi dan mulai bertransformasi. Rekayasa digital dalam dunia pendidikan di era 4.0 sangat urgent dan penting dilakukan untuk mengantarkan generasi milenial yang kompetitif, adaptif, dan unggul di masa yang akan datang. Hal ini sesuai upaya Indonesia menyambut revolusi industri 4.0 dimana semua aspek kehidupan tidak bisa lepas dari sentuhan teknologi (Siteki, 2020).

PEMBAHASAN

Era digital dalam revolusi industri 4.0, membawa dampak yang sangat signifikan dalam penyelenggaraan sistem pendidikan dunia menuju paradigma baru untuk mencerdaskan sumber daya manusia, terlebih lagi saat dunia dicekam dengan pandemik Covid-19. Pembatasan sosial yang tidak memungkinkan pembelajaran tatap muka (*luring*), memaksa semua sektor pendidikan harus diselenggarakan secara tatap maya (*daring*). Pendidikan berkelanjutan terus diupayakan sebagai tanggung jawab memajukan peradaban berpijak pada empat pilar pembelajaran yang direkomendasi UNESCO: *learn to know, learn to do, learn to be, and learn to live together* melalui *e-learning*, dalam menyongsong pembelajaran di era abad 21. *E-learning* adalah teknologi informasi dan komunikasi untuk

mengaktifkan pebelajar untuk belajar kapanpun dan dimanapun (Dahiya,2012). *E-learning* merupakan sistem pembelajaran yang memanfaatkan media elektronik sebagai alat untuk membantu kegiatan pembelajaran. (Daryanto, 2010). *E-learning* sebagai kegiatan belajar *asynchronous* melalui perangkat elektronik komputer yang memperoleh bahan belajar yang sesuai dengan kebutuhannya. *E-learning is a generic term for all technologically supported learning using an array of teaching and learning tools as phone bridging, audio and videotapes, teleconferencing, satellite transmissions, and the more recognized web-based training or computer aided instruction also commonly referred to as online courses* (Soekartawi, Haryono dan Libroero, 2002).

E-learning menekankan pada penggunaan teknologi internet untuk mengirimkan serangkaian solusi yang dapat meningkatkan pengetahuan dan keterampilan serta pemerolehan pengetahuan yang terjadi kapan saja, di mana saja, dan dalam kondisi apa saja sebagai bentuk pendidikan jarak jauh yang dilakukan melalui media internet. Berbagai istilah digunakan untuk mengemukakan pendapat/gagasan tentang pembelajaran elektronik, antara lain adalah: *online learning, internet-enabled learning, virtual learning, atau web-based learning*. Ada 3 (tiga) hal penting sebagai persyaratan kegiatan belajar elektronik (*e-learning*), yaitu: (a) kegiatan pembelajaran dilakukan melalui pemanfaatan jaringan (internet), (b) tersedianya dukungan layanan belajar yang dapat dimanfaatkan oleh peserta belajar, misalnya External, *harddisk, flashdisk, CD-ROM*, atau bahan cetak, dan (c) tersedianya dukungan layanan tutor yang dapat membantu peserta belajar apabila mengalami kesulitan.

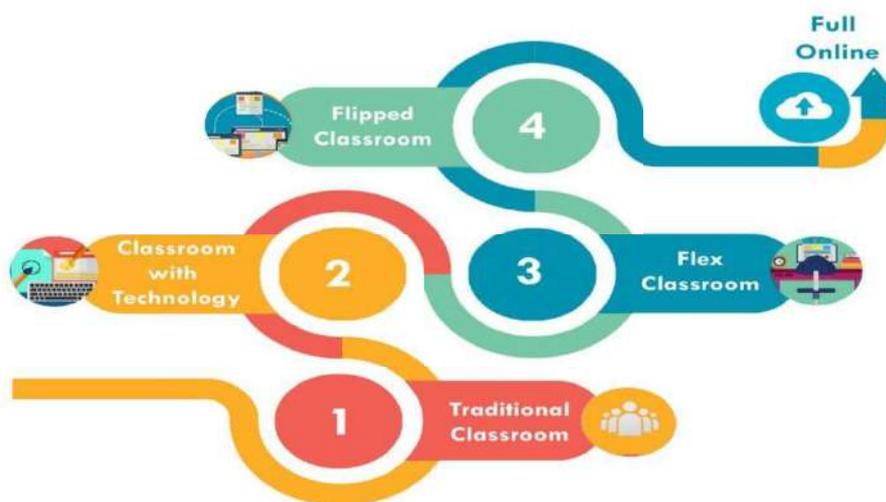


Gambar 3. Karakteristik Pembelajaran berbasis E-Learning
(Dadaptasi dari Paulina Panen. 2012)

E-learning diartikan sebagai suatu sistem pembelajaran yang menggunakan perangkat elektronik sebagai media pembelajarannya. Sistem *e-learning* diharapkan bukan sekedar menggantikan metode dan materi pengajaran konvensional tetapi dapat juga menambahkan metode maupun strategi baru dalam proses pembelajaran. E-learning memfasilitasi belajar bersifat *open, multipresented, personal, mobile, augmented, dan globalize network*. Dengan demikian, penerapan *e-learning* akan menjadi suplemen dan komplemen dalam menjadikan wakil pengajar yang mewakili sumber belajar yang penting di dunia. Sebagaimana Cisco (2001) menjelaskan filosofis *e-learning* bahwa (a) *e-learning* merupakan penyampaian informasi, komunikasi, pendidikan, pelatihan secara on-line; (b) *e-learning* menyediakan seperangkat alat yang dapat memperkaya nilai belajar secara konvensional (model belajar konvensional, kajian terhadap buku teks, CD-ROM, dan pelatihan berbasis komputer) sehingga dapat menjawab tantangan perkembangan globalisasi, (c) *e-learning* tidak berarti menggantikan model belajar konvensional di dalam kelas, tetapi memperkuat model belajar tersebut melalui pengayaan *content* dan pengembangan teknologi pendidikan, dan (d) *e-learning* menjadikan kapasitas pebelajar amat bervariasi tergantung pada bentuk isi dan cara penyampaiannya. Makin baik keselarasan antar konten dan alat penyampai dengan gaya belajar, maka akan lebih baik kapasitas pebelajar dalam belajar untuk memberi hasil belajar yang lebih baik.

Struktur perencanaan pembelajaran berbasis *e-learning* meliputi pentahapan (1) penyusunan silabus dan rencana pembelajaran semester (RPS), (2) pembuatan program mapping, (3) penyusunan konten dan memasukan ke

LMS (*Learning Management System*), (4) pelaksanaan pembelajaran, dan (5) evaluasi pembelajaran. Sebagai sebuah metode atau strategi baru dalam pembelajaran *e-learning* memiliki beberapa karakteristik, yaitu : (a) memanfaatkan jasa teknologi elektronik, dengan teknologi elektronik ini guru/dosen dan siswa/peserta didik dapat berkomunikasi relatif mudah tanpa dibatasi oleh ruang maupun waktu; (b) menggunakan bahan ajar bersifat mandiri (*self learning materials*), sehingga materi pembelajaran tersebut dapat diakses kapan saja, dimana saja; (c) Jadwal pembelajaran, kurikulum, hasil kemajuan belajar, dan hal-hal yang berkaitan dengan administrasi pendidikan dapat dilihat setiap saat di internet; (d) menggunakan jasa internet sebagai media utama. Internet memberikan sumber belajar dan strategi dalam proses pembelajaran di era digital. (Gartika R dan Rita R, 2013:45). Sebagai sebuah metode atau strategi baru dalam pembelajaran, *E-learning* dapat membawa suasana baru dalam ragam pengembangan pembelajaran. Pemanfaatan *e-learning* dengan baik dapat meningkatkan hasil pembelajaran dengan maksimal. *E-learning* dapat disesuaikan dengan pola, strategi, dan pengelolaan pembelajaran mulai dari *traditional classroom*, *classroom with technology*, *flex classroom*, *flipped classroom*, atau *full online*, seperti ditunjukkan Gambar 4. *E-learning* memiliki beberapa manfaat, yaitu : (a) pebelajar dapat mengakses pengetahuan setiap saat tak terbatas waktu dan tempat, (b) pebelajar dapat menjalin komunikasi melalui internet, (c) sehingga lebih banyak lagi pengetahuan yang dapat mereka peroleh, (d) pebelajar dapat belajar lebih mudah dan menyenangkan, (e) proses pembelajaran lebih interaktif dan inovatif.



Gambar 4. Pola Pengelolaan Pembelajaran berbasis E-Learning
(Dadaptasi dari Paulina Panen. 2012)

Penerapan pembelajaran melalui *e-learning*, merupakan suatu media baru yang dapat mengatasi sikap pasif peserta didik dan memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri. Belajar mandiri adalah suatu cara belajar yang dilakukan oleh pebelajar secara bebas menentukan tujuan belajarnya, merencanakan proses belajarnya, strategi belajarnya, menggunakan sumber-sumber belajar yang dipilihnya, membuat keputusan akademik, dan melakukan kegiatan-kegiatan untuk tercapainya tujuan belajar. Belajar mandiri membutuhkan motivasi, keuletan, keseriusan, kedisiplinan, tanggung jawab, kemauan dan keinginan tahanan untuk berkembang dan maju dalam pengetahuan (Marimis Yamin, 2011:107). Dengan demikian penerapan *e-learning* pada lembaga pendidikan terutama pada perguruan tinggi diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain: (1) adanya peningkatan interaksi peserta didik dengan sesamanya, dan dengan dosen; (2) tersedianya sumber pembelajaran yang tidak terbatas; (3) *e-learning* yang dikembangkan secara benar akan efektif dalam meningkatkan kualitas lulusan dan kualitas perguruan tinggi; (4) terbentuknya komunitas pembelajar yang saling berinteraksi, saling memberi dan menerima serta tidak terbatas dalam satu lokasi, dan (5) meningkatkan kualitas guru/dosen karena dimungkinkan menggali informasi secara lebih luas dan bahkan tidak terbatas.

Strategi penggunaan *e-learning* untuk menunjang pelaksanaan proses pembelajaran, diharapkan dapat meningkatkan daya serap dari peserta didik atas materi yang diajarkan; meningkatkan partisipasi aktif dari peserta

didik; meningkatkan kemampuan belajar mandiri peserta didik; meningkatkan kualitas materi pendidikan dan pelatihan, meningkatkan kemampuan menampilkan informasi dengan perangkat teknologi informasi, memperluas daya jangkau proses belajar mengajar dengan menggunakan internet, tidak terbatas pada ruang dan waktu. Menurut Koswara (2006) ada beberapa strategi pengajaran yang dapat diterapkan dengan menggunakan teknologi *e-learning* adalah (1) *learning by doing*, simulasi belajar dengan melakukan apa yang hendak dipelajari; contohnya adalah simulator penerbangan (*flight simulator*), dimana seorang calon penerbang dapat dilatih untuk melakukan penerbangan suatu pesawat tertentu; (2) *incidental learning*, mempelajari sesuatu secara tidak langsung. Tidak semua hal menarik untuk dipelajari, oleh karena itu dengan strategi ini seorang peserta didik dapat mempelajari sesuatu melalui hal lain yang lebih menarik, dan diharapkan informasi yang sebenarnya dapat diserap secara tidak langsung; (3) *learning by reflection*, mempelajari sesuatu dengan mengembangkan ide/gagasan tentang subyek yang hendak dipelajari. Peserta didik didorong untuk mengembangkan suatu ide/gagasan dengan cara memberikan informasi awal dan aplikasi akan “mendengarkan” dan memproses masukan ide/gagasan dari peserta didik untuk kemudian diberikan informasi lanjutan berdasarkan masukan dari pembelajar; (4) *case-based learning*, mempelajari sesuatu berdasarkan kasus-kasus yang telah terjadi mengenai subyek yang hendak dipelajari. Strategi ini tergantung kepada nara sumber ahli dan kasus-kasus yang dapat dikumpulkan tentang materi yang hendak dipelajari. Peserta didik dapat mempelajari suatu materi dengan cara menyerap informasi dari nara sumber ahli tentang kasus-kasus yang telah terjadi atas materi tersebut; (5) *learning by exploring*. Mempelajari sesuatu dengan cara melakukan eksplorasi terhadap subyek yang hendak dipelajari. Pembelajar didorong untuk memahami suatu materi dengan cara melakukan eksplorasi mandiri atas materi tersebut. Aplikasi harus menyediakan informasi yang cukup untuk mengakomodasi eksplorasi dari pembelajar. Mempelajari sesuatu dengan cara menetapkan suatu sasaran yang hendak dicapai (*goal-directed learning*). Peserta didik diposisikan sebagai seseorang yang harus mencapai tujuan/sasaran dan aplikasi menyediakan fasilitas yang diperlukan dalam melakukan hal tersebut. Peserta didik kemudian menyusun strategi mandiri untuk mencapai tujuan tersebut. Dengan diversifikasi sumber belajar yang kaya (*enrich learning resources*), dan lingkungan belajar yang luas (*enrich learning environment*), *e-learning* akan membentuk pembelajar berkarakter unggul di era revolusi industri 4.0.



Gambar 5. Pebelajar di Abad 21
(Dadaptasi dari Paulina Panen. 2012)

Platform aplikasi yang banyak digunakan dalam pengembangan *e-learning* adalah Moodle (*Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment*). Moodle merupakan sebuah aplikasi *Course Management System* (CMS) yang gratis dapat di-download, digunakan ataupun dimodifikasi oleh siapa saja dengan lisensi secara GNU (General Public License). Aplikasi Moodle sebagai *virtual learning environment* seiring kemajuan teknologi dan perubahan kecenderungan serta gaya hidup manusia yang cenderung bergerak secara dinamis (*mobile*), kebutuhan akan proses belajar jarak jauh atau yang biasa disebut dengan tele-edukasi semakin meningkat pula. *E-learning* sebagai salah satu bagian dari tele-edukasi memberikan alternatif cara belajar baru. Murid dan guru tidak berada dalam ruang dan waktu yang sama. Meskipun demikian, proses belajar dan mengajar tetap dapat berjalan dalam lingkungan virtual (*virtual learning environment* (VLE)). Oleh karena itu, *e-learning* sering disebut juga dengan Moodle adalah sebuah nama untuk sebuah program aplikasi yang dapat merubah sebuah media pembelajaran kedalam bentuk web. Aplikasi ini memungkinkan peserta didik masuk kedalam “ruang kelas” digital untuk mengakses materi materi pembelajaran. Beberapa keunggulan dan yang kita dapatkan dari membangun *e-learning* dengan menggunakan Moodle: (a) sederhana, efisien, ringan dan kompatibel dengan banyak browser; (b) mudah cara instalasinya serta mendukung

banyak bahasa, termasuk Indonesia, (c) tersedianya manajemen situs untuk pengaturan situs keseluruhan, mengubah theme, menambah module, dan sebagainya, (d) tersedianya manajemen penggunaan, (e) manajemen kursus, penambahan jenis kur sus, pengurangan, atau perubahan kursus, (f) modul chat, modul pemilihan (*polling*), modul forum, modul untuk jurnal, modul untuk kuis, modul untuk survai dan workshop, dan masih banyak lainnya, (g) *free* dan *open source software*. Ini sejalan dengan kebijakan pemerintah dengan IGOS-nya, moodle bersifat *free* dan *open source*.

Kelebihan *e-learning*, diantaranya: (1) dapat mempersingkat waktu pembelajaran dan membuat pembelajaran lebih ekonomis (dalam kasus tertentu); (2) *e-learning* mempermudah interaksi antara peserta didik dengan bahan/materi, peserta didik dengan guru maupun sesama peserta didik; (3) peserta didik dapat saling berbagi informasi dan dapat mengakses bahan-bahan belajar setiap saat dan berulang-ulang, dengan kondisi yang demikian itu peserta didik dapat lebih memantapkan penguasaannya terhadap materi pembelajaran, (4) dapat menyajikan variasi media, (5) Memperoleh informasi mutakhir (*up date*), (6) mudah dan cepat dalam mengakses; (6) komunikasi yang luwes, dengan biaya yang ringan. Meskipun *e-learning* bisa memberikan banyak kebutuhan, namun ada juga kekurangan dari proses pembelajaran memakai model ini sebab ada beberapa peralatan tambahan yang diperlukan seperti komputer, keyboard, mouse, monitor dan sebagainya. Selain itu, ada juga beberapa kekurangan *e-learning* lainnya, diantaranya: (1) untuk sekolah tertentu terutama yang berada di daerah, akan memerlukan investasi yang mahal untuk membangun *e-learning* ini, (2) siswa yang tidak mempunyai motivasi belajar yang tinggi cenderung gagal, (3) keterbatasan jumlah komputer yang dimiliki oleh sekolah akan menghambat pelaksanaan *e-learning*, (4) bagi orang yang gagap teknologi, sistem ini sulit untuk diterapkan, (5) materi tidak sesuai dengan umur pebelajar, (6) pemanfaatan hak cipta untuk tugas-tugas sekolah, (7) perkembangan yang tidak terprediksikan, (8) pengaksesan sumber belajar memerlukan sarana tambahan, (9) kecepatan mengakses yang tidak stabil, (10) kurangnya pengontrolan kualitas, (11) interaksi yang terjadi antara pengajar dan pelajar sangat kurang bahkan antar pelajar, (12) bisa mengabaikan aspek akademik dan aspek sosial atau bahkan aspek bisnis atau komersial yang semakin tumbuh, (13) dalam proses belajar mengajar lebih ke arah pelatihan dibandingkan pendidikan, (14) peran pengajar berubah dari yang sebelumnya menguasai teknik pembelajaran konvensional menjadi harus mengetahui berbagai teknik belajar memakai ICT atau *Information, Communication* serta *Technology*, (15) fasilitas internet tidak selalu terdapat di semua area, (16) masih kurangnya sumber daya manusia yang mengerti akan internet, (17) masih kurangnya penguasaan di dalam bahasa computer, (18) akses komputer bisa juga menjadi masalah tersendiri bagi para pelajar. (19) peserta didik bisa saja mengalami frustrasi jika tidak bisa mengakses gambar, grafik dan video akibat peralatan seperti *software* dan *hardware* yang tidak memadai, (20) peserta didik nantinya bisa merasa terisolasi.

SIMPULAN

Pada era digital ini, Ilmu Pengetahuan dan Teknologi berkembang begitu pesat. Perkembangan ini memiliki dampak semakin luas dan terbuka ke seluruh dunia menembus batas jarak, tempat, ruang dan waktu. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, dan situasi merebaknya pandemi Covid-19, kebutuhan suatu konsep dan mekanisme belajar mengajar (pendidikan) berbasis *e-learning* untuk proses transformasi pendidikan konvensional ke dalam bentuk digital, baik secara isi (*contents*) dan sistemnya, menjadi tidak terelakkan lagi. *E-learning* merupakan inovasi yang dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran, tidak hanya dalam penyampaian materi pembelajaran tetapi juga perubahan dalam kemampuan berbagai kompetensi peserta didik. Pembelajaran digital sebagai salah satu alternatif dalam dunia pendidikan yang dapat memberikan layanan dan sumber pembelajaran yang mudah dan cepat diakses. Pembelajaran digital dikembangkan menuju pada terwujudnya sistem pendidikan terpadu yang dapat membangun konektivitas antar komponen yang ada dalam pendidikan sehingga pendidikan menjadi lebih dinamis dan fleksibel bergerak dalam mengadakan komunikasi guna memperoleh dan meraih peluang-peluang yang ada untuk pengembangan pendidikan. *E-learning* memfasilitasi belajar bersifat *open, multipresented, personal, mobile, augmented*, dan *globalize network*. Melalui *e-learning*, peserta didik tidak hanya mendengarkan uraian materi dari pendidik saja, tetapi juga aktif mengamati, melakukan, mendemonstrasikan, menginternalisasi, dan mengabstraksi sebagai proses konstruksi kompetensi pada dirinya secara utuh dan bermakna. Materi ajar, sumber belajar, dan manajemen belajar yang bersifat *OER (Open Educational Resources)* dalam *e-learning*, dapat divirtualisasikan dalam berbagai format digital agar lebih menarik dan dinamis, sehingga mampu memotivasi peserta didik untuk terlibat lebih jauh dalam proses pembelajaran.

REFERENSI

- Anwar. 2017. Pendidikan kecakapan Hidup (Live Skills Education). Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Budi Harsanto. 2017. *Inovasi Pembelajaran di Era Digital: Menggunakan Google Sites dan Media Sosial*, Bandung: UNPAD Press.
- Dahiya, S., Jaggi, S., Chaturvedi, K.K., Bhardwaj, A., Goyal, R.C. and Varghese, C.. 2016. *An eLearning System for Agricultural Education. Indian Research Journal of Extension Education*, 12(3), pp.132-135.
- Daryanto, *Media Pembelajaran*, Yogyakarta: Gaya media, 2010
- Gartika Rahmasari dan Rita Rismiati. 2013. *E-learning Pembelajaran Jarak Jauh di SMA*. Bandung: Penerbit Yrama Widya.
- J. Loonam, S. E. 2018. *Towards digital transformation: Lessons learned from Strategy Chang*, 101-109
- Paulina Panen. 2012. *Pemanfaatan Teknologi Dalam Pembelajaran Di Era Revolusi Industri 4.0*.
[https://poltekkesbanten.ac.id > uploads > 2019/02](https://poltekkesbanten.ac.id/uploads/2019/02). Diakses pada 25 oktober 2021.
- Sukiman,. 2021. *Pengembangan Media Pembelajaran*, Yogyakarta: Pedagogia
- Wiwin Hartanto. 2016. *Jurnal: Penggunaan E-learning Sebagai Media Pembelajaran*.