

P-ISSN 2654-4105

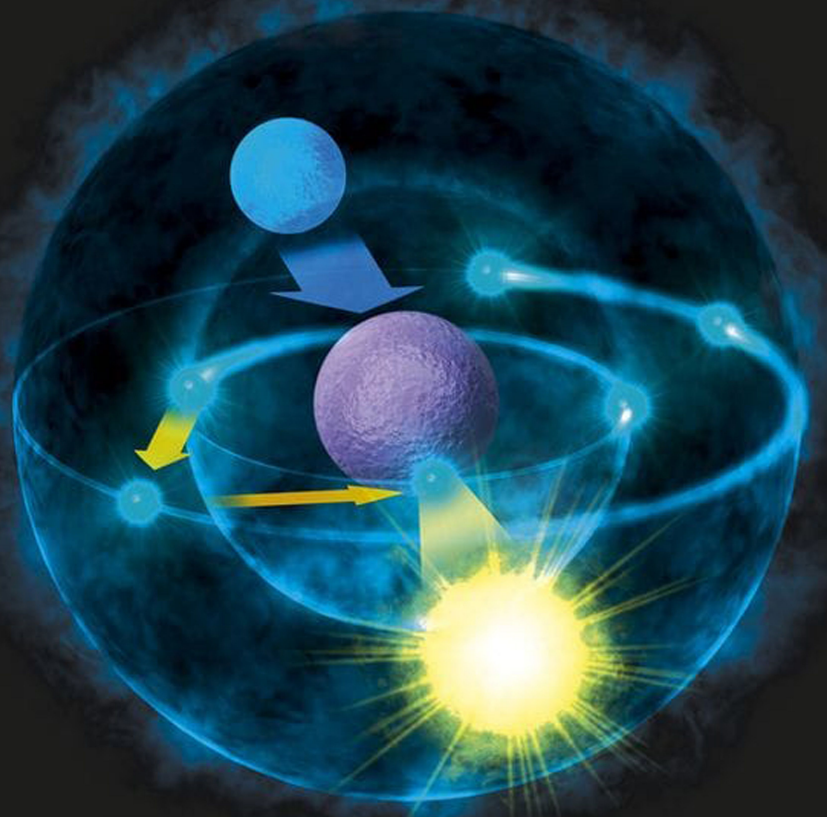
E-ISSN 2685-9483



SILAMPARI JURNAL

PENDIDIKAN ILMU FISIKA

Volume 5 Nomor 1 Juni 2023



Cemerlang
CERDAS MELANGKAH RAIH MASA DEPAN GEMILANG

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PGRI SILAMPARI

SJPIF

Lembaga Penelitian dan Pengabdian
kepada Masyarakat (LPPM)

Alamat Redaksi :
Jl. Mayor Toha Kel. Air Kuti
Kec. Lubuklinggau Timur I
Kota Lubuklinggau Sumatera Selatan



SILAMPARI JURNAL PENDIDIKAN ILMU FISIKA

Published by LPPM Universitas PGRI Silampari, Lubuklinggau City, Indonesia

Printed ISSN 2654-4105

E-ISSN 2685-9483

EDITORIAL TEAM

Editor of Chief : **Tri Ariani**, Universitas PGRI Silampari, Indonesia

Editor : **Wahyu Arini**, Universitas PGRI Silampari, Indonesia

Layout Editor : **Ahmad Amin**, Universitas PGRI Silampari, Indonesia

Administration : **Yaspin Yolanda**, Universitas PGRI Silampari, Indonesia

Reviewers

1. **Rosane Merdianti**, Universitas Bengkulu, Indonesia
2. **Pujianto**, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
3. **Sulistiyono**, STKIP PGRI Lubuklinggau, Indonesia
4. **Siti Sarah**, Universitas Sains Al-Quran, Indonesia
5. **Dwi Agus Kurniawan**, Universitas Jambi
6. **Daimul Hasanah**, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa (*UST*)
7. **Adi Pramuda**, IKIP PGRI Pontianak
8. **Eko Nursulistiyono**, Universitas Ahmad Dahlan (*UAD*)
9. **Andik Purwanto**, Universitas Bengkulu
10. **Muchammad Farid**, Universitas Bengkulu
11. **Nirwana**, Universitas Bengkulu

EDITORIAL OFFICE

Program Studi Pendidikan Fisika Universitas PGRI Silampari, Mayor Toha Street, Lubuklinggau City, South Sumatera, Indonesia, zip Code: 31628.



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
TIM REDAKSI	ii
DAFTAR ISI	iii

Pengaruh Penggunaan Learning Management System Terhadap Efektivitas Pembelajaran Mahasiswa Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Papua

Engelbertus William Archian Nuhayanan, Sri Wahyu Widyaningsih, Kaleb A. Yenusi & Irfan Yusuf..... 1-13

Pilot Study: Pemanas Untuk *Thermal Cyclor*

Nugroho Budi Wicaksono, Sukma Meganova Effendi & Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami 14-23

Studi Awal Teknik Perekaman Citra Pada Perangkat Medis untuk Efisiensi Distribusi Citra Medis

Bernardinus Sri Widodo, Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami 24-33

Reka Cipta Mesin Sortir Warna Benda Menggunakan Kamera Pixy2 Cmucam5

Sukma Meganova Effendi, Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami, & Nugroho Budi Wicaksono..... 34-47

Rancang Bangun Alat Parut Modifikasi Sebagai Teknologi Tepat Guna

Ovilia Putri Utami Gumay, Reno Ali Afan 48-61

Desain Physics Brain: Aplikasi Pembelajaran Kinematika Gerak untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Literasi Sains Siswa SMA

Annisa Khoirul Hidayati, Najla Adristi Listyowati, & Bayu Setiaji 62-75

Pemanfaatan Tangki Riak Untuk Mengukur Kecepatan Rambat Gelombang Permukaan Air

Taj Rosyidah, Eka Cahya Prima, Riandi 76-87

Analisis Metakognitif Dalam Memecahkan Masalah Pada Materi Hukum Termodinamika Kelas XI SMAN 1 Tambang

Catharine Miranda, Muhammad Nasir, M.Rahmad..... 88-102



Sebaran Salinitas Pada Saat Iod Positif Kuat Pada Tahun 2019 Di Perairan Provinsi Bengkulu

Septi Johan, Supiyati, Suwarsono..... 103-109

Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif *Power Point* Berbasis *Problem Based Learning* Pada Materi Suhu Dan Kalor

Puspita Prima Tri Handayani 110-119

PENGARUH PENGGUNAAN *LEARNING MANAGEMENT SYSTEM* TERHADAP EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN MAHASISWA FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS PAPUA

Engelbertus William Archian Nuhayanan¹, Sri Wahyu Widyaningsih², Kaleb A. Yenusi³, dan Irfan Yusuf⁴

Author Address; valakkeselek@gmail.com

^{1,2,3,4}Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Papua Jln. Gunung Meja, Amban, Manokwari, Provinsi Papua Barat

Received: 05 Oktober 2022

Revised: 15 Oktober 2022

Accepted: 5 Januari 2023

Abstract: This study aims to determine the effect of convenience, usefulness, and service quality on the desire of FKIP UNIPA students to use LMS, and to determine the effect of the desire to use LMS on the learning effectiveness of FKIP UNIPA students. The research method used is the method of causality (cause and effect) in which the questionnaire is the research instrument. The sampling technique is using purposive sampling with a sample of 140 students. The research instrument is using a questionnaire, with data collection techniques through Google Forms and distributed using WhatsApp. This study uses data analysis techniques, namely using *t* test using a linear regression model. The results of the analysis there are 2 models which can be seen in model I the significance value of the variable (X1) is 0.257, it can be said that this variable has no effect on (Z) because it is greater than 0.05, the variable (X2) is less than 0.001 it can be said that the variable this has an effect on (Z) because it is smaller than 0.05, and the variable (X3) is worth less than 0.001 it can be said that this variable has an influence on (Z) because it is smaller than 0.05, In model II it can be seen the significance value on the variable (Z) is less than 0.001 it can be said that this variable has an influence on (Y) because it is smaller than 0.05. This shows that in model I, in terms of usability and service quality, it can affect the desire to use LMS, while in terms of convenience it has no effect on the use of LMS, and for model II, it can be said that the desire to use LMS significantly affects learning effectiveness.

Key words: effectiveness, usefulness, convenience, service quality, LMS

Abstrak: Riset ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemudahan, kemanfaatan, dan kualitas layanan terhadap keinginan mahasiswa FKIP UNIPA dalam menggunakan LMS, serta mengetahui pengaruh keinginan untuk menggunakan LMS terhadap efektivitas pembelajaran mahasiswa FKIP UNIPA. Metode riset yang digunakan yaitu metode hubungan kasualitas (sebab-akibat). Teknik sampel yaitu menggunakan Purposive Sampling dengan sampel 140 mahasiswa. Instrumen riset ini adalah menggunakan angket, dengan teknik pengumpulan data melalui Google Form dan disebarakan menggunakan WhatsApp. Riset ini menggunakan teknik analisis data yaitu menggunakan uji *t* dengan menggunakan model regresi linear. Hasil analisis terdapat 2 model yaitu terlihat pada model I nilai signifikansi pada variabel (X1) sebesar 0,257 dapat dikatakan variabel ini tidak memiliki pengaruh terhadap (Z) dikarenakan lebih besar dari 0,05, pada variabel (X2) bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini memiliki pengaruh terhadap (Z) dikarenakan lebih kecil dari 0,05, dan pada variabel (X3) bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini memiliki pengaruh terhadap (Z) dikarenakan lebih kecil dari 0,05, Pada model II dapat terlihat nilai signifikansi pada variabel (Z) bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini memiliki pengaruh terhadap (Y) dikarenakan lebih kecil dari 0,05. Hal ini menunjukkan pada model I dari segi kemanfaatan dan kualitas layanan berpengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS, sedangkan dari segi kemudahan tidak memiliki pengaruh terhadap penggunaan LMS. Pada model II diperoleh bahwa keinginan menggunakan LMS berpengaruh secara signifikan terhadap efektivitas pembelajaran.

Kata kunci: Efektifitas, Kemanfaatan, Kemudahan, Kualitas Layanan, dan LMS

PENDAHULUAN

Masa pandemi yang melanda dunia termasuk Indonesia, memberikan dampak yang cukup besar terhadap terjadinya krisis di berbagai bidang. Salah satunya bidang pendidikan dimana peserta didik tidak lagi melakukan pembelajaran secara langsung melainkan melakukan pembelajaran secara *virtual* melalui aplikasi *video conference* antara lain melalui aplikasi *zoom meeting*, *google meet*, atau *webex*. Pembelajaran *virtual* atau sering disebut pembelajaran secara jarak jauh, sejalan dengan undang-undang perguruan tinggi Nomor 12 Tahun 2012, Pasal 31 tentang Pendidikan Jarak Jauh (PJJ) yaitu proses pembelajaran dilakukan secara jarak jauh melalui berbagai media komunikasi. Salah satu daerah yang terkena pandemi ini yakni Kabupaten Manokwari, Papua Barat. Kabupaten Manokwari sebagai pusat pendidikan di wilayah Papua Barat, akibat pandemi ini pembelajaran secara online membuat semangat belajar baik peserta didik di sekolah misalnya di SMAN Katholik Villanova Manokwari, mengalami penurunan yaitu presentase kehadiran yang awalnya 100%-80% menjadi 70%-50%. Hal ini tidak sejalan dengan tujuan dari pembelajaran secara online yang mana bertujuan meningkatkan kualitas peserta didik serta menumbuhkan inisiatif dan indenpendensi peserta didik untuk menjawab tantangan di masa depan (Darojat, 2016).

Kabupaten Manokwari sendiri memiliki salah satu universitas negeri yakni Universitas Papua. Universitas Papua atau yang sering disebut UNIPA merupakan suatu instansi pendidikan tinggi yang menghasilkan lulusan calon guru. UNIPA dalam menghadapi pandemi memberikan tanggung jawab sepenuhnya pada setiap fakultasnya untuk mengatur metode pembelajaran yang hendak dilakukan. Oleh karena itu dalam proses pembelajaran di setiap fakultas memiliki perbedaan, hal ini membuat aplikasi pembelajaran online yang digunakan beragam seperti media *google classroom*, *moodle*, *google meet*, dan *zoom* yang mana membuat proses perkuliahan terasa mudah serta jarak yang jauh bukan lagi kendala dalam pembelajaran. Salah satu fakultas yang menerapkan pembelajaran melalui media *moodle* dalam bentuk *e-learning* yakni Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan atau biasa disebut FKIP merupakan salah satu fakultas di UNIPA yang menerapkan pembelajaran secara *e-learning* berbasis *web* yakni *Learning Management System* (LMS), hal ini menunjukkan *e-learning* dalam dunia pendidikan akan terus mengalami perkembangan dari masa ke masa yang nantinya akan menjadi sistem pembelajaran utama dalam proses pembelajaran (Zyainuri & Marpanaji, 2013). Pembelajaran konvensional tidak terfokus pada pembelajaran berbasis

teknologi informasi, maka *e-learning* lebih terfokus pada pembelajaran berbasis teknologi informasi.

E-learning menurut ahli media pembelajaran merupakan aplikasi internet yang dapat menghubungkan antara pendidik dan peserta didik dalam sebuah ruang belajar online (Darmawan, 2014). *E-learning* adalah suatu proses kegiatan belajar maupun mengajar dalam bentuk sistem aplikasi teknologi informasi yang diaplikasikan di dunia pendidikan secara *virtual learning* (Yazdi, 2012). *E-learning* merupakan suatu jenis belajar mengajar yang memungkinkan tersampainya bahan ajar ke peserta didik dengan menggunakan media internet, intranet atau media komputer lain (I Yusuf & Widyaningsih, 2020). Dari berbagai pendapat *e-learning* merupakan suatu sistem yang dikembangkan dalam kegiatan belajar mengajar yang memungkinkan peserta didik dan pendidik dapat terhubung tanpa harus bertatap muka secara langsung dengan menggunakan media yang telah terhubung internet yang mana diharapkan dapat meningkatkan mutu dalam pembelajaran (Afrianti, 2018; Cech & Bures, 2004). *E-learning* dalam proses pengembangannya telah menyediakan salah satu sistem berbasis web yakni *Learning Management System* atau biasa dikenal dengan LMS.

LMS merupakan aplikasi berbasis web yang dapat memanejemen, mengotomatisasi, dan memvirtualisasi proses belajar mengajar yang dilakukan secara online atau biasa disebut pembelajaran jarak jauh. LMS menggabungkan semua elemen yang berkaitan dengan sistem belajar seperti mahasiswa dengan dosen maupun sebaliknya, dengan kata lain LMS juga merupakan sarana komunikasi atau penghubung secara jarak jauh. LMS sendiri merupakan sistem *e-learning* yang dibuat oleh operator-operator luar negeri yakni *moodle* dan *claroline*, sangat disayangkan dari sekian banyak programmer di Indonesia masih belum bisa mengembangkan LMS. FKIP UNIPA melihat bahwa LMS dapat menjadi salah satu media pembelajaran yang baik digunakan. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Sudiana, 2016) bahwa pembelajaran melalui penggunaan LMS sangat efektif dan mahasiswa jurusan Pendidikan Matematika FKIP UNTIRTA dalam pembelajaran.

Desain yang ditampilkan LMS sudah tidak asing lagi bagi mahasiswa FKIP UNIPA karena kurang lebih setahun telah menggunakan LMS, sehingga diharapkan mahasiswa dalam penggunaan LMS tidak lagi mengalami kesulitan. Desain LMS yang digunakan beberapa kali mengalami pengembangan. Hal ini membuat para mahasiswa memerlukan waktu lagi untuk beradaptasi dalam menggunakan LMS.

LMS diharapkan dalam penerapannya dapat mempermudah dan mampu meningkatkan mutu pembelajaran serta mendukung kegiatan belajar mengajar di FKIP UNIPA. LMS

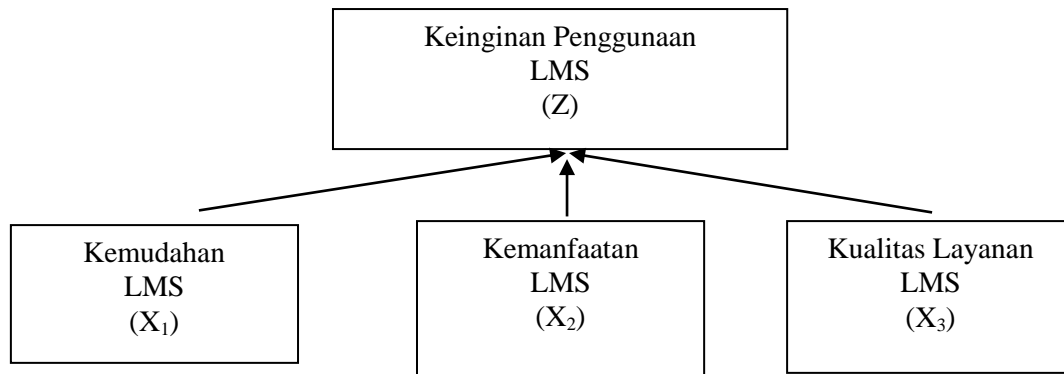
memungkinkan dosen mengolah kelas, bertukar informasi dengan mahasiswa, serta melakukan proses pembelajaran dengan baik (Irfan Yusuf, Widyaningsih, Prasetyo, & Istiyono, 2020). Selain itu, mahasiswa dapat mengakses berbagai bahan pembelajaran yang tersedia misalnya berupa video-video pembelajaran, animasi dan simulasi, serta evaluasi pembelajaran dalam satu semester. Dosen dapat mendorong mahasiswa agar lebih bersungguh-sungguh dalam pembelajaran secara virtual melalui pembelajaran online tersebut. Namun dalam kenyataannya, terkait dengan kemudahan, kemanfaatan, dan desain atau kualitas layanan yang diberikan oleh LMS tidak dapat dirasakan oleh semua penggunanya akibat lemahnya koneksi jaringan internet yang ada khususnya di Papua Barat. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap hasil belajar mahasiswa. Namun, hal ini berbanding terbalik dengan IPS rata-rata mahasiswa pendidikan fisika Angkatan 2017 yang mana mengalami peningkatan, sebelum diberlakukannya LMS pada semester Ganjil 2019/2020 IPS rata-ratanya 2,97 setelah diberlakukannya LMS pada semester Genap 2019/2020 IPS rata-ratanya mencapai 3,58. Sehingga diartikan bahwa faktor penggunaan LMS tidak mengurangi efektifitas pembelajaran. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian terukur terkait dengan pengaruh penggunaan *Learning Management System* terhadap efektivitas pembelajaran mahasiswa Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Papua.

METODE PENELITIAN

Jenis riset ini bersifat pengujian hipotesis dengan metode kasualitas (sebab-akibat) dan deskriptif kuantitatif. Riset ini menjelaskan hubungan antara kemudahan, kemanfaatan, dan kualitas layanan terhadap keinginan pengguna terhadap efektifitas pembelajaran. Analisis data dilakukan secara kuantitatif. Riset kuantitatif merupakan teknik yang berdasarkan filsafat positivisme, digunakan untuk menguji populasi atau sampel secara random (Sugiyono, 2017).

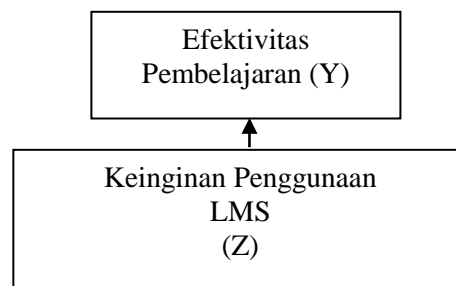
Pengambilan sampel dilakukan melalui teknik *nonprobability sampling design* dengan menggunakan *purposive sampling*. Adapun kriteria dalam pemilihan sampel yaitu mahasiswa FKIP UNIPA angkatan 2015-2021 yang berstatus aktif dan menggunakan LMS. Kriteria lainnya yaitu mahasiswa yang telah menggunakan LMS lebih dari 1 semester dan sudah melakukan pelatihan penggunaan LMS dalam pembelajaran yaitu sebanyak 140 orang.

Pengujian hipotesis dilakukan melalui dua model yaitu pada model I, menguji pengaruh kemudahan, kemanfaatan, kualitas layanan LMS terhadap keinginan menggunakan LMS yang mana membentuk sebuah hubungan sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan pada model i

Pada model II, menguji pengaruh keinginan penggunaan LMS terhadap efektivitas pembelajaran. Model ini menunjukkan pengaruh langsung yang diberikan variabel kemudahan, kemanfaatan, dan kualitas layanan melalui variabel perantara yakni keinginan penggunaan LMS terhadap efektivitas pembelajaran. Hubungan yang terjadi pada model II dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan pada model ii

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data yaitu berupa angket dengan menggunakan teknik pengumpulan data melalui Google Form dan disebarakan menggunakan WhatsApp. Angket yang diberikan menggunakan skala Likert sebagai kriteria penilaian setiap pernyataan dari skala 1 (sangat tidak setuju), 2 (tidak setuju), 3 (setuju), 4 (sangat setuju).

Analisis data juga dilakukan berdasarkan hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi, menggunakan cara mengorganisasikan data kepada kategori, menjabarkan ke pada unit-unit, melakukan sintesis, menyusun ke pada pola pilihan yg mana krusial dan yang akan dipelajari, dan menciptakan konklusi sebagai akibatnya gampang dipahami oleh diri sendiri dan juga orang lain (Sugiyono, 2017). Riset ini menggunakan teknik analisis *Product Moment* dalam menilai validasi eksternal sedangkan dalam menilai validasi internal terdapat 3 validator ahli yang memvalidasi angket dan dihitung menggunakan CVI dan CVR, yang mana setelah dinyatakan valid dari segi internal dan eksternal maka dilakukan uji reliabilitas.

Uji reliabilitas digunakan untuk melihat apakah data yang diperoleh kredibel oleh karena itu dapat diartikan bahwa data dikatakan reliabel jika setiap responden memiliki respon yang sama, dalam mengetahui nilai reliabilitas menggunakan rumus Alph's Cronbach (Lawshe & Steinberg, 1955). Sebelum melakukan pengujian hipotesis terhadap dua model, maka dilakukan uji asumsi klasik yang mana terdiri dari uji normalitas menggunakan rumus one sample kolmogorov-smirnov, uji multikolinearitas menggunakan rumus VIF dan nilai tolerance, dan Uji heteroskedastisitas menggunakan grafik scatterplot. Setelah didapatkan semua nilai dari setiap uji pada uji asumsi klasik maka peneliti melakukan pengujian hipotesis. Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan uji regresi linear berganda, yang mana uji ini dapat digunakan jika memiliki variabel lebih dari 2 variabel. Keseluruhan penyajian data dalam penelitian ini dibuat di dalam Microsoft Excel lalu akan dianalisis menggunakan SPSS untuk mencari validasi angket, reliabilitas instrumen, normalitas, multikolinearitas, heteroskedastisitas, regresi linear berganda, dan uji t.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Papua yang beralamat di Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat pada tanggal 17-24 Januari 2022. Responden yang terlibat dalam penelitian ini yaitu sebanyak 140 orang mahasiswa FKIP UNIPA yang terdiri dari angkatan 2015-2021. Terdapat 48 pernyataan dari 5 angket yang berbeda dan telah divalidasi secara eksternal oleh 3 validator.

Setelah divalidasi kelima angket ini diuji validasi lagi secara internal oleh responden. Validasi internal pada penelitian ini menggunakan product moment yang mana didapatkan 42 pernyataan yang layak untuk digunakan dan 6 pernyataan yang tidak layak untuk digunakan, 6 pernyataan ini terdiri dari pernyataan nomor 6, 8, 18, 20, 38, dan 48 sehingga peneliti mengeliminasi 6 pernyataan yang tidak layak. Validasi internal yang dilakukan menghasilkan 42 pernyataan yang baik digunakan dalam penelitian ini. Setelah didapatkan 42 pernyataan yang telah valid maka didapatkan hasil uji reliabilitas yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil reliabilitas

Data	N	<i>Cronbach's Alpha</i>	Keterangan
Kemudahan LMS	5	0,70	Reliabel
Kemanfaatan LMS	10	0,83	Reliabel
Kualitas Layanan LMS	5	0,80	Reliabel
Keinginan Menggunakan LMS	12	0,88	Reliabel
Efektivitas Pembelajaran	10	0,88	Reliabel

Tabel 1 menunjukkan bahwa reabilitas dari setiap angket kredibel dan responden layak sebagai sampel percobaan dikarenakan memiliki respon yang relatif konsisten dikarenakan nilai Alph's Cronbach setiap angketnya lebih besar dari 0,6. Sebelum melakukan pengujian hipotesis linear berganda untuk mengetahui kedua model yang telah ditetapkan dalam penelitian ini maka dilakukan uji asumsi klasik yang mana merupakan persyaratan agar dapat melakukan regresi linear berganda.

1. Uji Asumsi Klasik

Uji ini dilakukan jika suatu penelitian menggunakan regresi linear berganda sebagai uji hipotesisnya. Uji asumsi klasik pada penelitian ini terdapat tiga cara yakni:

a. Uji Normalitas

Uji Normalitas digunakan untuk mengetahui apakah persebaran data terdistribusi secara normal. Pengujian normalitas menggunakan rumus *one sample Kolmogorov-Smirnov*. Hasil dari uji ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Uji normalitas

	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>	
	<i>Statistic</i>	<i>Sig.</i>
<i>Unstandardized Residual</i>	0,070	0,200

Terlihat pada tabel 2 yaitu nilai signifikansinya yang didapatkan 0,200 yang mana melebihi 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data yang tersebut terdistribusi secara normal.

b. Uji Multikolinearitas

Uji Multikolinearitas digunakan untuk mengetahui apakah setiap variabel yang telah ditentukan saling berhubungan. Pengujian multikolinearitas dapat diketahui hubungannya dengan melihat nilai VIF dan Tolerance. Hasil dari uji ini dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Multikolinearitas

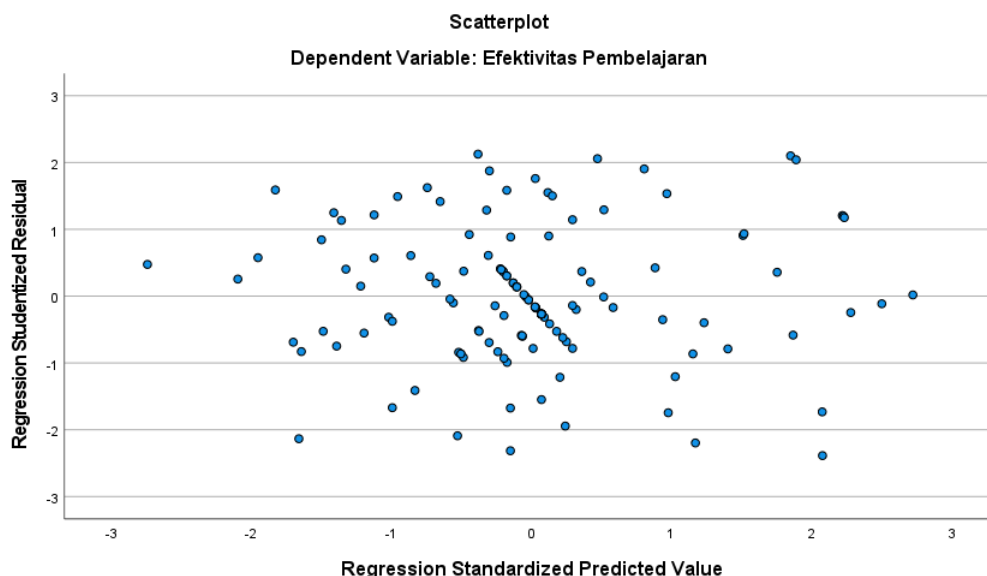
	<i>Model</i>	<i>Collinearity Statistics</i>	
		<i>Tolerance</i>	<i>VIF</i>
1	Kemudahan LMS	0,430	2,326
	Kemanfaatan LMS	0,323	3,100
	Kualitas Layanan LMS	0,400	2,502
	Keinginan Menggunakan LMS	0,303	3,300

Pada nilai tolerance menerangkan besarnya tingkat kesalahan yang dibenarkan secara statistik dengan ketentuan yaitu nilai tolerance di atas 0,01 maka tidak terdapat masalah multikolinearitas, sehingga jika dilihat pada tabel 3 maka setiap variabel pada penelitian ini tidak memiliki masalah multikolinearitas.

Pada nilai VIF menerangkan besar penyimpangan yang dilakukan suatu variabel dependen terhadap variabel terikat dengan ketentuan sebagai berikut VIF Kurang dari 10 maka tidak terdapat masalah multikolinearitas, sehingga jika dilihat pada tabel 3 dapat diartikan bahwa setiap variabel pada penelitian ini tidak memiliki masalah multikolinearitas.

c. Heteroskedastisitas

Uji Heteroskedastisitas dilakukan untuk mengetahui model regresi menunjukkan setiap varian dalam penelitian tidak memiliki kesamaan. Hasil uji ini dapat dilihat dari gambar 3.



Gambar 3. Grafik *scatterplot*

Terlihat pada gambar 3 bahwa setiap varian memiliki kesamaan, hal ini dikarenakan persebaran varian yang terlihat pada gambar tidak jelas yang mana varian menyebar di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu y.

2. Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis pada penelitian ini membentuk 2 model yakni untuk menguji apakah ada pengaruh kemudahan LMS terhadap keinginan menggunakan LMS, kemanfaatan LMS terhadap keinginan menggunakan LMS, dan untuk menguji apakah ada pengaruh keinginan menggunakan LMS terhadap efektivitas pembelajaran.

a. Model I

Model I dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh yang signifikan kemudahan LMS terhadap keinginan menggunakan LMS, kemanfaatan LMS terhadap keinginan menggunakan LMS, dan kualitas layanan LMS terhadap keinginan menggunakan LMS. Untuk mengetahui apakah ada pengaruh dalam model ini maka digunakan uji t, yang mana dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Uji t model i

<i>Model</i>	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>T</i>	<i>Sig.</i>
	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
<i>(Constant)</i>	5,158	1,845		2,795	0,006
Kemudahan LMS	0,181	0,159	0,084	1,138	.257
Kemanfaatan LMS	0,530	0,081	0,487	6,544	<,001
Kualitas Layanan LMS	0,794	0,158	0,354	5,012	<,001

Setelah didapatkan data uji t menunjukkan bahwa signifikansi pada variabel kemudahan LMS sebesar 0,257 dapat dikatakan variabel ini tidak menunjukkan pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS dikarenakan lebih besar dari 0,05 dan didapatkan t hitung lebih kecil daripada t tabel, karena kemudahan LMS tidak memiliki pengaruh maka tidak memiliki pengaruh pada regresi linear ini maka keinginan menggunakan LMS tidak akan mengalami apapun. Pada variabel kemanfaatan LMS bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini menunjukkan pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS dikarenakan lebih besar dari 0,05 dan didapatkan t hitung lebih besar daripada t tabel, karena adanya pengaruh pada regresi linear ini maka keinginan menggunakan akan mengalami penurunan jika tidak ada kemanfaatan. Pada variabel kualitas layanan LMS bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini menunjukkan pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS dikarenakan lebih besar dari 0,05 dan didapatkan t hitung lebih besar daripada t tabel, maka didapatkan persamaan model regresi sebagai berikut:

$$Z = 5,158 + 0,084X_1 + 0,487X_2 + 0,354X_3$$

Dari persamaan model regresi menunjukkan nilai konstanta yang bernilai 5,158, menandakan bahwa keinginan menggunakan LMS akan bernilai 5,158 jika kemudahan LMS, kemanfaatan LMS, dan kualitas layanan LMS sama dengan nol. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Terlihat pada nilai koefisien regresi pada variabel kemudahan LMS memiliki nilai yang bersifat positif sebesar 0,084. Hal ini menunjukkan jika kemudahan LMS mengalami kenaikan 1% dengan dugaan jika variabel kemanfaatan LMS dan kualitas layanan LMS dianggap konstan maka keinginan menggunakan LMS akan mengalami kenaikan nilai sebesar 0,084.
- 2) Terlihat pada nilai koefisien regresi pada variabel kemanfaatan LMS memiliki nilai yang bersifat positif sebesar 0,487. Hal ini menunjukkan jika kemanfaatan LMS mengalami kenaikan 1% dengan dugaan jika variabel kemudahan LMS dan kualitas

layanan LMS dianggap konstan maka keinginan menggunakan LMS akan mengalami kenaikan nilai sebesar 0,487.

- 3) Terlihat pada nilai koefisien regresi pada variabel kualitas layanan LMS memiliki nilai yang bersifat positif sebesar 0,354. Hal ini menunjukkan jika kualitas layanan LMS mengalami kenaikan 1% dengan dugaan jika variabel kemudahan LMS dan kemanfaatan LMS dianggap konstan maka keinginan menggunakan akan mengalami kenaikan nilai sebesar 0,354.

b. Model II

Model II menunjukkan apakah ada pengaruh keinginan menggunakan LMS terhadap efektivitas pembelajaran. Model ini juga akan menunjukkan pengaruh langsung yang diberikan kemudahan LMS, kemanfaatan LMS, dan kualitas layanan LMS terhadap efektivitas pembelajaran melalui keinginan menggunakan LMS yang mana telah ditunjukkan pada model I. Untuk mengetahui pengaruhnya maka diperlukan uji t, yang mana dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel. 5 Uji t model ii

	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>T</i>	<i>Sig.</i>
	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
(Constant)	0,528	1,221		0,432	0,667
Keinginan menggunakan LMS	0,832	0,034	0,907	24,432	<,001

Data hasil uji t pada model ini dapat dilihat pada tabel 5 yang mana terlihat nilai signifikansi pada variabel keinginan penggunaan LMS bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini menunjukkan pengaruh terhadap efektifitas pembelajaran dikarenakan lebih besar dari 0,05 dan didapatkan t hitung lebih besar daripada t tabel, maka didapatkan persamaan model sebagai berikut.

$$Y = 0,528 + (0,832)Z$$

Pada persamaan tersebut menunjukkan bahwa nilai konstanta yang bernilai 0,528, menandakan bahwa efektivitas pembelajaran akan bernilai 0,528 jika keinginan menggunakan LMS sama dengan nol. Hal ini dapat dijelaskan bahwa karena adanya pengaruh pada regresi linear ini maka efektivitas pembelajaran akan menurun sebesar 0,832 jika tidak ada keinginan menggunakan LMS.

Bedasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan terhadap 140 mahasiswa Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan sebagai responden maka dapat disimpulkan bahwa variabel kemudahan LMS sebesar 0,257 dapat dikatakan variabel ini tidak menunjukkan

pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS dikarenakan lebih besar dari tingkat kesalahan alpha 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa Setiap responden tidak mampu menjelaskan pengaruh kemudahan LMS dalam penggunaan LMS. Kemudahan dalam penggunaan suatu program komputer dalam pembelajaran tidak serta merta dapat membuat peserta didik tertarik dalam pembelajaran tersebut, perlu adanya keterlibatan unsur pedagogi dan konten materi yang sesuai dengan penggunaan teknologi tersebut dalam pembelajaran (Chai, Koh, & Tsai, 2013).

Variabel kemanfaatan LMS bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini menunjukkan pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS dikarenakan lebih kecil dari tingkat kesalahan alpha 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa setiap responden mampu menjelaskan pengaruh kemanfaatan LMS dalam penggunaan LMS. Peserta didik akan tekun dalam belajar apabila mereka mengetahui tujuan atau manfaat dalam mempelajari materi tersebut, olehnya itu pembelajaran sebaiknya dikaitkan dengan kontekstualisasi fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari peserta didik sehingga mereka memahami pentingnya belajar (Munawaroh, 2020; Irfan Yusuf & Widyaningsih, 2018; Zabit, 2010).

Variabel kualitas layanan LMS bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini menunjukkan pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS dikarenakan lebih kecil dari tingkat kesalahan alpha 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa setiap responden mampu menjelaskan pengaruh kualitas layanan LMS dalam penggunaan LMS. Kelengkapan fitur penggunaan LMS sangat penting disediakan agar peserta didik dapat terfasilitasi dalam belajar, LMS Moodle menyediakan banyak fitur aktivitas yang mendukung pembelajaran secara sinkron maupun asinkron (Kumar, Gankotiya, & Dutta, 2011; Samir Abou El-Seoud, Taj-Eddin, Seddiek, El-Khouly, & Nosseir, 2014).

Variabel kemudahan LMS bernilai kurang dari 0,001 dapat dikatakan variabel ini menunjukkan pengaruh terhadap efektifitas pembelajaran dikarenakan lebih kecil dari tingkat kesalahan alpha 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa setiap responden mampu menjelaskan pengaruh kemudahan penggunaan LMS terhadap efektifitas pembelajaran. Efektivitas pembelajaran dapat dicapai apabila peserta didik mudah dalam memahami pelajaran (Roni Hamdani & Priatna, 2020; Sudiana, 2016). Demikian pula dengan penggunaan media pembelajaran, peserta didik akan mudah memahami materi pelajaran apabila penggunaan media tersebut efektif dan mudah dijalankan.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa kemudahan dalam penggunaan LMS tidak menunjukkan adanya pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS. Variabel kemanfaatan LMS menunjukkan adanya pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS. Variabel kualitas layanan LMS juga menunjukkan pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS. Demikian pula dengan variabel kemudahan LMS menunjukkan pengaruh terhadap efektifitas pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa efektifitas pembelajaran dapat dipengaruhi oleh kemanfaatan dan kualitas layanan serta kemudahan dalam penggunaan LMS, sedangkan kemudahan dalam penggunaan LMS tidak menunjukkan adanya pengaruh terhadap keinginan menggunakan LMS tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, W. E. (2018). *Penerapan Google Classroom dalam Pembelajaran Akuntansi (Studi Pada Program Studi Akuntansi Universitas Islam Indonesia)*. Universitas Islam Indonesia.
- Cech, P., & Bures, V. (2004). E-Learning Implementation At University. In *3rd European Conference on E-Learning* (pp. 25–34). Rosenberg.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.2.31>
- Darmawan, D. (2014). *Pengembangan E-Learning (Teori dan Desain)*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Darojat, O. (2016). Improving Curriculum Through Blended Learning Pedagogy. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 17(October), 203–219.
- Kumar, S., Gankotiya, A. K., & Dutta, K. (2011). A comparative study of moodle with other e-learning systems. In *2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology* (Vol. 5, pp. 414–418). Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ICECTECH.2011.5942032>
- Lawshe, C. H., & Steinberg, M. C. (1955). Studies in synthetic validity I: An exploratory investigation of clerical jobs. *Personel Psychology*, 8, 291–301.
- Munawaroh. (2020). The Influence of Problem-Based Learning Model as Learning Method, and Learning Motivation on Entrepreneurial Attitude. *International Journal of Instruction*, 13(2), 431–444. Retrieved from <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13230a>
- Roni Hamdani, A., & Priatna, A. (2020). Efektifitas Implementasi Pembelajaran Daring (Full Online) di Masa Pandemi Covid- 19 pada Jenjang Sekolah Dasar di Kabupaten Subang. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 6(1), 1–9. Retrieved from <https://doi.org/10.36989/didaktik.v6i1.120>
- Samir Abou El-Seoud, M., Taj-Eddin, I. A. T. F., Seddiek, N., El-Khouly, M. M., & Nosseir, Published at <https://ojs.stkippgri-lubuklinggau.ac.id/index.php/SJPIF>

- A. (2014). E-learning and students' motivation: A research study on the effect of e-learning on higher education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9(4), 20–26. Retrieved from <https://doi.org/10.3991/ijet.v9i4.3465>
- Sudiana, R. (2016). Efektifitas Penggunaan Learning Management System Berbasis Online. *JPPM (Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Matematika)*, 9(2), 201–209.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Yazdi, M. (2012). E-learning sebagai Media Pembelajaran Interaktif Berbasis teknologi Informasi. *Jurnal Ilmua Foristek*, 2 (1)(1), 143–152.
- Yusuf, I, & Widyaningsih, S. W. (2020). Implementing E-Learning-Based Virtual Laboratory Media to Students ' Metacognitive Skills. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(5), 63–74.
- Yusuf, Irfan, & Widyaningsih, S. W. (2018). Pembelajaran PBL Berbantuan Lab-Vir Melalui Lesson Study Dalam Meningkatkan Kualitas. *Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Metro*, VI(2), 117–127.
- Yusuf, Irfan, Widyaningsih, S. W., Prasetyo, Z. K., & Istiyono, E. (2020). Development of Moodle Learning Management System-Based E-Learning Media in Physics Learning BT - Tarumanagara International Conference on the Applications of Social Sciences and Humanities (TICASH 2019) (pp. 245–250). Atlantis Press. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.2991/assehr.k.200515.042>
- Zabit, M. N. M. (2010). Problem-Based Learning On Students Critical Thinking Skills In Teaching Business Education In Malaysia: A Literature Review. *American Journal of Business Education (AJBE)*, 3(6), 19–32. Retrieved from <https://doi.org/10.19030/ajbe.v3i6.436>
- Zyainuri, Z., & Marpanaji, E. (2013). Penerapan E-learning Moodle untuk Pembelajaran Siswa yang Melaksanakan Prakerin. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 2(3), 410–426. Retrieved from <https://doi.org/10.21831/jpv.v2i3.1046>

PILOT STUDY: PEMANAS UNTUK *THERMAL CYCLER*

Nugroho Budi Wicaksono¹, Sukma Meganova Effendi², Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami³

Author Adress; nug@usd.ac.id

^{1,3} Program Studi Teknologi Elektromedis, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

² Program Studi Mekatronika, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Received: 10 Desember 2022

Revised: 13 Januari 2023

Accepted: 10 April 2023

Abstract: During the Covid-19 pandemic, DNA amplification technique – the Polymerase Chain Reaction (PCR) method became the gold standard for virus diagnosis and measuring the amount of viral target nucleic acid in a clinical sample and delivering quantitative results. This PCR method is implemented as Thermal Cyclers or PCR machine. One of the main components in the Thermal Cyclers is the heater. Three heaters, such as: Peltier Device 12715, Ceramic Heater PTC 12 V_{DC}, and Customized Heater 12 V_{DC} were tested for their performance by being connected to 3-well aluminium block. Two pieces of PTC Ceramic Heaters 12 V_{DC} with a total power of 120 W showed the best performance compared to the other 2 heaters and were able to provide a heating ramp rate of 0,13 /second.

Keywords: Polymerase Chain Reaction, PCR, Thermal Cyclers

Abstrak: Pada masa pandemi Covid-19, teknik penggandaan DNA dengan metode Polymerase Chain Reaction (PCR) menjadi gold standard untuk diagnosis virus dan penghitungan sampel klinis. Metode PCR ini diimplementasikan pada alat dengan nama Thermal Cyclers atau mesin PCR. Salah satu komponen utama dalam Thermal Cyclers adalah pemanas. Tiga buah pemanas, yakni: Peltier Device 12715, Ceramic Heater PTC 12 V_{DC}, dan Customized Heater 12 V_{DC} diuji kinerjanya dengan dihubungkan pada blok aluminium. Dua buah Ceramic Heater PTC 12 V_{DC} dengan daya total sebesar 120 W menunjukkan kinerja terbaik dibandingkan 2 pemanas lainnya dan mampu memberikan laju pemanasan sebesar 0,13 °C/detik.

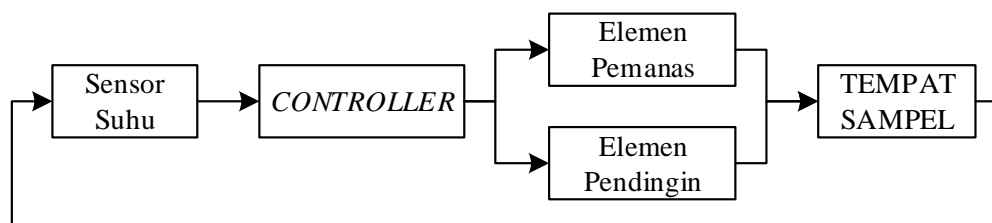
Kata kunci: Polymerase Chain Reaction, PCR, Thermal Cyclers

PENDAHULUAN

Sebelum ditemukan teknik penggandaan DNA dengan metode Polymerase Chain Reaction (PCR), studi mengenai DNA dapat dikatakan susah. Banyak informasi genetik yang terdapat pada molekul DNA dan mengisolasi bagian DNA tertentu (*snippet*) untuk dipelajari juga merupakan tantangan tersendiri. Teknik penggandaan DNA dengan menggunakan PCR memiliki 3 tahapan penting yang sering digunakan (Lo & Chan, 2006; Wicaksono, 2013), yakni *denaturation*, *annealing*, dan *extension*. Tahap *denaturation*, tahap ini merupakan tahap dimana untai ganda DNA dipisah menjadi 2 buah untai tunggal dan dilakukan pada suhu 94 °C – 96 °C. Tahap *annealing* (penempelan) merupakan tahap awal sintesis DNA secara *in vitro*. Suhu yang ditentukan untuk tahap *annealing* ini tergantung pada komposisi dan

panjang basa dan konsentrasi dari *primer* yang digunakan. Umumnya menggunakan suhu 55 °C. Tahap yang ketiga adalah *extension* (pemanjangan), merupakan proses yang dilakukan pada suhu 72 °C. Tiga tahapan tersebut merupakan 1 siklus penggandaan, untuk menghasilkan hasil penggandaan yang banyak dibutuhkan beberapa kali pengulang siklus. Pengaturan suhu pada setiap tahapan di atas juga tergantung pada kebutuhan. Pada masa pandemi Covid-19, PCR menjadi *gold standard* untuk diagnosis virus dan penghitungan sampel klinis (Damo et al., 2021; Tahamtan & Ardebili, 2020).

Metode PCR yang ditemukan oleh Kary Mullis (Mullis & Faloona, 1987; Saiki et al., 1985) ini kemudian dikembangkan menjadi alat yang biasa disebut Mesin PCR atau *Thermal Cycler*. Pengaturan suhu menjadi faktor penting dalam desain rancang bangun *thermal cycler*, blok diagram sederhana *thermal cycler* ditunjukkan pada Gambar 1 (Wicaksono, 2013).



Gambar 1. Blok diagram sederhana *thermal cycler*

Sensor suhu diletakkan pada sebuah tempat sampel. Tempat sampel tersebut digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *tube* PCR. Sensor suhu pada blok diagram sederhana tersebut berfungsi sebagai umpan balik pada sistem untuk dibandingkan dengan pengaturan *set point*. Tempat sampel pada mesin PCR biasanya terbuat dari Aluminium. Aluminium menjadi pilihan utama dalam penelitian ini dikarenakan faktor ketersediaan bahan yang lebih banyak dan keterjangkauan harga. Sailaja (Sailaja & Raju, 2019) menyebutkan juga bahwa aluminium merupakan material yang banyak digunakan pada *thermal cycler*.

Penelitian grup riset kami yang lalu (Wicaksono & Effendi, 2022) berfokus pada laju pendinginan dan pemanasan dengan menggunakan tempat sampel berupa aluminium dan menggunakan elemen pemanas dengan daya rendah. Pada penelitian ini, fokus topik penelitian adalah ketepatan pemilihan komponen pemanas untuk mendapatkan laju pemanasan yang tinggi dan pengujian komponen pemanas yang dipilih pada *plant* sistem yang akan diimplementasikan.

METODE PENELITIAN

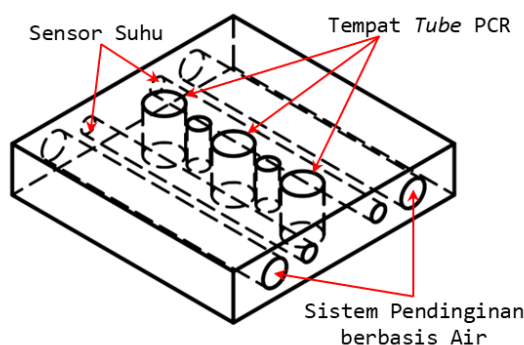
Implementasi pengaturan suhu dengan mengangkat dan mencelupkan blok sampel (*dip and dunk – automated hand transfer*) pada beberapa bejana yang sudah diatur suhunya diklaim sebagai metode yang paling cepat oleh Wong (Wong et al., 2015). Namun, kontroler membutuhkan komputasi yang cukup rumit karena digunakan untuk mengontrol dan menjaga suhu 3 buah aktuator pemanas; serta pengaturan awal dari alat yang dibuat oleh Wong (Wong et al., 2015) harus didefinisikan dengan menggunakan persamaan-persamaan tertentu.

Gambar 1 menunjukkan adanya 2 komponen aktuator utama, yaitu komponen pemanas dan pendingin. Komponen yang sering digunakan sebagai komponen pemanas sekaligus pendingin pada *thermal cycler* adalah *thermoelectric Peltier* (Miralles et al., 2013; Sailaja & Raju, 2019). Komponen Peltier ini digunakan pada *thermal cycler commercial* yang tersedia di pasaran. Antara lain: BioRad (Model: iCycler IQ), Stratagene (Model: Mx4000 dan Mx3000P), Applied Biosystems (Model: ABI Prism 7000 dan ABI Prism 7900 HT), dan MJ Research (Model: DNA Engine Opticon2) (Logan & Edwards, 2009).

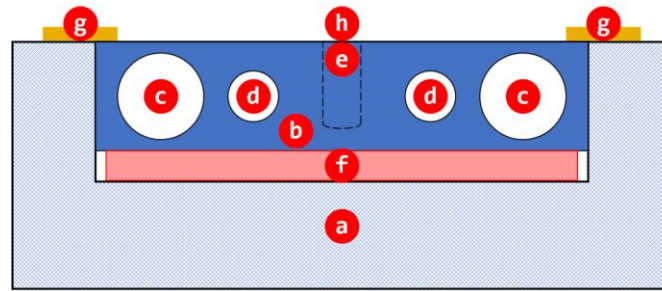
Signifikansi komponen pemanas dan pendingin pada *thermal cycler* terletak pada spesifikasi laju pemanasan dan pendinginan, atau biasa disebut sebagai *ramp rate*. Merujuk pada (Regional Office for South-East Asia, 2016), umumnya *thermal cycler* memiliki *ramp rate* adalah 2-3 °C/detik. Untuk mendapatkan data tersebut, maka grup riset kami melakukan studi pendahuluan pengujian 3 komponen pemanas dengan spesifikasi daya maksimum hingga 300W untuk mengetahui tingkat efektivitas laju pemanasan.

1. Desain Mekanik

Tiga buah *tube* PCR dengan volume 1,5 ml dan diameter 11 mm dapat diletakkan pada sebuah blok aluminium seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Blok aluminium di atas dilengkapi dengan kanal air untuk sistem pendinginan. Dimensi blok aluminium dari Gambar 2 adalah sebagai berikut: 80 mm × 80 mm × 16 mm untuk panjang, lebar, dan tinggi.



Gambar 2. Detail dan pandangan 3D isometric blok aluminium

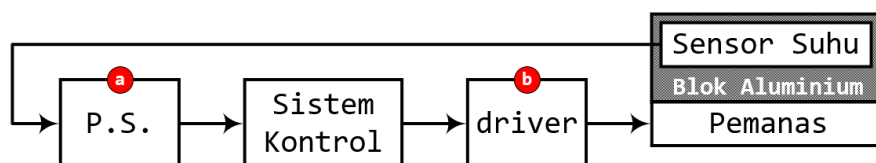


Gambar 3. Ilustrasi penempatan blok aluminium, sensor suhu, dan pemanas. (a) alas/tatakan berbahan kayu, (b) blok aluminium, (c) kanal air/saluran air, (d) kanal untuk sensor suhu, (e) $3 \times 1,5$ ml tube PCR \varnothing 11 mm, (f) pemanas, (g) klem/penjepit/clamp, dan (h) penempatan probe thermocouple dari alat ukur Fluke 568.

Alas dengan bahan kayu dengan klem digunakan sebagai tempat untuk menaruh pemanas dan blok aluminium. Dua buah sensor suhu *thermocouple* (TC) tipe K diletakkan pada Gambar 3 (d). Tiga buah pemanas diletakkan pada Gambar 3 (f) secara bergantian. Klem atau penjepit digunakan untuk memastikan bahwa pemanas dan blok aluminium tertempel dengan baik dan juga dibantu dengan menggunakan *thermal paste*.

2. Desain Elektronik

Desain elektronik diimplementasikan berdasarkan diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 4. Grup riset kami menggunakan sensor suhu TC tipe-K dengan rangkaian pengondisi sinyal (Gambar 4 (a)) berbasis *integrated circuit* (IC) MAX31855 (Maxim Integrated, 2015). IC ini memiliki kemampuan untuk mengkonversi sinyal analog menjadi digital dengan resolusi 14-bit. IC ini juga memiliki kemampuan untuk mengkompensasi dan mengoreksi *cold-junction* pada salah satu ujung dari kaki sensor suhu TC. Sebelum menghasilkan konversi dari tegangan *thermoelectric* (berdasarkan prinsip kerja dari TC – *Seebeck effect*), IC MAX31855 melakukan kompensasi perhitungan dari perbedaan antara kaki TC (sisi *cold-junction* – berdasarkan dari suhu ruangan) dan referensi 0°C virtual.



Gambar 4. Diagram blok desain elektronik. (a) adalah rangkaian pengondisi sinyal dan (b) rangkaian pengemudian (*driver*).

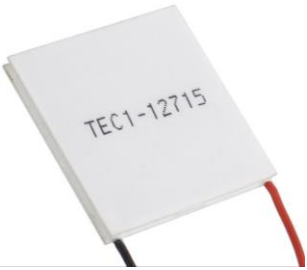

Bahan metal yang digunakan sebagai elemen *sensing* pada TC adalah Alumel (kaki T-) dan Chromel (kaki T+) dan dapat bekerja pada rentang suhu -270°C sampai dengan 1372°C (Maxim Integrated, 2015). Karakteristik terkait sensitivitas sensor TC tipe-K adalah sebagai

berikut: sensitivitas pada rentang suhu 0 °C sampai dengan 1000 °C adalah 41,276 μ V/°C dan sensitivitas pada *cold-junction* pada rentang suhu 0 °C sampai dengan 70 °C adalah 40,73 μ V/°C. Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh persamaan (1) untuk memperoleh konversi dari suhu menjadi tegangan. Dimana V_{OUT} adalah tegangan keluaran dari TC tipe-K dalam satuan μ V; T_R (dalam satuan °C) adalah suhu pada *remote-junction*; dan suhu ruangan dinyatakan dalam T_{AMB} (dalam satuan °C).

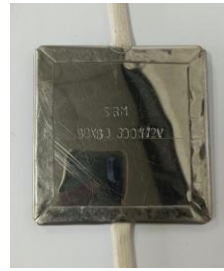
$$V_{OUT} = \left(41,276 \mu V / ^\circ C \right) \times (T_R - T_{AMB}) \quad (1)$$

Rangkaian pengemudian (*driver*) yang ditunjukkan pada Gambar 4 (b) diimplementasikan dengan IC dari STMicroelectronics dengan seri VNH2SP30-E. VNH2SP30-E adalah IC yang didedikasikan untuk aplikasi di otomotif dengan spesifikasi arus keluaran maksimum ($I_{OUT-max}$) adalah 30 A dan tegangan sumber maksimum (V_{CC-max}) sebesar 41 V (STMicroelectronics, 2017). Pemanas yang digunakan untuk pengujian berjumlah 3 buah, yakni: *Peltier Device* 12715, *Ceramic Heater* PTC 12 V_{DC}, dan *Customized Heater* 12 V_{DC} seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Pemanas-pemanas tersebut dihubungkan pada rangkaian *driver* VNH2SP30-E dan rangkaian driver terhubung secara langsung dengan sistem kontrol berupa Arduino Uno. Panas yang terkonduksi ke blok aluminium di-*sensing* oleh sensor suhu TC.

Tabel 1. Jenis-jenis pemanas

No	Nama/Jenis Pemanas dan Spesifikasi Singkat	Ilustrasi Gambar
1	<i>Peltier Device</i> 12715 (PD) (1 buah) – memiliki daya hingga 180 W	
2	<i>Ceramic Heater</i> PTC 12 V _{DC} (CHPTC) (2 buah) – masing-masing memiliki daya hingga 60 W	

- 3 *Customized Heater* 12 V_{DC} (CH)
(1 buah) – memiliki daya hingga
300 W



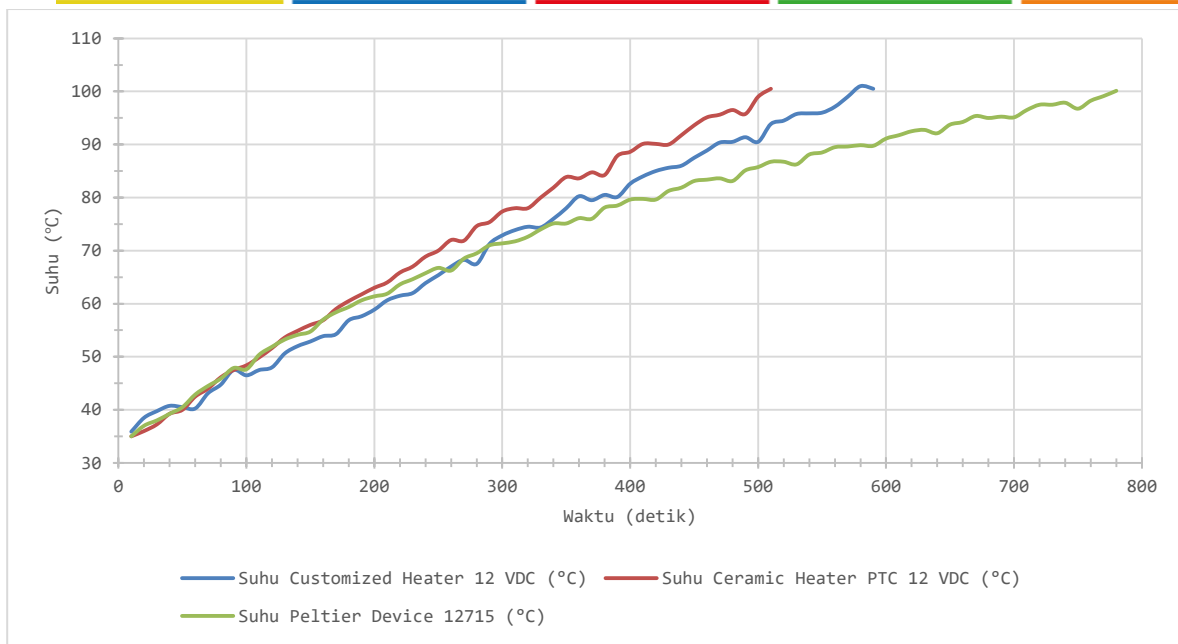
3. Pengujian

Ada 2 tahapan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini. Pengujian pertama adalah pengujian kinerja dari 3 buah pemanas. Masing-masing pemanas diuji dengan alat ukur dari Fluke 568 Contact & Infrared Temp Gun. Pengujian masing-masing pemanas dilakukan sesuai dengan Gambar 3, Fluke 568 dikonfigurasi sebagai Contact Termometer – sehingga menggunakan *probe* TC tipe-K. *Probe* TC tipe-K diletakkan sesuai yang ditunjukkan Gambar 3 (h). Pemanas dengan laju pemanasan tertinggi kemudian dijadikan acuan sebagai pengujian selanjutnya. Pengujian kedua adalah pengujian dari pemanas dengan laju pemanasan tertinggi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan konfigurasi seperti ditunjukkan Gambar 4. Ada 2 buah sensor suhu TC tipe-K yang digunakan, hasil pembacaan masing-masing sensor suhu diolah dengan menggunakan *Simple Moving Average* (SMA) seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2). Dimana x adalah sinyal input dari sensor suhu TC yang diolah rangkaian pengondisi sinyal MAX31855, y adalah sinyal output hasil dari SMA, dan N adalah jumlah data yang direratakan. *Window N* yang digunakan pada penelitian ini adalah 10. Pengolahan SMA dilakukan oleh *development board* Arduino Uno dan data ditampilkan pada *Serial Monitor* Arduino IDE setiap 1 detik. Data yang ditampilkan pada *Serial Monitor* Arduino IDE merupakan hasil rata-rata dari SMA sensor TC 1 dan SMA sensor TC 2.

$$y[i] = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} x[i-j] \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

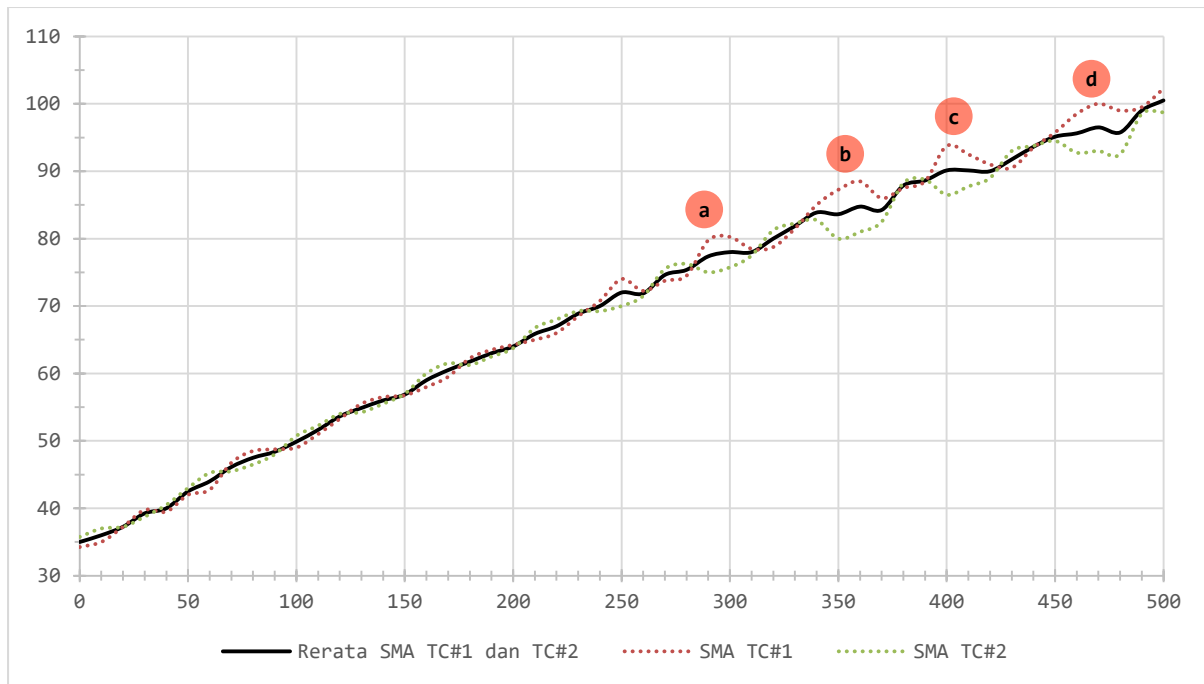
Hasil dari pengujian pertama ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil pengujian dengan *probe* TC tipe-K Fluke 568 menunjukkan bahwa 2 buah pemanas Ceramic Heater PTC dengan spesifikasi 12 V_{DC} dan masing-masing dayanya adalah 60 W; menghasilkan laju pemanasan yang lebih cepat dibandingkan 2 pemanas lainnya.



Gambar 5. Perbandingan kinerja 3 buah pemanas

Waktu yang dibutuhkan oleh CH, CHPTC, dan PD untuk mencapai 100 °C adalah 590 detik, 510 detik, dan 780 detik. Hal ini menunjukkan bahwa CHPTC memiliki kinerja 15,69% lebih baik daripada CH dan 52,94% lebih baik daripada PD. PD tidak menunjukkan kinerja maksimal disebabkan oleh tidak adanya media yang menghantarkan panas pada sisi yang menghadap ke alas/tatakan berbahan kayu (Gambar 3 (a)). Konsiderasi yang harus dimiliki pada saat mengimplementasikan PD sebagai pemanas adalah dibutuhkannya penghantar panas, media penghantar panas yang biasa diimplementasikan adalah heat sink dilengkapi dengan kipas (Tellurex Corporation, 2010). Sedangkan CH tidak dapat memberikan kinerja yang maksimal ditengarai karena kontak antara pemanas dan blok aluminium yang tidak merata, walaupun sudah menggunakan *thermal paste*. Berdasarkan data kinerja pemanas di atas, maka pengujian dilanjutkan pada tahap ke-2, yakni pengujian 2 buah CHPTC.

Akuisisi data suhu pada pengujian kedua ini menggunakan 2 buah sensor TC tipe-K sesuai dengan blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pengujian dilakukan dari suhu ruang (35 °C) hingga mencapai 100 °C, suhu 100 °C dicapai dalam waktu 500 detik. Hasil yang diperoleh dari pengujian kedua ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian kinerja CHPTC

Terdapat selisih hasil pembacaan yang cukup besar dari beberapa titik, antara lain titik a, titik b, titik c, dan titik d. Titik a (detik ke-290) terdapat selisih 4,75 °C antara pemanas 1 (yang diukur oleh TC#1) dan pemanas 2 (yang diukur oleh TC#2), titik b (detik ke-350) terdapat selisih 7,25 °C, titik c (detik ke-400) terdapat selisih 7,25 °C, dan titik d (detik ke-480) terdapat selisih 6,5 °C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanas CHPTC yang diukur oleh TC#1 memiliki tingkat pemanasan yang lebih tinggi daripada CHPTC yang diukur oleh TC#2. Walaupun 2 CHPTC tersebut memiliki spesifikasi teknis yang sama, tetapi memberikan keluaran berupa suhu yang berbeda. Hal ini dapat disebabkan karena resistansi pemanas yang berbeda dari 2 CHPTC tersebut. Hasil dari pengujian kedua ini didapatkan laju pemanasan (*heating ramp rate*) sebesar 7,8 °C/menit atau 0,13 °C/detik, dengan $\Delta T = 65^\circ\text{C}$ dan durasi waktu 500 detik.

SIMPULAN DAN SARAN

Studi pendahuluan thermal cycler dengan daya rendah ini telah dilakukan dengan hasil pengujian berupa 2 buah *Ceramic Heater PTC* (CHPTC) 12 V_{DC} dengan total daya sebesar 120 W menunjukkan kinerja 15,69% lebih baik dibandingkan *Customized Heater* (CH) 12 V_{DC} dengan daya 300 W dan kinerja 52,94% lebih baik dibandingkan *Peltier Device* (PD) 12715. Akuisisi data suhu pada blok aluminium yang terhubung dengan 2 buah pemanas CHPTC dengan sensor suhu *thermocouple* tipe-K menghasilkan laju pemanasan sebesar 0,13

°C/detik. Saran untuk *pilot study* lanjutan adalah meningkatkan daya pemanas untuk mendapatkan laju pemanasan yang lebih tinggi dan penggantian blok aluminium menjadi blok tembaga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Grup riset kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma, yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dosen Muda dengan No. 007/Penel./LPPM-USD/II/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Damo, N. Y., Porotu'o, J. P., Rambert, G. I., & Rares, F. E. S. (2021). Diagnostik Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) dengan Pemeriksaan Laboratorium Mikrobiologi Klinik. *EBIOMEDIK*, 9(1), 77–86. <https://doi.org/https://doi.org/10.35790/ebm.v9i1.31899>
- Lo, Y. M. D., & Chan, K. C. A. (2006). Introduction to the polymerase chain reaction. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, 336, 1–10. <https://doi.org/10.1385/1-59745-074-x:1>
- Logan, J. M. J., & Edwards, K. J. (2009). An Overview of Real-Time PCR Platforms. In J. Logan, K. Edwards, & N. Saunders (Eds.), *Real-time PCR: Current Technology and Applications*. Caister Academic Press.
- Maxim Integrated. (2015). Cold-Junction Compensated Thermocouple-to-Digital Converter. In *MAX31855 Data sheet*. Maxim Integrated.
- Miralles, V., Huerre, A., Malloggi, F., & Jullien, M.-C. (2013). A Review of Heating and Temperature Control in Microfluidic Systems: Techniques and Applications. *Diagnostics*, 3(1), 33–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/diagnostics3010033>
- Mullis, K. B., & Faloona, F. A. (1987). [21] Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalyzed chain reaction. In *Recombinant DNA Part F* (Vol. 155, pp. 335–350). Academic Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)55023-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)55023-6)
- Regional Office for South-East Asia, W. H. O. (2016). *Establishment of PCR laboratory in developing countries, 2nd edition*. WHO Regional Office for South-East Asia. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/249549>
- Saiki, R. K., Scharf, S., Faloona, F., Mullis, K. B., Horn, G. T., Erlich, H. A., & Arnheim, N. (1985). Enzymatic Amplification of β -Globin Genomic Sequences and Restriction Site Analysis for Diagnosis of Sickle Cell Anemia. *Science*, 230(4732), 1350–1354. <https://doi.org/10.1126/science.2999980>
- Sailaja, V., & Raju, K. N. (2019). A Review on Heating and Cooling system using Thermo electric Modules. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, 14(1), 49–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.9790/1676-1402014957>

- STMicroelectronics. (2017). VNH2SP30-E - Automotive fully integrated H-bridge motor driver. In *VNH2SP30-E Datasheet* (pp. 1–35). <https://www.st.com/en/automotive-analog-and-power/vnh2sp30-e.html>
- Tahamtan, A., & Ardebili, A. (2020). Real-time RT-PCR in COVID-19 detection: issues affecting the results. *Expert Review of Molecular Diagnostics*, 20. <https://doi.org/10.1080/14737159.2020.1757437>
- Tellurex Corporation. (2010). *Frequently Asked Questions About Our Cooling And Heating Technology*. www.tellurex.com
- Wicaksono, N. B. (2013). Mesin PCR. In R. Mengko (Ed.), *Instrumentasi Laboratorium Klinik* (pp. 125–137). Penerbit ITB.
- Wicaksono, N. B., & Effendi, S. M. (2022). Heating and Cooling Rate Study on Water Cooling Thermal Cycler using Aluminium Block Sample. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 4(2), 55–61. <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i2.1>
- Wong, G., Wong, I., Chan, K., Hsieh, Y., & Wong, S. (2015). A Rapid and Low-Cost PCR Thermal Cycler for Low Resource Settings. *PLOS ONE*, 10(7), e0131701-. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131701>

STUDI AWAL TEKNIK PEREKAMAN CITRA PADA PERANGKAT MEDIS UNTUK EFISIENSI DISTRIBUSI CITRA MEDIS

Bernardinus Sri Widodo¹, Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami²
Corresponding Author Address: agatha.mahardika@usd.ac.id

^{1,2}Teknologi Elektromedis, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Received: 23 Desember 2022

Revised: 5 Januari 2022

Accepted: 16 Februari 2023

Abstract: *Medical imaging is one method that is widely used to provide information about the physical parts of the body for diagnosis and therapy. This research is an initial study to find appropriate technology to record medical imaging results in the form of photos and videos so that they are ready to be distributed to support the telemedicine process. The research method used is research & development which is limited to the design revision stage. This research was conducted by studying literature on the equipment that might be used for the screen capture process, followed by making a prototype of the tool to be used as FGD material. During the FGD process, discussions were held with radiology specialists and gynecologists, nurses and technicians to find out the impact of this tool. The results show that it is possible to distribute medical images using screen capture techniques. This research is the first step for the development of medical image distribution.*

Keywords: *medical image, screen recording technique*

Abstrak: *Pencitraan medis merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk memberikan informasi fisis bagian dalam tubuh untuk proses diagnosis maupun terapi. Penelitian ini merupakan studi awal untuk mencari teknologi tepat guna untuk merekam hasil pencitraan medis baik dalam bentuk foto maupun video sehingga siap didistribusikan untuk menunjang proses telemedisin. Metode penelitian yang digunakan adalah research & development dengan dibatasi hingga tahapan revisi desain. Penelitian ini dilakukan dengan studi literatur mengenai peralatan-peralatan yang mungkin digunakan untuk proses screen capture, dilanjutkan dengan membuat prototipe alat untuk digunakan sebagai bahan FGD. Pada proses FGD dilakukan diskusi dengan dokter spesialis radiologi dan kandungan, perawat dan teknisi untuk mengetahui dampak dari alat ini. Hasilnya didapat bahwa ada kemungkinan dilakukan distribusi citra medis menggunakan teknik screen capture. Penelitian ini merupakan langkah awal bagi pengembangan distribusi citra medis.*

Kata kunci: *citra medis, teknik perekaman layar*

PENDAHULUAN

Citra medis digital sudah menjadi bagian keseharian dalam dunia kesehatan salah satunya Rumah Sakit. Teknologi pencitraan medis digital berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir dan banyak digunakan sebagai alat diagnostik medis (Livada, 2020). Perkembangan teknologi mampu menyediakan berbagai solusi pencitraan digital baik dari segi detektor maupun teknologi perekaman data. Detektor digital memungkinkan pengarsipan citra medis digital dan dengan perkembangan sistem komunikasi citra tersebut bisa disimpan secara digital dan tersedia kapan saja dibutuhkan (Demaio et al., 2019).

Sementara itu perkembangan sistem informasi memungkinkan distribusi data yang lebih mudah. Distribusi citra medis memungkinkan dilakukan pertukaran informasi antara pasien dan dokter dari jarak jauh (telemedisin) (Haleem et al., 2021). Distribusi citra di rumah sakit sekarang dapat dicapai secara elektronik melalui teknologi berbasis web maupun aplikasi sosial media tanpa risiko kehilangan gambar (Langer et al., 2015).

Proses telemedisin diantaranya juga memberikan manfaat pada peralatan-peralatan yang menggunakan radiasi pengion seperti radiografi digital. Saat ini dimungkinkan untuk melihat citra hasil radiografi tanpa harus mencetak film. Selain itu perkembangan detektor digital memungkinkan pengurangan paparan radiasi dan peningkatan efisiensi dosis sehingga lebih aman untuk pasien (Lee & Ph, 2018).

Perkembangan komputasi, pencitraan dan telekomunikasi meningkatkan efektivitas telemedisin. *Picture Archiving and Communication System* (PACS) adalah salah satu sistem yang umum digunakan untuk distribusi data medis pasien. Distribusi data menggunakan PACS bisa diakses dalam keadaan jaringan online maupun offline di sepanjang waktu. Hal ini akan meningkatkan alur kerja, peningkatan hasil dan produktivitas, akses jarak jauh yang cepat, pengarsipan elektronik, kemungkinan peningkatan kualitas citra, dan efektivitas biaya, sehingga bisa meningkatkan mutu perawatan pasien secara keseluruhan (Setyawan & Supriatna, 2016).

Namun kehadiran teknologi ini tidak serta merta memberikan dampak efisiensi dikarenakan harga peralatan-peralatan maupun perangkat lunaknya relatif jauh lebih tinggi dibanding peralatan selain non medis. Banyak negara berpenghasilan rendah dan menengah ke bawah tidak mampu membeli peralatan pencitraan, dan seringkali ada kekurangan petugas kesehatan yang terlatih untuk menggunakan peralatan tersebut. Dengan kondisi seperti ini Rumah Sakit terpaksa tidak menggunakan semua fitur kecanggihan teknologi ini khususnya fitur dalam distribusi hasil citra medis (Setyawan & Supriatna, 2016).

Seiring dengan berkembangnya teknologi mobile phone, praktik yang digunakan adalah dengan cara memfoto layar dan didistribusikan melalui aplikasi sosial media (*messenger*) seperti Whatsapp, Telegram, dan lain sebagainya. Tentu saja teknik ini memiliki kekurangan diantaranya kualitas citra yang berkurang, pengaruh sudut pengambilan gambar, efek pencahayaan, dan faktor lain.

Pada paper ini dilakukan kajian untuk mencari teknologi tepat guna (*cost effective*) yang mungkin diterapkan untuk mempermudah perekaman layar dengan teknologi *screen capture / video capture* yang peralatannya sudah tersedia, mudah didapat dan harga terjangkau.

TINJAUAN PUSTAKA

Tubuh manusia merupakan sistem yang sangat kompleks. Untuk bisa memperoleh, memproses, dan menampilkan sejumlah informasi tentang tubuh sehingga dapat diolah, ditafsirkan dan digunakan untuk menghasilkan metode diagnostik yang lebih berguna merupakan tantangan bagi para peneliti dan dokter. Dalam banyak kasus, penyajian informasi sebagai gambar adalah pendekatan yang paling efisien untuk mengatasi masalah ini.

Pencitraan medis merupakan suatu proses yang banyak digunakan untuk membantu dokter mendiagnosis dan juga merawat pasien dengan cara melihat citra bagian dalam tubuh. Pencitraan medis mengalami perkembangan yang pesat dan memainkan peran sentral dalam kedokteran saat ini dengan mendukung diagnosis dan pengobatan suatu penyakit.

Teknologi pencitraan merupakan komponen penting pada proses diagnosis dan perawatan kesehatan. Teknologi pencitraan berkontribusi pada hasil diagnosis yang lebih baik dan lebih akurat. Melalui pemantauan dan pengukuran yang berkelanjutan, memungkinkan diagnosis dan perawatan yang lebih baik dan hasil yang lebih efektif. Hasil pencitraan dalam meningkatkan efektivitas perawatan kesehatan.

Teknologi pencitraan medis memungkinkan pengumpulan informasi yang berbeda terkait dengan prosedur pencitraannya (Brush, 2019). Prosedur pencitraan medis mencakup uji tak merusak yang memungkinkan dokter mendiagnosis cedera dan penyakit tanpa harus membedah. Prosedur pencitraan medis diantaranya sinar x, magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound, endoscopy, CT scan, tactile imaging.

Pencitraan medis digunakan sebagai sarana penunjang untuk memvisualisasikan kondisi fisik dan fungsional pasien baik untuk diagnostic medis, pemantauan maupun pengobatan penyakit yang diderita pasien. Beberapa peralatan yang menggunakan pencitraan medis diantaranya ultrasound, general X Ray, CT Scan, magnetic resonance imaging (MRI) dan endoscopy.

Citra objek kompleks seperti tubuh manusia mengungkapkan karakteristik objek seperti transmisivitas, opacity, emisivitas, reflektifitas, konduktivitas, magnetik dan perubahan karakteristik ini terhadap waktu. Citra yang mengungkapkan satu atau lebih karakteristik ini dapat dianalisis untuk menghasilkan informasi tentang yang mendasari suatu objek, misalnya citra yang dihasilkan oleh sinar x yang ditransmisikan melalui area tubuh mengungkapkan sifat intrinsik wilayah seperti nomor atom efektif dan kerapatan jaringan. Pada proses pembentukan citra rontgen, detektor akan menangkap citra hasil transmisi sinar x setelah melewati jaringan tubuh. Apabila jaringan tubuh memiliki kerapatan yang padat, maka

semakin sedikit sinar x yang akan diteruskan, sesuai dengan Hukum Lambert Beer pada persamaan (1).

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

dimana I adalah intensitas sinar x yang ditransmisikan, I_0 sinar x intensitas mula-mula, μ adalah koefisien atenuasi linear bahan dan x adalah ketebalan bahan yang ditembus sinar x (Kelkar et al., 2018).

Dalam ultrasonografi, gambar dihasilkan dengan menangkap energi yang dipantulkan dari jaringan dalam tubuh yang memisahkan jaringan dengan impedansi akustik, di mana impedansi akustik adalah produk dari fisik kepadatan dan kecepatan ultrasound dalam jaringan. Saat berkas ultrasound menembus suatu media, energi berinteraksi dengan penyerapan, hamburan, dan refleksi (Zander et al., 2020).

Kualitas gambar sangat berpengaruh untuk memberikan diagnostic yang akurat dan mengidentifikasi perawatan-perawatan yang dibutuhkan pasien. Penggunaan gambar cetak seperti citra rontgen ataupun citra thermal seperti pada USG masih sering digunakan di berbagai sarana kesehatan meskipun pada rumah sakit besar sudah menggunakan pencitraan digital. Proses diagnostic dilakukan dengan mencetak film kemudian didistribusikan secara fisik untuk dianalisis oleh dokter. Kualitas citra pada citra rontgen yang dicetak sangat bergantung pada proses pemaparan dan pencetakan film. Selain itu kualitas film rontgen juga mudah terpengaruh oleh suhu dan kelembapan tempat penyimpanan film (Afani & Rupiasih, 2017).

Pencitraan medis merupakan salah satu solusi yang dibuat khusus yang memberikan peningkatan dalam sudut pandang, umur panjang, pencahayaan, dan pengurangan kebisingan untuk memastikan jauh lebih unggul, akurat dan efektif. Pada sistem pencitraan digital, kualitas gambar dipengaruhi sejumlah faktor, mulai dari proses akuisisi, perangkat pencitraan dan cara gambar ditampilkan (Haleem et al., 2021). Pendistribusian citra medis pada sistem ini bisa disimpan dalam bentuk file (*screen capture* pada menu *save/capture* yang disimpan di server), distribusi ke pasien dalam bentuk CD room atau ada juga yang dicetak. Untuk kepentingan rekam medis menggunakan data yang disimpan di server dengan cara *windows share folder*.

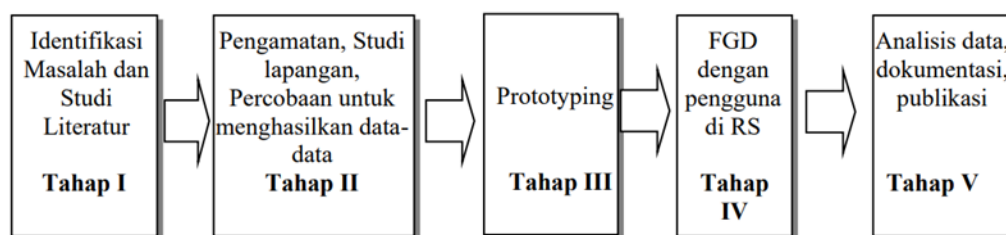
Pada beberapa kasus kondisi darurat dimana dokter tidak berada di tempat pemeriksaan, proses distribusi citra menjadi suatu hal yang mendesak. Proses distribusi citra melalui mobile phone dapat dilakukan sebagai suatu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada beberapa tempat, proses distribusi citra medis ada yang dilakukan dengan memfoto

tampilan pada layar monitor alat medis kemudian didistribusikan secara digital. Proses ini tentu saja akan mengurangi kualitas citra.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah dengan tujuan untuk mendapatkan teknologi tepat guna yang mungkin digunakan dalam proses *screen capture*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research & Development* dengan menggunakan pendekatan model pengembangan Sugiyono. Penelitian pengembangan ini dilakukan dengan memodifikasi produk yang sudah ada dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, yaitu dokter dan perawat. Prosedur penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan diantaranya penggalan potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain hingga pada revisi desain. Pada studi awal ini akan dibatasi hingga pada tahapan revisi desain. Selanjutnya tahapan untuk uji coba produk, revisi produk, uji coba pemakaian, revisi pemakaian dan produksi massal akan dilakukan pada penelitian selanjutnya (Sugiyono, 2011).

Tahapan pertama dari penelitian ini adalah penggalan potensi dan masalah, tahapan ini dimulai dengan pengumpulan informasi baik dengan wawancara ke pengguna dan studi literatur. Tahapan ini berupa studi untuk mempelajari secara detil perangkat diagnostik medis yang menggunakan citra medis, baik dari segi cara kerja, jenis luaran dan sistem pendistribusian. Pada tahapan ini juga dipelajari peralatan-peralatan yang mungkin digunakan untuk proses *screen capture*.



Gambar 1. Tahapan penelitian

Tahapan kedua adalah pengumpulan data, pada tahap ini dilakukan percobaan-percobaan di skala laboratorium. Percobaan ini dilakukan dengan mempelajari *port-port output* yang ada pada alat medis untuk bisa dilakukan perekaman citra medis hingga bisa terbaca di laptop menggunakan peralatan-peralatan yang sudah ditentukan dari tahap pertama.

Pada tahap ketiga dilakukan desain produk (*prototyping*) yaitu dengan proses pemrograman untuk bisa merekam hasil citra medis yang tertampil di layar laptop.

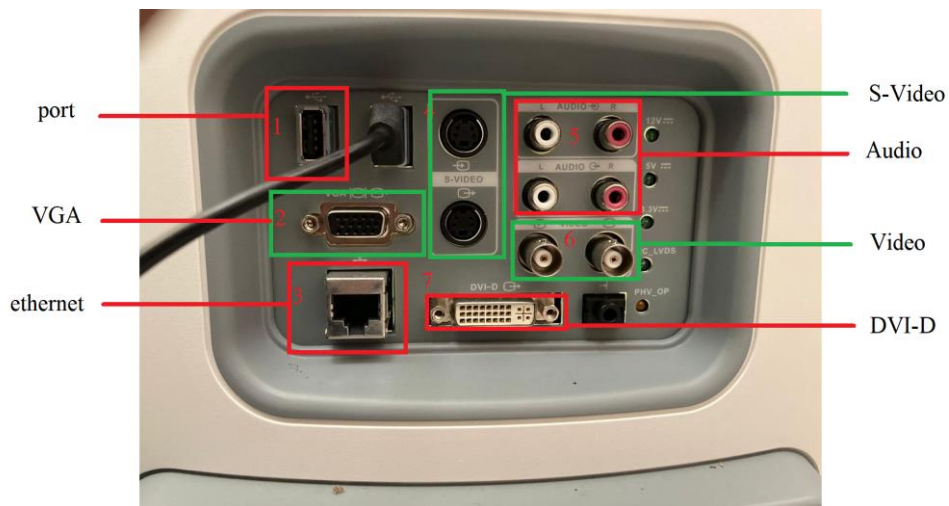
Pembuatan prototipe alat dilakukan dengan mensimulasikan bagaimana proses *screen capturing*, penyimpanan citra maupun pendistribusian citra digital tersebut. Alat ini diharapkan dapat memberikan gambaran teknologi sehingga bisa dilakukan validasi desain

Tahap keempat validasi desain dilakukan dengan *Focus Group Discussion* (FGD). FGD melibatkan teknisi, perawat, radiografer dan dokter spesialis radiologi/kandungan. Luaran yang diharapkan dari FGD adalah untuk mendapatkan gambaran ada tidaknya kemungkinan pengembangan alat lebih lanjut.

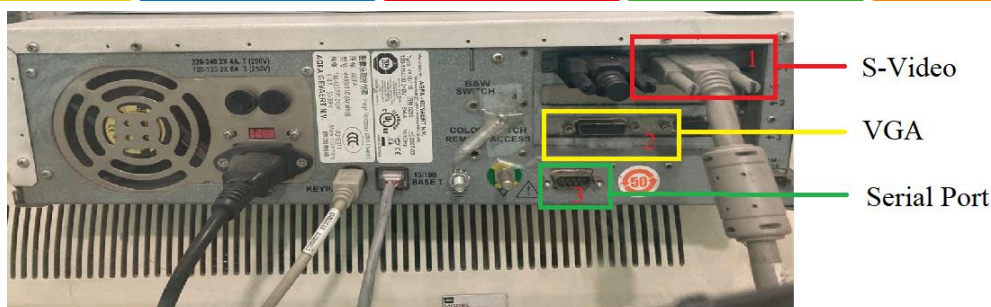
Tahapan kelima dilakukan dengan menganalisa hasil dari tahapan validasi desain untuk dapat digunakan dalam proses revisi desain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan studi tentang cara pendistribusian citra melalui mobile phone dengan proses screen capture. Metode yang dilakukan adalah dengan mempelajari port output yang digunakan untuk menampilkan citra medis yang tertampil di alat medis untuk bisa dihubungkan ke layar monitor laptop. Hasil screen capture selanjutnya akan bisa didistribusikan ke mobile phone. Berikut beberapa contoh *port output* yang ada pada peralatan medis pada peralatan ultrasound Mindray model DC-N3 PRO (Gambar 2) dan CT scan AGFA-GEVAERT N.V. tipe 4416/110 (Gambar 3).



Gambar 2. Port output pada ultrasound Mindray model DC-N3 PRO



Gambar 3. Port output pada CT scan AGFA-GEVAERT N.V. tipe 4416/110
Tipe-tipe Port Output

Ada beberapa tipe port output yang umum digunakan pada peralatan medis, diantaranya:

1. VGA (Video Graphics Array) mulai dikembangkan oleh IBM sejak tahun 1987 dan masih diproduksi hingga saat ini. Standar VGA awalnya digunakan untuk resolusi display 640 x 480 piksel, namun hingga saat ini dikembangkan untuk resolusi yang lebih dari itu, contohnya 800 x 600 atau 1024 x 768. VGA memberikan display 256 warna pada monitor computer menggunakan warna RGB (Red, Green, Blue) yang menjadi dasar warna pada komputer. Bentuk VGD ditunjukkan seperti terlihat pada Gambar 4(a).
2. DVI (Digital Visual Interface) mulai dikembangkan oleh Digital Display Working Group sejak 1999 dan diproduksi hingga saat ini untuk menggantikan teknologi VGA. Perangkat ini memungkinkan layar computer untuk menunjukkan palet warna asli. DVI ditunjukkan seperti pada Gambar 4b.
2. HDMI (High Definition Multimedia Interface) mulai dikembangkan sejak Desember 2002 dan diproduksi dari 2003 hingga saat ini. Karena kemampuannya menampilkan resolusi tinggi (HD/ high-definition), HDMI membuat teknologi sebelumnya menjadi using. HDMI memungkinkan transmisi audio/video high-definition bersama dengan transmisi audio 8-channel. HDMI ditunjukkan seperti pada Gambar 4c.



(a)

(b)

(c)

Gambar 4. Tipe Port Output (a) VGA; (b) DVI; (c) HDMI

Perangkat Screen Capture

Beberapa perangkat mungkin digunakan untuk melakukan screen capture, diantaranya:

1. Ditinjau dari bentuknya, ada 2 jenis yaitu berupa card yang harus dipasang pada komputer desktop dan yang bentuk alat tambahan yang dimasukkan melalui USB ke laptop maupun desktop
2. Ditinjau dari sisi sinyal masukan atau konektor ada type AV type RCA, S-Video, VGA dan HDMI
2. Ditinjau dari sisi harga dari kisaran puluhan ribu rupiah hingga puluhan juta rupiah.

Preliminari Result: “Easy Capture & Share”

Sistem *screen capture* yang dipelajari pada penelitian ini menghasilkan citra medis yang bisa didistribusikan melalui mobile phone. Citra medis ini selanjutnya dapat digunakan untuk memungkinkan diagnose atau konsultasi medis, servis informasi kesehatan, ataupun pendidikan jarak jauh. Prototype “Easy Capture & Share” (Gambar 5) digunakan untuk memudahkan proses perekaman dan pendistribusian citra. Port yang digunakan diantaranya VGA dan HDMI.



Gambar 5. Prototype “Easy Capture & Share”

Focus Group Discussion dilakukan dengan melibatkan dokter spesialis radiologi, dokter kandungan, perawat dan teknisi. Pada FGD didapatkan beberapa poin mengenai manfaat yang didapat apabila menggunakan metode *screen capture* diantaranya

- a. Penegakan diagnosa akan menjadi lebih mudah karena dimungkinkan untuk konsultasi lebih lanjut dengan sesama kolega dokter atau tenaga medis yang lebih ahli (konsultan)
- b. Penegakan diagnosa akan semakin terjamin karena hasil citra medis tidak hanya dalam bentuk gambar pasif tetapi bisa dalam format video sehingga, masing masing tenaga medis akan dapat mendiagnosa dengan lebih leluasa.
- c. Penegakan diagnosa akan dinilai semakin mudah karena kualitas citra medis yang dihasilkan akan lebih baik jika dibandingkan dengan hasil citra yang didapatkan dengan menfoto layar ataupun memfoto hasil yang cetakan.
- d. Penghematan biaya pencetakan merupakan potensi pengurangan biaya yang cukup signifikan dalam komponen biaya dalam rumah sakit.

Dari hasil diskusi FGD diatas, dapat disimpulkan bahwa metode perekaman citra (*screen capture*) dengan alat ini dimungkinkan untuk bisa diaplikasikan dalam rumah sakit. Untuk rekam medis kebidanan dan kandungan, rekam medis dalam bentuk video akan menjadi lebih bermakna karena masing-masing dokter spesialis memiliki sudut pandang atau cara pandang tersendiri di dalam mendiagnosa suatu situasi atau kasus. Perekaman dalam bentuk video memungkinkan untuk menjadi layanan baru bagi pasien sehingga pasien dapat memiliki kenangan, menjadi layanan pasien untuk mendapat rekaman video saat pemeriksaan (menjadi prospek pendapatan tambahan bagi rumah sakit).

SIMPULAN DAN SARAN

Perkembangan pencitraan medis dan teknologi komunikasi memberikan peranan cukup besar pada praktik diagnosis dan perawatan medis. Dalam penelitian ini didapatkan bahwa ada kemungkinan dilakukan distribusi citra medis menggunakan teknik *screen capture*. Teknik ini sudah dicoba menggunakan perangkat yang mudah ditemui di pasaran dan memberikan hasil yang bisa memberikan manfaat bagi layanan kesehatan. Penelitian ini merupakan langkah awal bagi pengembangan distribusi citra medis selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma, yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Skema Reguler/Umum dengan No. 007/Penel./LPPM-USD/II/2022. Dan kepada tim Dokter Rumah Sakit Panti Nugroho yang telah memberikan masukan-masukan terkait penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afani, Z. A., & Rupiasih, N. N. (2017). Pengolahan Film Radiografi Secara Otomatis Menggunakan Automatic X-Ray Film Processor Model Jp-33. *Buletin Fisika*, 18(2), 53. <https://doi.org/10.24843/bf.2017.v18.i02.p02>
- Brush, K. (2019). *Medical Imaging (Radiology)*. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/medical-imaging>
- Demaio, D. N., Herrmann, T., Noble, L. B., Orth, D., Peterson, P., Young, J., & Odle, T. G. (2019). Best practices in digital radiography. *Radiologic Technology*, 91(2), 198–201.
- Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. *Sensors International*, 2(July), 100117. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100117>
- Kelkar, S., Boushey, C. J., & Okos, M. (2018). A Method to Determine the Density of Foods using X-ray Imaging. *Physiology & Behavior*, 176(5), 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.03.012.A>
- Langer, S. G., Tellis, W., Carr, C., Daly, M., Erickson, B. J., Mendelson, D., Moore, S., Perry, J., Shastri, K., Warnock, M., & Zhu, W. (2015). The RSNA Image Sharing Network. *Journal of Digital Imaging*, 28(1), 53–61. <https://doi.org/10.1007/s10278-014-9714-z>
- Lee, B. S., & Ph, D. (2018). *Radiation dose Radiation dose reduction in Digital Radiography – no compromise in image quality*. March, 75–77.
- Livada, B. (2020). Digital Medical Imaging Displays Specification: Understanding Technology Helps to Achieve High Quality in Image Interpretation. *2020 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, March, 18–20.
- Setyawan, N. H., & Supriatna, Y. (2016). Implementasi Picture Archiving and Communication System (PACS) dan Radiology Information System (RIS) di RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta. *Jurnal Radiologi Indonesia*, 1(4), 260–274. <https://doi.org/10.33748/jradidn.v1i4.35>
- Sugiyono. (2011). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Alfabeta.
- Zander, D., Hüske, S., Hoffmann, B., Cui, X. W., Dong, Y., Lim, A., Jenssen, C., Löwe, A., Koch, J. B. H., & Dietrich, C. F. (2020). Ultrasound Image Optimization (Knobology): B-Mode. *Ultrasound International Open*, 6(1), E14–E24. <https://doi.org/10.1055/a-1223-1134>

REKA CIPTA MESIN SORTIR WARNA BENDA MENGGUNAKAN KAMERA PIXY2 CMUCAM5

Sukma Meganova Effendi¹, Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami², Nugroho Budi Wicaksono³

Author Address; sukma@usd.ac.id

¹ Program Studi Mekatronika, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

^{2,3} Program Studi Teknologi Elektromedis, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Received: 20 Desember 2022 Revised: 15 Januari 2023

Accepted: 25 Maret 2023

Abstract: Tools of media is an important things in the learning process. Mechatronics systems that have complex circuits and controllers are not easily understood by Level 1 and 2 Students. This research applies the R&D method of Sugiyono to produce sorting machines that are easy to use and learn. The Pixy2 CMUcam5 camera is used for color detection. The controller circuit are used is Karnaugh Map circuit using Digital IC (NOT-AND-OR) and Arduino Uno. The color combinations processed in Karnaugh Map controller circuit are sorting 1 color (Red-R/ Green-G/ Blue-B), 2 colors (R&G/ R&B/ G&B), and 3 colors (R&G&B). Results of this sorting machine are can be operated easily, reprogrammed for both object color detection and DC motor & servo motor control, and rebuilt for the Karnaugh Map series. Validation of this study resulted in improvements to the initial turntable design which was improved with a timing belt mechanism to stabilize the turntable rotation. Lighting of indoor/outdoor does not affect the system because the Pixy2 has an internal LED so that the color is detected properly. The results of sorting with the final turntable design have good performance with an average success of 97,96% and a standard error of 0,58.

Keywords: Pixy2 CMUcam5, sorting, color detection

Abstrak: Media pembelajaran merupakan sarana yang penting dalam proses pembelajaran. Sistem Mekatronika yang memiliki rangkaian dan pengendali yang kompleks tidak mudah dipahami oleh Mahasiswa Tingkat 1 dan 2. Untuk itu, penelitian yang menerapkan metode research & development Sugiyono ini bertujuan untuk menghasilkan mesin sortir yang mudah digunakan dan dipelajari. Sensor kamera Pixy2 CMUcam5 digunakan untuk pendeteksian warna benda. Rangkaian pengendali yang digunakan adalah rangkaian Karnaugh Map menggunakan IC Digital (NOT-AND-OR) dan Arduino Uno. Kombinasi warna benda yang diproses dalam rangkaian pengendali Karnaugh Map adalah pensortiran 1 warna benda (Merah-R atau Hijau-G atau Biru-B), 2 warna benda (R&G atau R&B atau G&B), dan 3 warna benda (R&G&B). Mesin sortir yang dihasilkan dapat dioperasikan dengan mudah, diprogram ulang baik untuk pendeteksian warna benda maupun pengendalian motor DC dan motor servo, dan dirangkai ulang untuk rangkaian Karnaugh Map. Tahap validasi penelitian ini menghasilkan perbaikan pada desain meja putar awal yang diperbaiki dengan mekanisme timing belt untuk menstabilkan putaran meja putar. Cahaya di dalam maupun di luar ruangan tidak mempengaruhi sistem karena kamera Pixy2 memiliki lampu internal sehingga warna benda dideteksi dengan baik. Hasil pensortiran dengan desain meja putar akhir memiliki performa yang baik dengan rata-rata keberhasilan sebesar 97,96% dan kesalahan standar sebesar 0,58.

Kata kunci: Pixy2 CMUcam5, pensortiran, deteksi warna

PENDAHULUAN

Media pembelajaran berupa Sistem Mekatronika dalam bentuk yang sederhana baik dalam hal dimensi maupun tingkat kesulitan, tetapi dapat digunakan untuk beberapa Mata Kuliah atau Mata Pelajaran masih sedikit. Media pembelajaran yang dibuat pada penelitian

Published at <https://ojs.stkippgri-lubuklinggau.ac.id/index.php/SJPIF>

sebelumnya, lebih spesifik hanya dapat digunakan dalam satu Mata Kuliah atau Mata Pelajaran.

Pengembangan perangkat pembelajaran Mekatronika yang dilakukan oleh (Kurniawan & Budijono, 2013) difokuskan pada pendalaman materi *Programmable Logic Controller* (PLC) yang berbasis komputer, silabus, satuan acara perkuliahan, lembar penilaian, lembar kegiatan mahasiswa, dan tes hasil belajar. Penelitian yang dilakukan (Saviraningsih et al., 2022) mengembangkan pembelajaran berbasis android dan hanya digunakan pada Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika. Pengembangan media pembelajaran lain oleh (Prapaskah et al., 2020) dibuat untuk Mata Kuliah Mekatronika, tetapi pengembangan difokuskan pada pembuatan trainer kit pneumatik beserta panduannya, sedangkan (Adji et al., 2020) membuat media pembelajaran berupa trainer kit dan *jobsheet* elektropneumatik yang digunakan untuk pembelajaran pada Mata Pelajaran Sistem Pengendali Elektronik.

Trainer kit disediakan di laboratorium untuk mahasiswa tingkat 1 dan 2, pada umumnya hanya digunakan untuk satu Mata Kuliah atau berupa modul dasar yang tidak terdapat bentuk aplikasinya. Program Studi Mekatronika, Universitas Sanata Dharma (USD) memiliki peralatan atau media pembelajaran dengan Sistem Mekatronika, tetapi memiliki kompleksitas yang tinggi sehingga bagi mahasiswa tingkat 1 dan 2 belum mampu untuk memahami. Dalam proses pembelajaran di tingkat 1 dan 2, Sistem Mekatronika perlu ditunjukkan sejak awal, dimana Sistem Mekatronika yang dipelajari dihasilkan berdasarkan aplikasi ilmu yang sudah dipelajari sejak tingkat 1 dan 2 tersebut. Dampak dari hal tersebut, mahasiswa akan lebih mudah memiliki gambaran bagaimana mengaplikasikan ilmu ke dalam sebuah alat (sistem).

Selain itu, fenomena yang terjadi di Prodi Mekatronika, USD saat mempelajari setiap Mata Kuliah hampir sama, yaitu mahasiswa tidak memiliki gambaran aplikasi masing-masing ilmu ke dalam sebuah sistem. Teknik Digital yang erat kaitannya dengan Bilangan Biner direpresentasikan dengan nilai '0' dan '1' dan nilai ini cukup abstrak sehingga mahasiswa tidak dapat menggambarkan bagaimana mengaplikasikan sinyal informasi baik input maupun output dari nilai tersebut dalam sebuah sistem. Sebagai sensor tunggal yang hanya dipelajari sebatas pembacaan output menjadi kurang bermakna karena pembacaan output sensor tunggal dengan menggunakan program mikrokontroler tidak terlihat aplikasinya karena tidak ada output sebagai aktuator atau indikator. Pembuatan program dengan mikrokontroler yang hanya berbasis modul praktik mengalami kesulitan yang sama, yaitu kesulitan dalam membuat program untuk sistem yang baru.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, pada penelitian ini dihasilkan sebuah Sistem Mekatronika berupa mesin sortir warna benda dengan menggunakan kamera Pixy2 CMUcam5 yang dibuat dengan mengaplikasikan ilmu yang dipelajari pada tingkat 1 dan 2. Mesin ini merupakan sebuah inovasi dengan menggunakan metode penelitian *Research & Development* (Sugiyono, 2011) yang dibuat dengan menerapkan beberapa ilmu yang sudah dipelajari, yaitu Teknik Digital, Pemrograman Mikrokontroler, Elektronika, Sensor, dan Desain Mekanik (Gambar Teknik). Dengan menggunakan mesin ini, aplikasi dari masing-masing ilmu akan tampak jelas sehingga mahasiswa menjadi lebih mudah memahami materi dari ilmu yang diberikan.

Mesin sortir (Ni San Hlaing et al., 2019) memiliki kemampuan untuk mendeteksi warna dan melakukan penyortiran berdasarkan warna yang dideteksi serta mengirimkan benda menuju bak penampung sesuai warna benda. TCS3200 digunakan untuk mendeteksi warna benda (Ni San Hlaing et al., 2019), (Vandana et al., 2021) dan mikrokontroler Arduino Uno bekerja sebagai pengendali dari keseluruhan kerja mesin (Safaris & Effendi, 2020), sedangkan (Sachdeva et al., 2017) menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Mesin otomatis yang dibuat (Ali & Ali, 2017) digunakan untuk proses sortir dan pengemasan berdasarkan warna dan dimensi benda serta memiliki kemampuan untuk mengendalikan kecepatan motor. Pendeteksian dimensi dan warna benda menggunakan sensor proximity, ultrasonic, dan LDR. Pengendali yang digunakan adalah PLC (Ali & Ali, 2017), (Yadav et al., 2019); (Sasidhar et al., 2018), (Vandana et al., 2021).

Pixy2 CMUcam5 digunakan pada mesin sortir ini sebagai sensor untuk mendeteksi warna benda. Kamera sudah banyak diterapkan di industri sebagai sensor karena banyak manipulasi pengolahan citra yang dapat dilakukan dari gambar yang dihasilkan, baik dari warna, dimensi, bentuk, dan penelusuran (*tracking*). Akan tetapi, pada penelitian ini, kamera hanya digunakan sebatas pengenalan warna benda. Vision system yang diterapkan di industri memberikan performa cepat dalam mendeteksi produk dan mengurangi waktu proses (Abbood et al., 2019) sehingga produktivitas semakin meningkat. Keakuratan proses sortir dalam pendeteksian warna objek menggunakan kamera Pixy2 juga ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan (Jalal Al-Sammaraie & Özbek, 2021). Pendeteksian warna objek dengan menggunakan kamera Pixy2 memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dan rata-rata kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan TCS3200 pada saat keduanya diintegrasikan ke dalam sistem konveyor. Oleh karena itu, pembelajaran menggunakan kamera menjadi penting seiring dengan perkembangan teknologi yang

digunakan di industri dan kemampuan analisa pengolahan citra yang lebih unggul dibandingkan dengan sensor warna saja.

METODE PENELITIAN

Mesin Sortir ini dibuat menggunakan metode penelitian *Research & Development* dengan mengadaptasi model pengembangan Sugiyono yang dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu penggalan potensi dan masalah, pengumpulan informasi, desain produk, validasi desain, perbaikan desain, pembuatan produk, uji coba produk, dan revisi produk (Sugiyono, 2011). Penelitian ini akan menghasilkan sebuah mesin sortir warna benda menggunakan kamera Pixy2 CMUcam5 dan pengendali rangkaian elektronika Karnaugh Map serta Arduino Uno. Pada penelitian selanjutnya, mesin ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang memberikan gambaran secara jelas tentang aplikasi dari materi-materi (Mata Kuliah) yang sudah dipelajari ke dalam Sistem Mekatronika.

Setiap akhir semester mahasiswa memiliki proyek yang berbeda-beda untuk setiap Mata Kuliah. Potensi dan masalah yang terjadi muncul dan terlihat pada penyelesaian proyek tersebut. Dari setiap proyek, mahasiswa tidak dapat menyelesaikan secara sempurna dan mandiri. Salah satu Mata Kuliah di Prodi Mekatronika, USD yang merupakan perwujudan integrasi dan aplikasi materi dari beberapa Mata Kuliah adalah Workshop. Alat yang dihasilkan merupakan salah satu bentuk Sistem Mekatronika berupa sistem konveyor yang setiap semesternya memiliki kompleksitas yang semakin bertambah. Dalam sistem tersebut, mahasiswa diminta untuk membuat dan memodifikasi sistem konveyor yang dapat berjalan sesuai dengan berat benda yang melintas, mulai dari desain, kerangka, rangkaian pengendali, sampai dengan membuat program. Konveyor yang dihasilkan tidak selalu berhasil diselesaikan dengan baik. Program tidak dapat diselesaikan dengan baik karena mahasiswa kesulitan membuat logika kerja dari sistem. Cara kerja dari rangkaian elektronika tidak dapat dijelaskan dengan baik pada saat diuji. Dan nilai akhir dari Mata Kuliah Workshop ini $\pm 20\%$ mendapat A dan sisanya $\pm 80\%$ adalah B dan C.

Proyek dalam Mata Kuliah Teknik Digital, Pemrograman Mikrokontroler, Elektronika, Sensor, dan Desain Mekanik (Gambar Teknik) juga tidak dapat diselesaikan secara maksimal sehingga Sistem Mekatronika yang kompleks pada tingkat 3 sampai 5 juga tidak dapat diselesaikan dengan baik. Permasalahan yang dihadapi adalah mahasiswa tidak mampu mengaplikasikan materi yang sudah dipelajari ke dalam sebuah sistem. Untuk itu, mesin sortir yang tidak terlalu kompleks, tetapi aplikasi dari beberapa ilmu terdapat di dalamnya

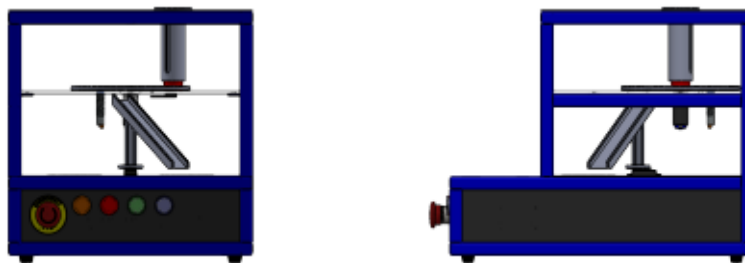
dibuat untuk membantu mahasiswa memberi gambaran dan nantinya mesin ini dapat digunakan untuk pembelajaran dengan membuat ulang baik program pada Arduino Uno maupun rangkaian pengendali elektronika Karnaugh Map.

Berdasarkan studi literatur yang sudah dikaji dan fakta modul serta peralatan praktik yang ada di Prodi Mekatronika, USD, proses perancangan mesin sortir dilakukan dan mesin ini merupakan Sistem Mekatronika yang dibuat dengan rangkaian elektronika dan pengendali yang sederhana. Mesin sortir dirancang dengan dimensi 400x500x381 mm. Input yang digunakan pada mesin sortir ini adalah sensor vision berupa kamera Pixy2 CMUcam5 yang berfungsi untuk mendeteksi 4 (empat) warna benda, yaitu Merah (*Red – R*), Hijau (*Green – G*), Biru (*Blue – B*), dan Kuning (*Yellow – Y*) serta sensor induktif yang berfungsi sebagai *stopper* dari meja putar. Pengendali berupa program dari logika kerja mesin dibuat menggunakan Arduino Uno dan rangkaian elektronika Karnaugh Map untuk menentukan warna benda yang diterima dan dibuang, serta modul *driver* motor dan relay untuk menggerakkan motor dan menghidupkan lampu DC12V. Output berupa aktuator (motor DC dan servo) sebagai pengarah benda menuju tempat benda diterima dan dibuang serta indikator (lampu DC12V) dari warna benda yang terdeteksi.

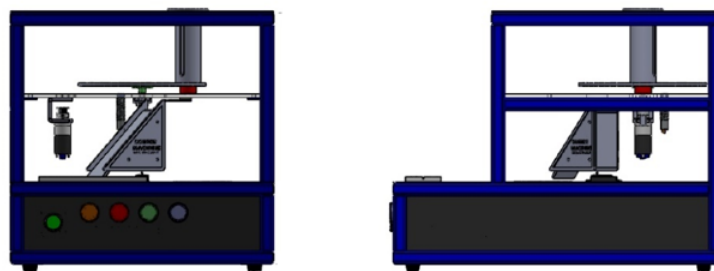
Kombinasi warna benda yang dapat diarahkan ke dalam tempat benda diterima adalah 1 (satu) warna, R atau G atau B, 2 (dua) warna R & G atau R & B atau G & B, dan 3 (tiga) warna, R & G & B. Warna benda Y hanya digunakan sebagai warna pembanding saat ketiga warna R & G & B diterima sehingga warna-warna yang diproses dan dikeluarkan pada pin digital output Arduino Uno adalah bilangan biner 3 bit, yaitu untuk warna R yang terdeteksi bernilai biner 100, warna G yang terdeteksi bernilai biner 010, dan warna B yang terdeteksi bernilai biner 001. Bilangan biner dari warna benda tersebut kemudian disusun menjadi tabel kebenaran bilangan biner 3 bit dengan input RGB mulai dari 000 sampai dengan 111. Output dari tabel kebenaran tersebut memiliki kondisi dimana bilangan biner 100 (R), 010 (G), 001 (B) menghasilkan output bernilai 1 dan bilangan biner selain 3 (tiga) nilai tersebut menghasilkan output bernilai 0. Dari kombinasi warna benda yang diterima, tabel kebenaran yang dapat dihasilkan adalah 7 buah sehingga masing-masing tabel kebenaran dapat dihasilkan menjadi sebuah rangkaian pengendali elektronika dengan menggunakan prinsip Karnaugh Map yang dirangkai menggunakan IC Digital berupa IC NOT, AND, dan/atau OR. Karnaugh Map dapat digunakan untuk mengkonversi tabel kebenaran menjadi sebuah rangkaian logika yang sederhana (Karnaugh, 1953), sistematis dan cepat karena bentuk fungsi logika yang minimal (Santos & Da Silva, 2017). Output dari rangkaian pengendali

Karnaugh Map dikirimkan ke pin digital input Arduino Uno untuk diproses sebagai sinyal/perintah untuk menggerakkan motor servo ke arah tempat benda diterima dan dibuang.

Desain mesin sortir yang telah dihasilkan akan divalidasi oleh 2 (dua) orang ahli media dan ahli materi dalam sebuah seminar internal. Pada mesin sortir, terdapat meja putar untuk memindahkan benda dari tempat pendeteksi warna menuju *magazine* pengarah benda menuju tempat benda diterima atau dibuang. Desain awal mesin sortir dibuat dengan beban meja putar dibuat bertumpu langsung pada motor DC dan *magazine* pengarah benda menuju tempat diterima dan dibuang seperti pada Gambar 1. Desain mesin sortir yang sudah diperbaiki kemudian direalisasikan dan diuji untuk memastikan bahwa mesin yang dibuat dapat bekerja sesuai fungsinya sehingga pada penelitian selanjutnya mesin ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran.



Gambar 1. Desain mesin sortir dengan beban meja putar terhubung langsung pada motor DC; mesin sortir tampak depan (kiri) dan tampak samping (kanan)

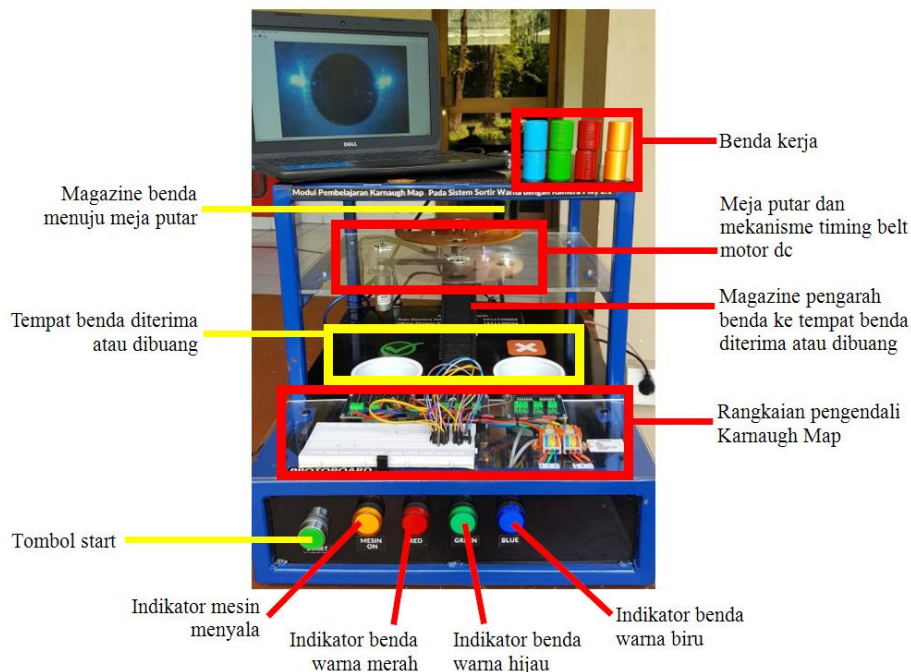


Gambar 2. Desain mesin sortir dengan beban meja putar menggunakan mekanisme *timing belt* yang terhubung pada motor DC; mesin sortir tampak depan (kiri), dan tampak samping (kanan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk berupa mesin sortir dengan pengendali rangkaian elektronika Karnaugh Map dan Arduino Uno serta sensor warna benda berupa kamera Pixy2 CMUcam5 yang ditunjukkan pada Gambar 3. Desain dan produk mesin sortir telah

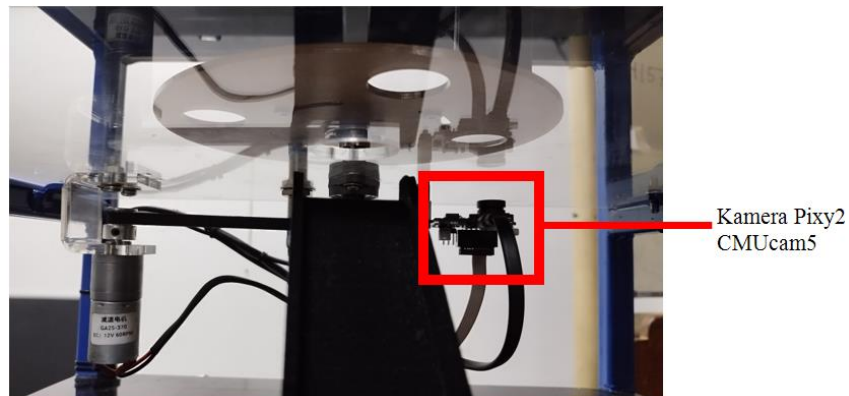
divalidasi. Dari hasil validasi diperoleh bahwa desain mekanik dari meja putar terhadap motor DC perlu diperbaiki. Desain meja putar yang dibuat dengan beban yang bertumpu langsung pada motor DC menyebabkan putaran meja putar yang tidak stabil, dimana kelemahannya lubang pada meja putar tidak dapat berhenti tepat di bawah *magazine* sehingga proses perpindahan benda dari *magazine* menuju lubang yang terdapat pada meja putar akan terhambat. Hal ini berdampak pada proses selanjutnya, yaitu sinyal informasi untuk mengendalikan motor servo sudah terkirim, tetapi benda yang akan diterima atau dibuang belum sampai. Artinya, terjadi keterlambatan respon pada proses selanjutnya. Oleh karena itu, beban meja putar diperbaiki menggunakan mekanisme *timing belt* dengan rasio 1:1 sehingga beban tidak langsung tertumpu pada motor DC. Pada mekanisme *timing belt* motor DC terdapat tensioner sebagai pengatur perbaikan posisi meja putar agar lubang benda tepat berada di bawah *magazine*. Desain *magazine* untuk memindahkan benda menuju ke tempat benda diterima atau dibuang mengalami perubahan agar *magazine* lebih tahan lama dan stabil. Desain akhir mesin sortir yang telah mengalami perbaikan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 3. Mesin sortir menggunakan kamera Pixy2 CMUcam5 dan rangkaian pengendali Karnaugh Map serta Arduino Uno



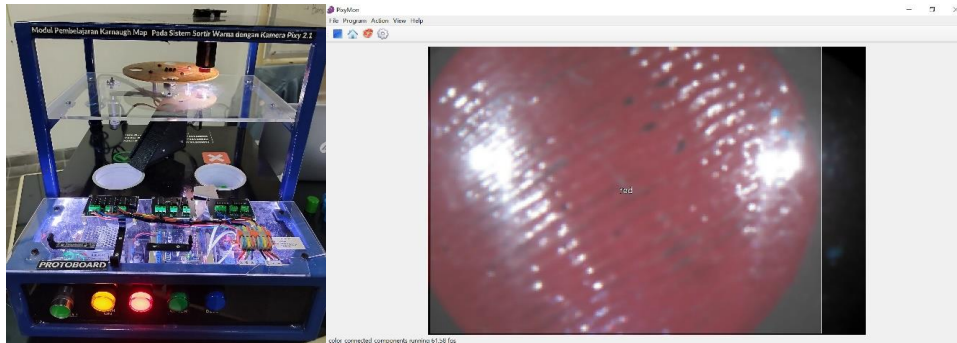
Gambar 4. Rangkaian pengendali mesin sortir berupa rangkaian Karnaugh Map (atas) dan Arduino Uno serta rangkaian elektrik lainnya (di bawah/di dalam kerangka mesin)



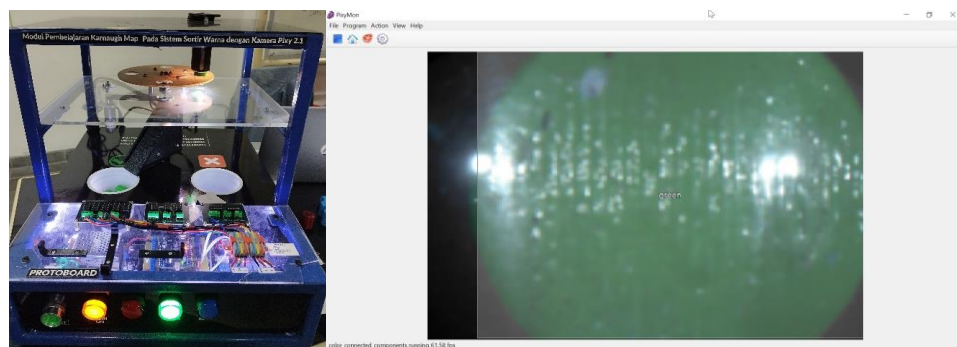
Gambar 5. Kamera Pixy2 CMUcam5 yang diletakkan di bawah *base* (akrilik) meja putar

Rangkaian pengendali elektronika berupa rangkaian Karnaugh Map dan Arduino Uno ditunjukkan pada Gambar 4. Rangkaian pengendali elektronika berupa rangkaian Karnaugh Map dengan metode penyederhanaan logika berupa *Sum of Product* (SOP) atau *Product of Sum* (POS) menggunakan IC digital yang menghasilkan rangkaian kombinasi gerbang NOT – AND atau NOT – OR atau NOT – AND – OR atau NOT – OR – AND terletak di bagian atas. Rangkaian elektronika *power supply*, *driver relay*, *step down*, *driver motor*, dan Arduino Uno terletak di bawah rangkaian Karnaugh Map atau di dalam box kerangka mesin. Kamera Pixy2 CMUcam5 yang ditunjukkan pada Gambar 5 memiliki lampu internal sehingga pendeteksian warna benda menjadi lebih mudah. Pendeteksian warna benda sangat dipengaruhi oleh cahaya lingkungan sehingga dengan adanya lampu internal ini warna benda tampak jelas terdeteksi dimanapun ruangnya sehingga meminimalisir kesalahan pembacaan warna benda. Dengan begitu, cahaya di dalam ruangan maupun di luar ruangan tidak mempengaruhi pendeteksian warna benda pada mesin ini. Sebagai media pembelajaran, mesin sortir ini dilengkapi dengan *breadboard* seperti pada Gambar 4 yang nantinya akan digunakan oleh

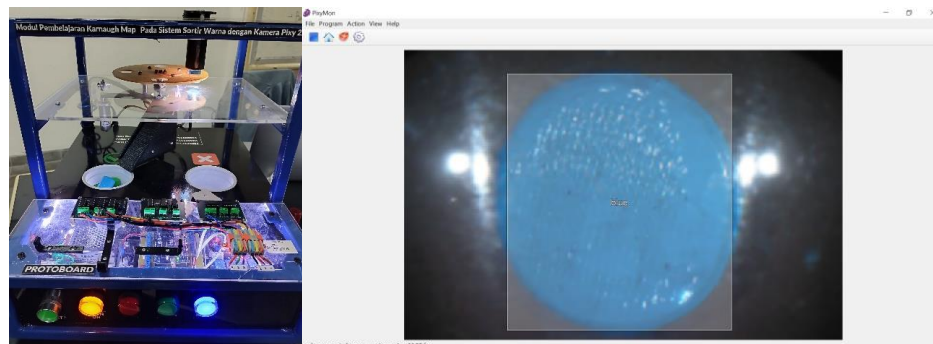
Mahasiswa dalam membuat rangkaian pengendali Karnaugh Map untuk menggantikan rangkaian Karnaugh Map master yang sudah terpasang pada mesin sortir. Selain itu, mesin ini juga dapat diprogram ulang baik untuk pendeteksian warna benda maupun untuk pengendalian motor DC dan motor servo.



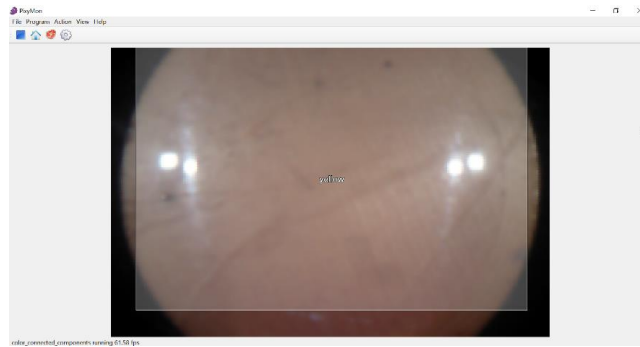
Gambar 6. Pendeteksian warna benda merah (*Red - R*); indikator lampu merah ‘ON’ pada mesin sortir (kiri) dan hasil gambar tangkapan kamera Pixy2 CMUcam5 (kanan)



Gambar 7. Pendeteksian warna benda hijau (*Green - G*); indikator lampu hijau ‘ON’ pada mesin sortir (kiri) dan hasil gambar tangkapan kamera Pixy2 CMUcam5 (kanan)



Gambar 8. Pendeteksian warna benda biru (*Blue - B*); indikator lampu biru ‘ON’ pada mesin sortir (kiri) dan hasil gambar tangkapan kamera Pixy2 CMUcam5 (kanan)



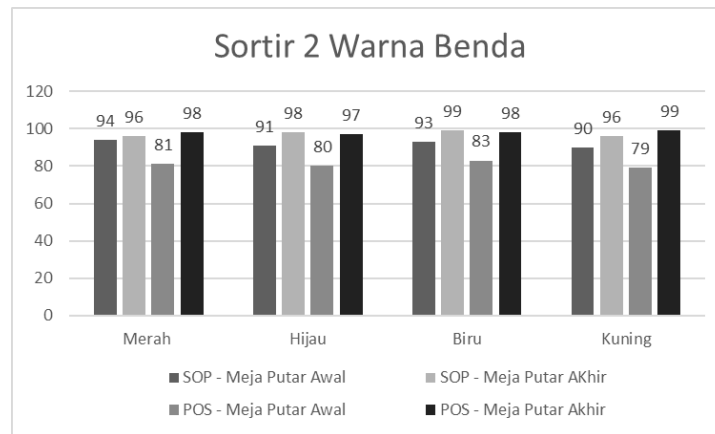
Gambar 9. Pendeteksian warna benda kuning (*Yellow – Y*) yang tertangkap kamera Pixy2 CMUcam5

Pendeteksian warna benda yang dihasilkan oleh mesin sortir ini ditunjukkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 9. Pada Gambar 6 merupakan hasil pendeteksian warna benda merah (R), dimana indikator lampu merah menyala dan pada jendela aplikasi PixyMon juga menunjukkan hasil deteksi warna merah (*red*). Pada Gambar 7 merupakan hasil pendeteksian warna benda hijau (G), dimana indikator lampu hijau menyala dan pada jendela aplikasi PixyMon juga menunjukkan hasil deteksi warna hijau (*green*). Pada Gambar 8 merupakan hasil pendeteksian warna benda biru (B), dimana indikator lampu biru menyala dan pada jendela aplikasi PixyMon juga menunjukkan hasil deteksi warna biru (*blue*). Pada Gambar 9 merupakan hasil pendeteksian warna benda kuning (Y), dimana hanya pada jendela aplikasi PixyMon menunjukkan hasil deteksi warna merah, tetapi tidak ada lampu indikator untuk warna benda kuning. Hasil pendeteksian masing-masing warna menunjukkan bahwa proses pendeteksian berjalan dengan baik, dimana warna indikator lampu dan jendela aplikasi PixyMon menghasilkan pembacaan yang sesuai dengan warna yang dideteksi.

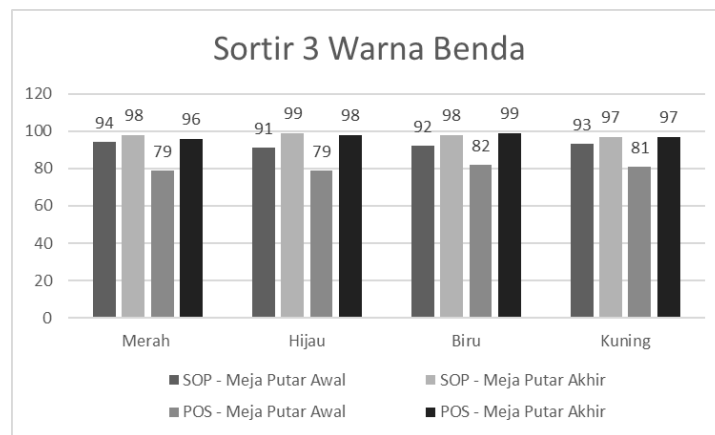
Keberhasilan dari proses sortir mesin ini sangat dipengaruhi oleh pendeteksian warna yang dideteksi. Akan tetapi, pada mesin ini kesalahan pendeteksian warna benda tidak terjadi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kamera Pixy2 CMUcam5 yang memiliki lampu internal memberikan dampak positif bahwa pencahayaan ruangan tidak mempengaruhi proses pendeteksian warna benda.

Hasil proses pensortiran yang dilakukan mesin ini untuk jenis rangkaian Karnaugh Map sortir satu (1) warna benda, dua (2) warna benda, dan tiga (3) warna benda ditunjukkan pada Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12. Rangkaian Karnaugh Map yang digunakan untuk benda yang diterima antara lain, yaitu untuk sortir satu (1) warna benda adalah pensortiran warna hijau, sortir dua (2) warna benda adalah pensortiran untuk warna merah dan biru, dan

sortir tiga (3) warna benda adalah pensortiran untuk warna merah, hijau, dan biru. Masing-masing jenis rangkaian Karnaugh Map menggunakan dua (2) metode penyederhanaan rangkaian logika SOP dan POS. Dari 100 kali pengujian untuk setiap warna benda pada masing-masing jenis sortir, jumlah warna benda yang tersortir dengan tepat menggunakan desain meja putar akhir lebih banyak daripada pensortiran dengan menggunakan desain meja putar awal.



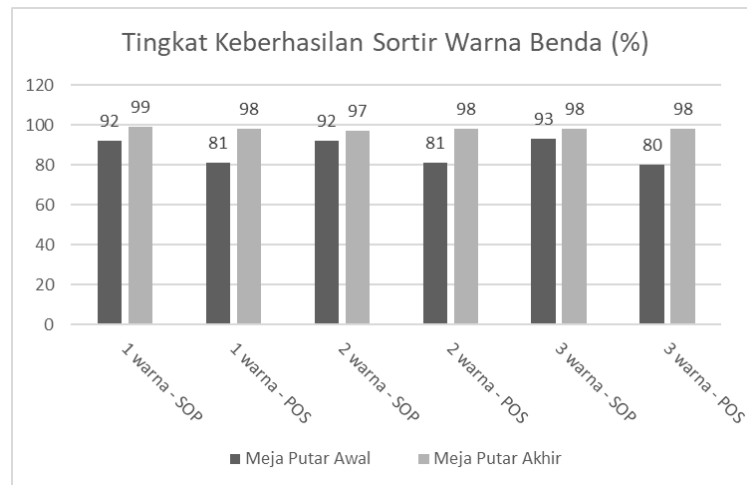
Gambar 11. Pensortiran dengan dua (2) warna benda yang diterima (R&G/R&B/G&B) dari 100 kali pengujian untuk setiap warna (R, G, B, Y) dan dengan desain meja putar awal & akhir



Gambar 12. Pensortiran dengan tiga (3) warna benda yang diterima (R&G&B) dari 100 kali pengujian untuk setiap warna (R, G, B, Y) dan dengan desain meja putar awal & akhir

Dari Gambar 13, proses pensortiran dengan desain meja putar awal dan akhir diperoleh bahwa rata-rata keberhasilan pensortiran dengan desain meja awal sebesar 86,42% dengan kesalahan standar sebesar 0,82, sedangkan untuk desain meja putar akhir diperoleh rata-rata keberhasilan pensortiran dengan desain meja awal sebesar 97,96% dengan kesalahan standar

sebesar 0,58. Untuk itu, desain meja putar awal memberikan performa dan hasil pensortiran yang lebih baik daripada menggunakan desain meja putar akhir.



Gambar 13. Persentase rata-rata keberhasilan pensortiran untuk setiap jenis rangkaian Karnaugh Map dengan desain meja putar awal dan akhir

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah menghasilkan mesin sortir menggunakan kamera Pixy2 CMUcam5 dan rangkaian pengendali Karnaugh Map serta Arduino Uno. Desain meja putar akhir yang menggunakan mekanisme *timing belt* dengan rasio gear 1:1, dimana beban meja putar tidak lagi bertumpu langsung pada motor DC, memberikan performa dan hasil pensortiran yang lebih baik. Performa yang baik didapatkan dari rata-rata keberhasilan pensortiran yang dihasilkan oleh desain meja putar akhir untuk semua jenis rangkaian Karnaugh Map sebesar 97,96% dan kesalahan standar sebesar 0,58.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih atas didanainya penelitian ini oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma melalui Hibah Penelitian Dosen Muda dengan No. 007/Penel./LPPM-USD/II/2022.

DAFTAR PUSTAKA

Abbood, W. T., Hussein, H. K., & Abdullah, O. I. (2019). Industrial Tracking Camera And Product Vision Detection System. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments (JMERD)*, 42(4), 277–280.

- Adji, J. W., Ariwibowo, D., & Fatkhurrohman, M. (2020). Media Pembelajaran Trainer Kit Elektropneumatik pada Mata Pelajaran Sistem Pengendali Elektronik di SMK Negeri. *JUPITER(Jurnal Pendiikan Teknik Elektro)*, 05(01), 14–21.
- Ali, M. S., & Ali, M. S. R. (2017). Automatic multi machine operation with product sorting and packaging by their colour and dimension with speed control of motors. *Proceedings of IEEE International Conference on Advances in Electrical Technology for Green Energy 2017, ICAETGT 2017*, (pp. 88-92).
- Jalal Al-Sammarraie, M. A., & Özbek, O. (2021). Comparison of the Effect Using Color Sensor and Pixy2 Camera on the Classification of Pepper Crop. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 44(1), 396–403.
- Karnaugh, M. (1953). The Map Method For Synthesis of Combinational Logic Circuits. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, Part I: Communication and Electronics*, 72(5), 593–599.
- Kurniawan, W. D., & Budijono, A. P. (2013). Berbasis Komputer Pokok Bahasan Programmable Logic. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 21(3), 191–202.
- Ni San Hlaing, N., Man Oo, H., & Thin Oo, T. (2019). Colour Detector and Separator Based on Microcontroller. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (Ijtsrd)*, 3(5), 1103–1108.
- Prapaskah, Y. A., Permata, E., & Fatkhurrokhman, M. (2020). Trainer Kit Pneumatik sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Mekatronika. *ELINVO (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 5(2), 149–159.
- Sachdeva, A., Gupta, M., Pandey, M., & Khandelwal, P. (2017). Development Of Industrial Automatic Multi Colour Sorting and Counting Machine Using Arduino Nano Microcontroller and TCS3200 Colour Sensor. *The International Journal of Engineering and Science*, 06(04), 56–59.
- Safaris, A., & Effendi, H. (2020). Rancang Bangun Alat Kendali Sortir Barang Berdasarkan Empat Kode Warna. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(2), 399–410.
- Santos, A. A., & Da Silva, A. F. (2017). Methodology for Manipulation of Karnaugh Maps Designing for Pneumatic Sequential Logic Circuits. *International Journal of Mechatronics and Automation*, 6(1), 46–54.
- Sasidhar, K., Farooqi, S., Moin, M. A., & Sachin, M. (2018). Design and Development of a Colour Sorting Machine using PLC and SCADA. *International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI)*, V(VII), 198–202. www.rsisinternational.org
- Saviraningsih, Y., -, I., & Aribowo, D. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Berbasis Android Pada Program Keahlian Teknik Mekatronika di SMK Negeri 1 Kota Cilegon. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 8(2), 299–307.
- Sugiyono. (2011). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Vandana, S., Shamukha Sri Sai, K., Rohila, P., & Manideep, V. (2021). PLC Operated Colour Based Product Sorting Machine. *International Conference on Advances in*

Materials Science, Communication and Microelectronics (ICAMCM 2021), (pp. 1-9).

Yadav, A., Zanzane, A., Soni, S., Teli, S., & Kamble, P. (2019). Color Based Product Sorting Machine Using PLC. *2nd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST)*.

RANCANG BANGUN ALAT PARUT MODIFIKASI SEBAGAI TEKNOLOGI TEPAT GUNA

Ovilia Putri Utami Gumay, Reno Ali Afan

Author Address; zhoulia127@gmail.com

^{1,2}Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas PGRI Silampari, Lubuklinggau, Indonesia

Received: 27 Desember 2022

Revised: 15 Januari 2023

Accepted: 30 Mei 2023

Abstract: Coconut meat is one type of raw material that is most often used in the small food catering industry, where coconut processing is done by grating it. The process of grating coconut is sufficient to be done manually with a simple grater board if there are only a few, to produce a good grater, the speed of a manual grater requires approximately 3000 grating movements every hour. A coconut grater is a tool product for household needs that functions as a tool to crush coconuts into small granules, with the aim of obtaining the coconut milk contained in the coconut flesh. This study aims to design an appropriate technology in the form of a more ergonomic mid-scale modified coconut grater. From the test results obtained, the higher the rotational speed of the cylinder or the cutting speed of the grating knife, the higher the grating capacity. This is because the faster the cutting speed of the grating knife, the faster the cycle or frequency of grating.

Keywords: Coconut, Grater

Abstrak: Daging buah kelapa merupakan salah satu jenis bahan baku yang paling sering digunakan industri kecil catering makanan, dimana kelapa proses pengolahannya dilakukan dengan cara diparut. Proses pamarutan kelapa cukup dilakukan dengan manual dengan papan parut sederhana jika berjumlah sedikit, untuk menghasilkan parutan bagus, kecepatan parutan manual yang dibutuhkan kurang lebih 3000 gerakan parut setiap jam. Alat pamarut kelapa adalah salah satu produk alat untuk kebutuhan rumah tangga yang berfungsi sebagai alat untuk menghancurkan buah kelapa menjadi butiran-butiran kecil, dengan tujuan untuk memperoleh santan yang terkandung di daging buah kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk merancang teknologi tepat guna berupa alat parut kelapa modifikasi skala menengah yang lebih ergonomis. Dari hasil pengujian yang diperoleh semakin tinggi kecepatan putar silinder atau kecepatan potong pisau parut maka semakin tinggi kapasitas pamarutan. Hal ini disebabkan karena semakin cepat kecepatan potong pisau parut maka siklus atau frekuensi pamarutan berlangsung lebih cepat.

Kata kunci: Kelapa, Pamarut

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan manfaat dan dampak positif serta negatif bagi kehidupan manusia, baik dari efektifitas kerja dan efisiensi kerja. Kehidupan manusia menjadi terpenuhi secara instan, serba cepat dan segala sesuatu menjadi serba mudah. Hampir seluruh masyarakat Indonesia mengenal tanaman kelapa. Karena tanaman tersebut tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Berdasarkan data Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (2020) bahwa tanaman kelapa di Indonesia mencapai 3.500.726 (ha) dan menghasilkan produksi sebanyak 2.992.190 (ton) pada tahun 2019 (Hardono, J, 2017). Produksi kelapa sebagian besar berasal dari perkebunan rakyat yang

melibatkan 7,7 juta KK petani. Sebagian petani mengolah kelapa menjadi minyak kelapa (Gundara, G., & Riyadi, S, 2017).

Pengupasan sabut kelapa umumnya dilakukan secara tradisional, namun mempunyai beberapa kekurangan seperti kapasitas kerja yang kecil. Pengupasan kelapa membutuhkan waktu sekitar 1 – 5 menit dengan upah sebesar Rp 300 sampai Rp 400,- per buah (Putera et al., 2019). Dengan demikian jika dilakukan pengolahan minyak kelapa dengan jumlah yang cukup banyak maka waktu, biaya dan tenaga yang dibutuhkan cukup besar. Hal yang sama juga terjadi pada proses pamarutan kelapa, umumnya masyarakat menggunakan parut kelapa manual. Alat parut kelapa manual biasanya terbuat dari plat besi yang memiliki duri kecil yang berada dipermukaan plat (Hardono, 2017; Nugraha, F. T. W., & Fauzi, A. S, 2022). Alat ini sangat sederhana, membutuhkan waktu yang cukup lama hanya untuk memarut satu buah kelapa serta tidak jarang sering terjadi luka ringan. Oleh karena itu, seiring dengan berkembangnya teknologi seperti kondisi sekarang ini, manusia dituntut untuk melakukan suatu inovasi baru yang dapat memudahkan pekerjaan menjadi lebih efisien (Hamdi & Purkuncoro, 2019).

Daging buah kelapa merupakan salah satu jenis bahan baku yang paling sering digunakan industri kecil catering makanan, dimana kelapa proses pengolahannya dilakukan dengan cara diparut. Proses pamarutan kelapa cukup dilakukan dengan manual dengan papan parut sederhana jika berjumlah sedikit, untuk menghasilkan parutan bagus, kecepatan parutan manual yang dibutuhkan kurang lebih 3000 gerakan parut setiap jam. Alat pamarut kelapa adalah salah satu produk alat untuk kebutuhan rumah tangga yang berfungsi sebagai alat untuk menghancurkan buah kelapa menjadi butiran-butiran kecil, dengan tujuan untuk memperoleh santan yang terkandung di daging buah kelapa (Sinaga, F. M., Munir, A. P., & Daulay, S. B, 2016).

Setelah melakukan pengamatan dan pengumpulan data di berbagai pelaku usaha jasa parut kelapa dan pelaku usaha yang menggunakan mesin pamarut kelapa untuk diambil santannya mereka mengeluhkan besarnya biaya yang dikeluarkan setiap bulannya untuk membeli bahan bakar minyak untuk menghidupkan mesin motor bakar, itu juga belum termasuk biaya untuk perawatannya. Selain itu biaya perawatan motor bakar jika dihitung juga lebih banyak dibanding dengan motor listrik. Dari latar belakang tersebut maka teretuslah ide untuk membuat alat pamarut kelapa dengan daya yang rendah dan cukup terjangkau bagi semua kalangan tetapi bisa menampung beban kapasitas pamarutan yang cukup banyak.

Berdasarkan identifikasi permasalahan yang telah dijabarkan, maka peneliti akan merancang teknologi tepat guna berupa alat parut kelapa skala menengah. Adapun tujuan rancang bangun alat pamarut kelapa ini adalah untuk mewujudkan alat pamarut kelapa yang mempunyai sistem sederhana, murah, mudah dioperasikan dan dirawat, serta dapat meningkatkan penggunaan alat tersebut, dan untuk mendukung perkembangan alat pamarut kelapa yang sudah ada di masyarakat dan industri kecil.

LANDASAN TEORI

Dalam tata nama atau sistematika (taksonomi) tumbuh-tumbuhan, tanaman kelapa (*cocos nucifera*) dimasukan kedalam klasifikasi sebagai berikut tumbuh-tumbuhan, tumbuh berbiji, biji tertutup dan biji berkeping satu. Tanaman kelapa digolongkan ke dalam famili yang sama dengan sagu (*metroxylon* sp), salak (*salaca edulis*), aren (*arenga pinata*), dan lain-lain. Penggolongan varietes kelapa pada umumnya didasarkan pada perbedaan umur pohon mulai berubah bentuk dan ukuran buah, warna buah, serta sifat-sifat kusus yang lain. Kelapa memiliki berbagai nama daerah. Secara umum, buah kelapa dikenal sebagai *coconut*, orang belanda menyebutnya *kokosnoot* atau *klapper*, sedangkan orang prancis menyebutnya *cocotier*. Di Indonesia kelapa biasanya disebut krambil atau klapa (Alianda, R., Halil, M., & Tonadi, E, 2022).

Hampir seluruh masyarakat Indonesia mengenal tanaman kelapa. Karena tanaman tersebut tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Berdasarkan data Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (2020) bahwa tanaman kelapa di Indonesia mencapai 3.500.726 (ha) dan menghasilkan produksi sebanyak 2.992.190 (ton) pada tahun 2019. Produksi kelapa sebagian besar berasal dari perkebunan rakyat yang melibatkan 7,7 juta KK petani. Sebagian petani mengolah kelapa menjadi minyak kelapa. Buah tanaman kelapa bisa diolah menjadi berbagai macam – macam produk, salah satunya adalah santan, minyak kelapa, biodiesel, dan minyak kopra. Semua produk olahan tersebut berawal dari santan yang dihasilkan melalui proses pamarutan buah kelapa kemudian diperas diambil sarinya. Seiring perkembangan zaman proses pembuatan santan mengalami banyak sekali inovasi teknologi diantaranya adalah proses pembuatan santan secara manual hingga menggunakan mesin bertenaga motor listrik atau motor bakar yang masih mendominasi mesin parut kelapa (Nasir, R, 2018).

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dewasa ini mendorong manusia untuk terus berinovasi dalam menciptakan sarana dan prasarana, guna meningkatkan efisiensi dan efektifitas kerja (Gumay, O. P. U., Ariani, T., & Putri, G. A, 2020). Teknologi diciptakan

untuk membantu meringankan pekerjaan masyarakat dan agar menghasilkan hasil yang lebih maksimal, salah satu contohnya alat parut kelapa. Alat parut kelapa merupakan salah satu mesin pengolahan kelapa yang digunakan untuk memarut daging kelapa. Sebelum diolah menjadi pangan atau bumbu masak kelapa terlebih dahulu diparut menggunakan alat pamarut kelapa. Tingginya tingkat konsumsi kelapa, baik untuk rumah tangga maupun industri. Karena banyaknya peminatan akan kelapa, membuat usaha parut kelapa juga akan meningkat. Hampir semua pasar terdapat jasa parut kelapa, sehingga kebutuhan alat parut kelapa ini sangat penting untuk menunjang usaha. Untuk menjaga serta meningkatkan kapasitas pamarutan pada rumah tangga dan industri kecil sudah di buat alat bantu atau mesin parut kelapa (Manane et al., 2021:35-40).

Melihat dari alat parut kelapa model roll dan model scraper yang telah dibuat dan dipasarkan, proses pamarutan rata-rata masih dilakukan secara manual yaitu memegang langsung pada batok kelapa atau mengupas tempurung kelapa terlebih dahulu, dibelah dan langsung diparut pada mesin. Hal ini dinilai membutuhkan tenaga yang relatif besar, banyak menguras tenaga, membutuhkan waktu yang cukup banyak, berisiko tinggi.

Metode-metode dalam parut kelapa mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Pada industri rumah tangga, pembuatan hasil olahan bahan-bahan pertanian melalui proses pamarutan masih dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan tangan. Alat pamarut yang digunakan adalah alat pamarut tradisional dengan luas permukaan parut yang kecil. Penggunaan alat pamarut manual menghasilkan kapasitas rendah yaitu rata-rata 10 butir kelapa/jam dan hal ini akan memakan waktu yang lama dalam prosesnya dan menghabiskan tenaga. Sedangkan mesin pamarut yang tersedia di pasaran adalah sebuah mesin pamarut yang besar dengan banyak instrumen alat, sehingga tidak cocok dipakai untuk skala rumah tangga dan pemeliharaan alat sangatlah rumit (Alfons, G. D., Argo, B. D., & Lutfi, M, 2015).

METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian “Rancang Bangun Alat Parut Modifikasi Sebagai Teknologi Tepat Guna” dilaksanakan di Kelurahan Ulak Surung, Kecamatan Lubuklinggau Utara II pada bulan September s.d bulan Oktober 2022.

B. Alat dan Bahan

1. Alat-alat

Alat-alat yang digunakan untuk membuat alat pamaru iniantara lain:

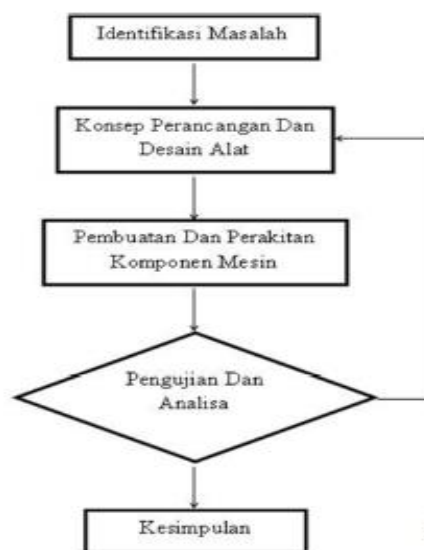
- a. Gergaji ukuran 1 cm, 1,5 cm, 3 cm)
- b. Martil (palu)
- c. Meteran
- d. Siku
- e. Pahat (sebanyak 3 buah dengan
- f. Bor tangan
- g. Mata bor (1/2 inchi, 3/8 inchi, 5/8 inchi)
- h. Kunci Inggris

2. Bahan

- a. Kayu keras (seperti kayu besi) 5 x 10 cm x panjang 3m (4 batang)
- b. Papan (3 x 25 cm x panjang 3 m) (1 batang)
- c. Mata Parutan Stainlis (besi putih) (1 buah)
- d. Pulley 17-20 mm yang sesuai ukuran as parutan (1 buah)
- e. Baut 1/2" x 16 cm (untuk pasang pedal dan mata parutan) (6 buah)
- f. Baut 1/2" x 12 cm (untuk baut kayu) (12 buah)
- g. Ring (untuk baut)(16 buah)
- h. Tali banbel 2,5m (1 buah)
- i. Rantai sepeda (1 buah lebih)
- j. Klahar
- k. Gir (1 buah)
- l. As Pedal (1 pasang)
- m. Piring/trap sepeda
- n. Paku secukupnya
- o. Velg belakang (60 cm)
- p. Pen strap
- q. Karet velg
- r. Keroncong (untuk trap)(1 buah)
- s. Hagel (3/16")

C. Rancangan Penelitian

Adapun Diagram alir penelitian tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram alir

Adapun langkah dalam pembuatan alat parut tersebut adalah sebagai berikut:

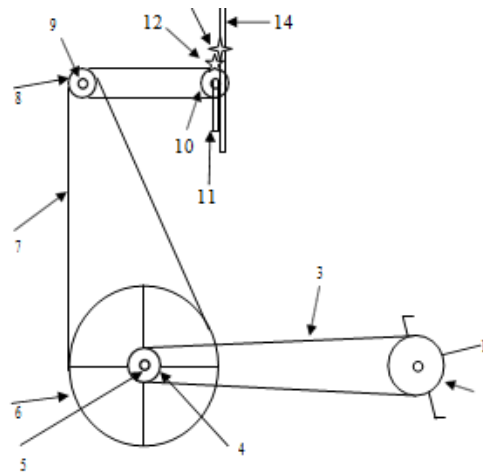
1. Cuci (skap) kayu tersebut hingga bersih dengan ketebalan 5 x 10 cm, kemudian potonglah kayu-kayu menurut ukuran di bawah ini.

Potonglah kayu ukuran 100 cm	5 potong
Potong juga kayu dengan ukuran 95 cm	2 potong
Potong juga kayu dengan ukuran 80 cm	1 potong
Potong juga kayu dengan ukuran 71 cm	2 potong
Potong juga kayu dengan ukuran 51 cm	2 potong
Potong juga kayu dengan ukuran 42 cm	3 potong
Potong juga kayu dengan ukuran 21 cm	2 potong
2. Kemudian kayu tersebut dibentuk menurut gambar. Untuk menyambung ujung kayu yang satu dengan kayu yang lain bisa menggunakan pen kayu (sejenis baut yang terbuat dari kayu), namun ujung atau tempat di mana pen kayu tersebut akan dipasang perlu dilubangi dulu dengan jalan dibor.
3. Kemudian pola bentuk persegi panjang pada setiap sisi depan dan belakang dari balokan yang sudah dipotong dan dibersihkan tadi. Untuk sisi depan pada pola ditambahkan potongan kayu balok membentuk persegi panjang guna menempatkan roda velg sepeda agar dapat berputar.
4. Setelah itu paku pada pola yang sudah dibuat tadi.
5. Agar pola persegi panjang tidak goyang pada setiap sisi balok yang sudah dipola berikan penyangga berupa balokan kayu kemudian paku.
6. Selanjutnya buat pola persegi untuk bagian belakang atau tempat duduk pamarut.
7. Setelah semua pola bagian aal selesai buat pola untuk pemasangan mata parut, yang terbuat dari triplek membentuk persegi panjang. Kemudian tutup kanan kirinya menggunakan papan juga.
8. Untuk bagian dalam pemasangan mata parut buat pola persegi dari papan, pada tiap sisi kanan kirinya dipaku dari pola yang telah dibuat hanya saja untuk bagian atasnya ditutup setengah saja dari papan guna untuk memasukkan kelapa pada mata parut.
9. Setelah kayu tersebut sudah terbentuk dengan baik sesuai gambar pola, langkah selanjutnya adalah memasang velg dan pedal sepeda pada tempatnya. Setelah itu memasang rantai pada gir velg dan piring.

10. Biasanya ukuran rantai sepeda tidak sesuai ukuran alat pamarut ini, jadi sebelum dipasang, rantai itu harus disambungkan dengan sepotong rantai pendek yang lain, lalu diikuti dengan pemasangan mata parutan.
11. Setelah dua alat ini terpasang dengan baik, kemudian dengan menggunakan tali banbel hubungkan ke velg (sambung setiap tali tersebut dengan cara membakar kedua ujungnya), setelah itu kencangkanlah tali plastik tersebut menyerupai bentuk '8'.
12. Kemudian pasanglah penutup mata parutan dan papan yang digunakan untuk mengatur hasil dari bahan yang diparut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, peneliti mendesain alat parut sesuai gambar berikut:



Gambar 2. Desain Alat Parut

Komponen-komponen yang digunakan dalam mendesain alat sesuai gambar, dimana komponen tersebut meliputi :

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1. Poros penggerak | 7. Sabuk (V-belt) |
| 2. Roda gigi penggerak | 8. Puli |
| 3. Rantai | 9. Poros pada puli |
| 4. Roda gigi yang digerakkan | 10. Puli penghubung |
| 5. Poros yang digerakkan | 11. Poros puli penghubung |
| 6. Roda besar | 12. Pisau parut |
- A. Gaya Putar Pedal

$$50 \text{ rpm} = \frac{50 \times \pi \text{ rad}}{60 \text{ sekon}}$$

$$50 \text{ rpm} = 1,667 \pi \text{ rad/s}$$

$$50 \text{ rpm} = 3,14 \times 1,667$$

$$n_2 = 5,234 \text{ rad/s}$$

Putaran pedal yang diperoleh dari pengukuran alat sepeda yaitu 50 rpm atau sebesar 5,234 rad/s.

B. Perhitungan Pada Roda Gigi

Diameter pada roda gigi penggerak = 0,168 m, diameter roda gigi yang digerakkan = 0,065 m

1. Putaran pada poros yang digerakkan

$$n_2 D_2 = n_5 D_4 \quad (1)$$

Dimana :

n_2 = Putaran pedal

D_2 = Diameter roda penggerak

n_5 = Putaran poros yang digerakkan

D_4 = Diameter roda gigi yang digerakkan

Sehingga dapat diperoleh

$$n_2 D_2 = n_5 D_4 \quad (2)$$

$$5,234 \text{ rad/s} \cdot 0,168 \text{ m} = n_5 \cdot 0,065 \text{ m}$$

$$0,879 \text{ m rad/s} = n_5 \cdot 0,065 \text{ m}$$

$$n_5 = \frac{0,879 \text{ m rad/s}}{0,065 \text{ m}}$$

$$n_5 = 13,523 \text{ rad/s}$$

Dari hasil yang diperoleh putaran poros roda yang digerakkan adalah sebesar 13,523 rad/s.

2. Perbandingan putaran

$$i = \frac{n_2}{n_5} \quad (3)$$

Dimana :

i = Perbandingan putaran

n_2 = Putaran pada poros penggerak

n_5 = Putaran pada poros yang digerakkan

Sehingga diperoleh :

$$i = \frac{n_2}{n_5} \quad (4)$$

$$i = \frac{13,523 \text{ rad/s}}{5,234 \text{ rad/s}}$$

$$i = 2,583 \text{ rad/s}$$

3. Kecepatan keliling roda penggerak

$$V_{rg} = \omega \cdot R_{rg} \quad (5)$$

Dimana :

$$\omega = 2 \pi n_2$$

$$D_2 = 0,168 \text{ m}$$

$$R_2 = 0,168 \times \frac{1}{2} = 0,084 \text{ m}$$

$$n_2 = 5,234 \text{ rad/s}$$

Sehingga diperoleh :

$$V_{rg} = \omega \cdot R_{rg} \quad (6)$$

$$V_{rg} = 2 \pi n_2 \cdot R_2 \quad (7)$$

$$V_{rg} = 2 \cdot 3,14 \cdot 5,234 \text{ rad/s} \times 0,084 \text{ m}$$

$$V_{rg} = 32,86952 \text{ rad/s} \times 0,084 \text{ m}$$

$$V_{rg} = 2,761 \text{ m rad/s}$$

4. Kecepatan keliling roda gigi yang digesekkan

$$V_{rg} = \omega \cdot R_{rg} \quad (8)$$

Dimana :

$$\omega = 2 \pi n_5$$

$$D_4 = 0,065 \text{ m}$$

$$R_4 = 0,065 \times \frac{1}{2} = 0,0325 \text{ m}$$

$$n_5 = 13,523 \text{ rad/s}$$

Sehingga diperoleh :

$$V_{rg} = \omega \cdot R_{rg} \quad (9)$$

$$V_{rg} = 2 \pi n_5 \cdot R_4 \quad (10)$$

$$V_{rg} = 2 \cdot 3,14 \cdot 13,523 \text{ rad/s} \times 0,0325 \text{ m}$$

$$V_{rg} = 84,924 \text{ rad/s} \times 0,0325 \text{ m}$$

$$V_{rg} = 2,760 \text{ m rad/s}$$

Dengan demikian, kecepatan keliling yang terjadi pada roda gigi penggerak dengan roda gigi yang digerakkan adalah 2,761 m rad/s dan 2,760 m rad/s

C. Perhitungan Pada Roda Besar/ Pelak, Puli Roda Gigi Poros Pisau Parut

1. Kecepatan keliling pada roda besar (V_{rb})

$$V_{rb} = \omega \cdot R_{rb} \quad (11)$$

Dimana :

$$\omega = 2 \pi n_2$$

$$D_6 = 0,36 \text{ m}$$

$$R_6 = 0,36 \times \frac{1}{2} = 0,18 \text{ m}$$

$$n_5 = 13,523 \text{ rad/s}$$

Sehingga diperoleh :

$$V_{rb} = \omega \cdot R_{rb} \quad (12)$$

$$V_{rb} = 2 \pi n_5 \cdot R_6 \quad (13)$$

$$V_{rb} = 2 \cdot 3,14 \cdot 13,523 \text{ rad/s} \times 0,18 \text{ m}$$

$$V_{rb} = 84,924 \text{ rad/s} \times 0,18 \text{ m}$$

$$V_{rb} = 15,286 \text{ m rad/s}$$

2. Menghitung putaran pada poros puli (n_9)

$$n_5 D_6 = n_9 D_8 \quad (14)$$

Dimana :

n_5 = Putaran poros yang digerakkan

D_6 = Diameter roda besar yang digerakkan

n_9 = Putaran poros puli yang digerakkan

D_8 = Diameter puli yang digerakkan

Sehingga dapat diperoleh

$$n_5 D_6 = n_9 D_8 \quad (15)$$

$$13,523 \text{ rad/s} \cdot 0,416 \text{ m} = n_9 \cdot 0,065 \text{ m}$$

$$5,625 \text{ m rad/s} = n_9 \cdot 0,065 \text{ m}$$

$$n_9 = \frac{5,625 \text{ m rad/s}}{0,065 \text{ m}}$$

$$n_9 = 86,538 \text{ rad/s}$$

3. Perbandingan putaran yang terjadi pada poros roda besar n_5 dengan poros pada puli

n_9 adalah sebagai berikut :

$$i = \frac{n_9}{n_5} \quad (16)$$

Dimana :

i = Perbandingan putaran

n_5 = Putaran pada poros penggerak

n_9 = Putaran pada poros yang digerakkan

Sehingga diperoleh :

$$i = \frac{n_9}{n_5} = \frac{86,538 \text{ rad/s}}{13,523 \text{ rad/s}} \quad (17)$$

$$i = 6,399 \text{ rad/s}$$

4. Putaran poros pisau parut

$$n_9 = n_{12} D_9 (18)$$

Dimana :

n_9 = Putaran pada poros yang digerakkan

n_{12} = Putaran poros pisau parut

D_9 = Diameter poros pisau parut

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} n_9 &= n_{12} D_9 (19) \\ 86,538 \text{ rad/s m} &= n_{12} \cdot 0,1 \text{ m} \\ n_{12} &= \frac{86,538 \text{ m rad/s}}{0,1 \text{ m}} \\ n_{12} &= 865,38 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

5. Kecepatan potong pisau parut

$$V_{potong} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (20)$$

Dimana :

D = Diameter pisau parut = 0,7 m

n_{12} = Putaran poros pisau parut = 865,38 rad/s

sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} V_{potong} &= \frac{\pi \cdot D \cdot n_{12}}{60} \quad (21) \\ V_{potong} &= \frac{3,14 \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 865,38 \text{ rad/s}}{60} \\ V_{potong} &= \frac{1,902,10524}{60} \\ V_{potong} &= 31,701 \text{ m/s} \end{aligned}$$

6. Perbandingan putaran yang terjadi pada poros puli penghubung n_{11} dengan putaran poros pada pisau parut n_{12} .

$$i = \frac{n_{12}}{n_{11}} \quad (22)$$

Dimana :

i = Perbandingan putaran

n_{11} = Putaran pada poros puli penghubung

n_{12} = Putaran pada poros puli pisau parut

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} i &= \frac{n_{12}}{n_{11}} \quad (23) \\ i &= \frac{865,38 \text{ rad/s}}{86,538 \text{ rad/s}} \end{aligned}$$

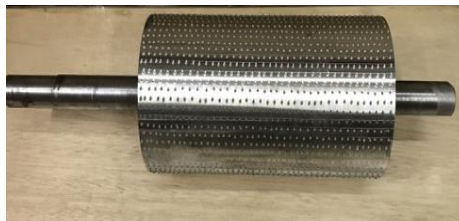
$$\dot{\theta} = 10 \text{ rad/s}$$

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan lapangan, tujuannya menemukan informasi dari referensi utama dan pendukung yang sesuai dengan informasi lapangan. Berikutnya melakukan persiapan pengadaan alat dan bahan pendukung rancangan penelitian. Pengukuran awal dilanjutkan dengan proses prancangan alat yang terdiri dari pengukuran, pemotongan, fabrikasi. Dilanjutkan dengan tahapan uji coba hasil rancangan. Dan terakhir adalah proses pengamatan (analisis hasil rancangan), jika ditemukan terdapat ketidaksesuaian, maka rancangan ditinjau kembali.



Gambar 3. Pengoperasian Alat

Pengoperasian alat dilakukan dengan meletakkan potongan daging buah kelapa ke permukaan hopper sambil didorong ke silinder parut yang sedang berputar. Pada saat tangan berjarak ± 2 cm dari silinder maka potongan daging kelapa didorong dengan potongan daging buah kelapa berikutnya untuk menghindari tangan terkena silinder parut. Mata pisau parut merupakan komponen utama yang sangat penting, yang berfungsi sebagai alat untuk penghancur daging buah kelapa. Berbentuk silinder dan memiliki duri-duri diseluruh permukaannya.



Gambar 4. Mata pisau parut

Dari hasil pengujian yang diperoleh semakin tinggi kecepatan putar silinder atau kecepatan potong pisau parut maka semakin tinggi kapasitas pamarutan. Hal ini disebabkan karena semakin cepat kecepatan potong pisau parut maka siklus atau frekuensi pamarutan

berlangsung lebih cepat. Hasil tersebut konsisten dengan hasil penelitian terdahulu (Darma, 2010).

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kapasitas pamarutan adalah tipe mesin, ukuran silinder atau pisau parut, kecepatan putar silinder atau pisau parut, kapasitas/daya sumber tenaga penggerak, karakteristik gigi (bentuk geometri, diameter, tinggi, pola susunan) dan keterampilan operator (Darma et al., 2020).

SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa:

1. Desain alat yang telah dibuat terbukti dapat digunakan dalam pamarutan kelapa.
2. Poros merupakan komponen dari alat parut kelapa yang memiliki peran penting dalam sistem transmisi, poros ini berfungsi sebagai pemutar mata parut.
3. Adapun kecepatan potong pisau parut adalah sebesar 31,701 m/s
4. Alat pamarut serbaguna ini berfungsi untuk membantu dan mempermudah pekerjaan manusia dalam hal pamarutan. Sumber tenaga dari alat pamarut ini yaitu berupa pedal sepeda, velg, tali vanbel, yang dijalankan menggunakan tenaga manusia dengan cara dikayuh.
5. Untuk pengujian $\frac{1}{2}$ buah kelapa yang berdiameter rata-rata 130 mm membutuhkan waktu 5 sampai 7 menit.

SARAN

Proses penyempurnaan alat masih diperlukan untuk meningkatkan kualitas alat parut, usulan perbaikan rancangan alat antara lain:

1. Pada saat pembersihan mata parut setelah penggunaan sebaiknya menggunakan kuas kering, jangan menggunakan air.
2. Sebelum melakukan pengoperasian, sebaiknya komponen-komponen alat diperiksa satu persatu agar tidak mengganggu proses pamarutan, misalkan pemeriksaan pulli dan poros. Komponen ini harus sering diperhatikan agar tidak mengkorosi. Demi mencegah hal tersebut, pemberian minyak pelumas/oli sangat penting untuk mencegah alat/benda yang bergerak atau berputar mengalami korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfons, G. D., Argo, B. D., & Lutfi, M. (2015). Rancang Bangun Mesin Pamarut Portable Menggunakan Motor Listrik Ac Dengan Variasi (Rpm). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(3), 349-355.
- Alianda, R., Halil, M., & Tonadi, E. (2022). Rancang Bangun Mesin Parutan Kelapa Skala Rumah Tangga Dengan Kapasitas 10 Kg/Jam. *Majalah Teknik Simes*, 16(2), 28-38.
- Darma. (2010). Prototipe Alat Pamarut Kelapa (*Cocos nucifera* L) Tipe Silinder Bertenaga Motor Listrik, *Jurnal Agrotek*, 2 (1), pp. 7-15.
- Darma, Santoso, B. dan Reniana. (2020). Kinerja Mesin Parut Sagu pada Berbagai Ukuran Gerigi dan Kecepatan Putar Silinder Pamarut. *JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian*, 8(3), pp. 113-122.
- Gundara, G., & Riyadi, S. (2017). Rancang Bangun Mesin Parut Kelapa Skala Rumah Tangga Dengan Motor Listrik 220 Volt. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1).
- Hardono, J. (2017). Rancang Bangun Mesin Pamarut Kelapa Skala Rumah Tangga Berukuran 1 Kg Per Waktu Parut 9 Menit dengan Menggunakan Motor Listrik 100 Watt. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin*, 1(1), Article 1. <http://jurnal.umt.ac.id/index.php/mjtm/article/view/185>
- Hendri, D., Susanto, H., & Munawir, A. (2020). Desain Mesin Produksi Santan Sistem Sentrifugal Kapasitas 10 Lliter/Jam. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 6(1), 85-94.
- Manane, Marten E., Daud Pulo Mangesa, Defmit B. N. Riwu. (2021). Modifikasi Alat Parut Kelapa Sistem Mekanis dengan Mata Pisau Setengah Lingkaran. *LJTMU: Undana*, 8(2), 35-40.
- Nasir, R. (2018). Analyses The Production Of Earnings In Coconut Farmer District Of Bacan The Middle East Of Sub Halmahera South. *Jurnal Ekonomi Pembangunan (JEPA)*, 5(1).
- Nugraha, F. T. W., & Fauzi, A. S. (2022). Analisa Kebutuhan Daya Pada Alat Pemas Kelapa Kapasitas 20 Kg/Jam. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 6, No. 2, pp. 377-381).
- Gumay, O. P. U., Ariani, T., & Putri, G. A. (2020). Development of Physics Modules Based on Inquiry in Business and Energy Subjects. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(1), 46-60.
- Putera, P., Intan, A., Mustaqim, F., & Ramadhan, P. (2019). Rancang Bangun Mesin Pengupas Sabut Kelapa (Design of Coconut Fiber Separator Machine). *Agroteknika*, 2(1), 31-40. <https://doi.org/10.32530/agtk.v2i1.31>
- Sinaga, F. M., Munir, A. P., & Daulay, S. B. (2016). Design of Coconut Milk Extractor with Screw Press System. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 4(4), 562-569.

DESAIN PHYSICS BRAIN: APLIKASI PEMBELAJARAN KINEMATIKA GERAK UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN LITERASI SAINS SISWA SMA

Annisa Khoirul Hidayati¹, Najla Adristi Listyowati², Bayu Setiaji³

Author Address; annisakhoirul.2022@student.uny.ac.id

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Received: 12 Januari 2023

Revised: 1 Februari 2023

Accepted: 20 Mei 2023

Abstract: *This study aims to determine the feasibility of the Physics Brain application as an android-based learning media to improve critical thinking and scientific literacy skill in the developed physics lesson. The Physics Brain application contains material, sample questions, and quizzes that are packaged as attractive as possible. The research method used was the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). This study used the ideal standard (SBI) analysis technique. The research instrument used a questionnaire to test the feasibility of the Physics Brain application design through the Google form. Research. The results of the research showed that the practitioner validator stated that the learning media design developed obtained an average score of 45 and was included in the very feasible category, while physics teacher candidates stated that the learning media design developed obtained an average value of 42.18 and was included in the very feasible category so that Physics Brain applications can be used in learning.*

Keywords: *design, learning media, motion kinematics.*

Abstrak: *Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan aplikasi Physics Brain media pembelajaran berbasis android untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan literasi sains dalam pembelajaran fisika yang dikembangkan. Aplikasi Physics Brain berisi materi, contoh soal, kuis yang dikemas semenarik mungkin. Metode penelitian yang digunakan yaitu model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). Penelitian pengembangan model ADDIE yang dilakukan hanya Analysis, Design, Development, dan Evaluation. Penelitian ini menggunakan teknik analisis Standar Baku Ideal (SBI). Instrumen pada penelitian menggunakan angket uji kelayakan desain aplikasi Physics Brain melalui google formulir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa validator praktisi menyatakan desain media pembelajaran yang dikembangkan memperoleh nilai rata-rata 45 dan termasuk dalam kategori sangat layak, sedangkan calon guru fisika menyatakan desain media pembelajaran yang dikembangkan memperoleh nilai rata-rata 42,18 dan termasuk dalam kategori sangat layak sehingga aplikasi Physics Brain dapat digunakan dalam pembelajaran.*

Kata kunci: *desain, media pembelajaran, kinematika gerak.*

PENDAHULUAN

Studi mengenai gerak benda, konsep-konsep gaya dan energi yang berhubungan membentuk satu bidang yang disebut mekanika. Mekanika biasanya dibagi menjadi dua bagian yaitu kinematika dan dinamika. Kinematika merupakan penjelasan mengenai benda bergerak. Kinematika adalah ilmu yang mempelajari gerak benda tanpa meninjau gaya penyebabnya. Kinematika terdiri dari gerak lurus, gerak melingkar, dan gerak parabola

(Fahrudin, A, 2022). Berdasarkan beberapa artikel jurnal, kebanyakan siswa mengalami kesulitan dalam pembelajaran fisika. Materi kinematika gerak merupakan salah satu contoh materi yang masih dianggap sulit.

Mempelajari fisika dan menerapkan ilmunya dalam kehidupan sehari-hari diperlukannya pemahaman konsep yang kuat dan kemampuan pemecahan masalah. Fisika merupakan salah satu cabang IPA yang mempelajari benda-benda di alam secara fisik dan dituliskan secara matematis agar dapat dimengerti oleh manusia dan dimanfaatkan untuk kesejahteraan umat manusia (Sujanem dkk, 2012; Ariani, T., & Yolanda, Y, 2019). Berdasarkan hal tersebut maka pembelajaran fisika tidak lepas dari penguasaan konsep, menerapkannya dalam penyelesaian masalah fisika, dan bekerja secara ilmiah (Aji dkk, 2017). Menurut Sundayana, R (2016) gaya belajar merupakan kebiasaan siswa dalam memproses bagaimana menyerap informasi, pengalaman, serta kebiasaan siswa dalam memperlakukan pengalaman yang dimilikinya. Gaya belajar akan berkaitan erat dengan bagaimana seorang siswa menerima pembelajaran, sehingga bagaimana gaya belajar siswa perlu diperhatikan. Gaya belajar visual dan gaya belajar auditorial menjadi contoh dari gaya belajar yang familiar saat ini. Gaya belajar visual adalah gaya belajar dengan cara melihat, mengamati, memandang dan sejenisnya. Gaya belajar auditorial adalah gaya belajar dengan cara mendengar (Papilaya et al., 2016).

Gaya belajar yang tepat diharapkan mampu memudahkan siswa dalam memahami materi yang diajarkan sehingga kemampuan berpikir kritis siswa dapat meningkat. Rahma (2012) mengatakan bahwa salah satu kemampuan yang dijadikan tujuan di segala tingkat pendidikan yang paling penting adalah kemampuan berpikir kritis, oleh karena itu pola pembelajaran saat ini harus berpindah ke pembelajaran yang dapat melatih berpikir kritis dan harus dimiliki oleh siswa. Kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan yang hidup di abad ke-21 dan semua orang penting untuk memiliki dan mengembangkannya, termasuk siswa pada proses pembelajaran untuk mewujudkan kesuksesan belajarnya (Kurniasih, 2015). Berpikir kritis merupakan kemampuan yang sangat berguna bagi siswa karena untuk mempersiapkan mereka agar berhasil dalam kehidupan, selain itu agar dapat dimanfaatkan dalam memecahkan berbagai masalah di kehidupan sehari-hari (Cahyono, 2017). Kemampuan berpikir kritis siswa sebagian besar masih dalam kategori rendah karena dalam kegiatan pembelajaran yang dilakukan lebih berpusat pada guru, yang membuat siswa tidak dapat terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran (Fristadi dan Bharata, 2015). Seiring berkembangnya teknologi, guru harus merencanakan teknologi informasi untuk memfasilitasi kegiatan pembelajaran, agar

materi yang diberikan lebih mudah dipahami salah satunya dengan memperbanyak sumber dan media pembelajaran yang menarik (Husniah dkk., 2019). Melihat potensi ini, bisa memanfaatkan media pembelajaran berbasis TIK yang dapat digunakan pada perangkat smartphone yaitu melalui aplikasi dengan sistem operasi Android (Yektyastuti dan Ikhsan, 2016).

Zaman sekarang, banyak pelajar tidak menyukai belajar dengan menggunakan buku, mereka lebih menyukai belajar dengan menggunakan teknologi seperti gadget. Para pelajar juga kurang tertarik dengan model pembelajaran yang dimana guru hanya menjelaskan materi dan konsepnya saja. Pembelajaran fisika dalam kelas saat ini cenderung menekankan pada penguasaan konsep dan mengesampingkan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa (Hoellwarth dkk, 2005; Aji dkk, 2016). Proses pembelajaran pada mata pelajaran Fisika cenderung tidak menggunakan media pembelajaran atau lebih dikenal dengan pembelajaran yang berpusat pada guru, dimana guru menjadi pusat perhatian dan pelajar hanya sebatas mendengarkan penjelasan dari guru. Maka dari itu pelajar sering mengeluh, bosan, tidak tertarik, tidak bersemangat, dan merasa pelajaran fisika itu sulit. Proses pembelajaran yang demikian dirasa belum optimal memberikan kesempatan pebelajar berinteraksi dengan berbagai sumber belajar untuk mendapatkan hasil belajar yang baik untuk membangun pengetahuan sehingga belajar lebih bermakna.

Para pelajar semakin menganggap bahwa fisika itu merupakan materi pelajaran yang sulit, hal itu salah satunya disebabkan karena cara guru dalam menjelaskan materi fisika hanya seputar rumus dan teorinya saja, sehingga para pelajar kurang dapat memahami hakikat fisika yang sebenarnya. Sehingga para pelajar menganggap fisika itu hanya berisikan rumus-rumus saja. Salah satu kesulitan para pelajar dalam belajar fisika, khususnya dalam mata pelajaran fisika, khususnya materi kinematika gerak. Kesulitan para pelajar dalam memahami konsep posisi, perpindahan atau jarak, serta konsep percepatan, dapat disimpulkan bahwa para siswa mengalami kesulitan ketika menghadapi soal dalam bentuk persamaan matematis. Disamping itu, konsep posisi, perpindahan, kecepatan, dan percepatan saling terkait. Keempatnya merupakan konsep mendasar dalam kinematika, sehingga kesalahan memahami satu konsep dalam kinematika akan berdampak pada kesalahan dalam konsep yang lain. Kesulitan yang dihadapi mahasiswa dapat dikategorikan sebagai *resource atau knowledge in pieces* yang disebabkan ketidakutuhan dalam pengetahuan tentang posisi, perpindahan atau jarak serta percepatan yang menyebabkan kekeliruan.

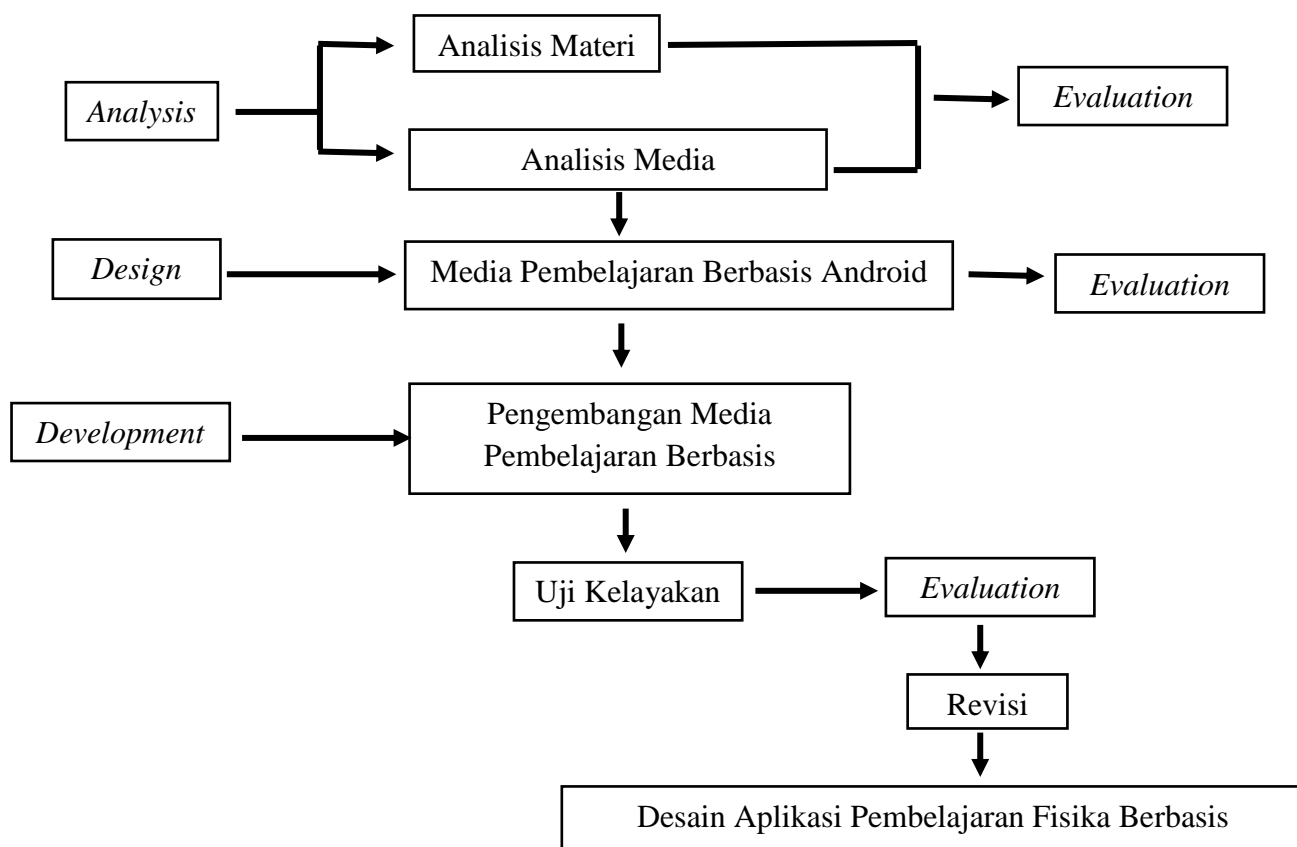
Oleh sebab itu, dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang lebih menyenangkan. Media pembelajaran merupakan suatu komponen yang penting dalam proses belajar. Media pembelajaran adalah salah satu faktor yang mempengaruhi tercapainya tujuan pembelajaran dengan baik. Salah satu fungsi media yaitu dapat mengatasi masalah rendahnya minat siswa dalam membawa buku (Wiyatmo, Y. 2017). Pada proses pembelajaran dapat memanfaatkan teknologi yang ada pada zaman sekarang, yaitu dapat dengan memanfaatkan smartphone. Media pembelajaran dengan menggunakan aplikasi android bisa dijadikan salah satu opsi dalam pembelajaran yang menarik dan tidak membosankan, siswa akan lebih mudah dalam mencerna materi, siswa dapat menyajikan data, dan membangkitkan motivasi serta minat siswa dalam pembelajaran (Ibrahim dan Ishartiwi, 2017). Perkembangan teknologi sekarang ini memudahkan dalam mengakses atau membuat media pembelajaran berbasis android. Ada dua alasan mengapa penggunaan teknologi dilakukan dalam pendidikan: alat untuk meningkatkan efektivitas pengajaran dan untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam kurikulum (Gulbahar, Madran, R, & Kalelioglu, 2010). Penggunaan teknologi juga berkontribusi dalam menyajikan materi yang sulit dijangkau (Dođru & K1y1c1, F, 2005). Dalam beberapa tahun ini penggunaan smartphone mengalami pertumbuhan eksponensial (Dogtiev, 2017). Oleh karena itu, peneliti mengembangkan aplikasi berbasis android sehingga mempermudah siswa untuk mempelajari materi secara mandiri dimana dan kapan saja

METODE PENELITIAN

Pembuatan desain aplikasi *Physics Brain* menggunakan model pengembangan yang tepat agar memberikan keefektifan bagi pengguna aplikasi ini. Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah desain aplikasi pembelajaran fisika berbasis android untuk meningkatkan critical thinking skills peserta didik. Metode yang digunakan pada pengembangan ini adalah model ADDIE. Model ADDIE dipilih atas dasar pertimbangan bahwa model ini dikembangkan secara sistematis dan berlandaskan pada landasan teoritis desain pembelajaran (Tegeh et al., 2014).

Model ADDIE merupakan sebuah model yang tersusun dan terprogram dengan urutan kegiatan yang sistematis (Anggraini & Putra, 2021) sebagai upaya dalam memecahkan masalah belajar yang berkaitan dengan sumber belajar yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik siswa (Masturah at.al.,2018). Pada model pengembangan ini terdiri dari lima tahapan, yaitu *analysis* (analisis), *Design* (Perancangan), *Development* (Pengembangan),

Implementation (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Dalam penelitian ini model yang digunakan hanya *Analysis*, *Design*, *Development*, dan *Evaluation*.



Gambar 1. Bagan Metode Penelitian

Pada tahap *analysis* dilakukan analisis materi dan analisis media pembelajaran. Dari analisis tersebut dihasilkan materi yang membutuhkan bantuan media sebagai alat bantu guru dalam menyampaikan materi dan siswa untuk belajar mandiri yang dipilih adalah materi kinematika gerak. Karena materi tersebut membutuhkan hal hal yang konkret untuk memudahkan siswa memahami materi tersebut. Dengan menggunakan aplikasi media pembelajaran android, guru dapat memberikan penjelasan secara konkret dari materi tersebut. Pada tahap *design*, dilakukan dengan merancang, mendesain aplikasi media pembelajaran berbasis android dan menyiapkan desain instrumen untuk mengukur kelayakan produk yang dikembangkan. Dalam aplikasi tersebut terdapat materi, gambar, dan kuis yang sesuai dan tepat dengan materi kinematika gerak. Pada tahap *development*, hasil dari tahap pengembangan yaitu desain aplikasi media pembelajaran berbasis android, aplikasi ini terdiri dari materi ajar, gambar, dan kuis yang interaktif. Pada tahap *development* dilakukan dengan revisi secara keseluruhan desain aplikasi media pembelajaran *Physics Brain*.

Pada tahap *evaluation* dilakukan di setiap akhir pada langkah dalam metode penelitian, yaitu pada tahap *analysis*, *design*, dan *development*. Pada tahap *analysis* dilakukan dengan memperbaiki isi materi yang ada dalam desain media pembelajaran sesuai saran dari responden penelitian. Pada tahap *design* dilakukan dengan memperbaiki warna tampilan aplikasi desain media pembelajaran.

Pengumpulan data penelitian ini menggunakan angket uji kelayakan. Penyebaran angket ini bertujuan untuk memperoleh penilaian dari validator praktisi dan responden. Lembar uji kelayakan ditujukan kepada guru SMA Negeri 3 Klaten dan SMA Negeri 3 Purworejo yang sudah berpengalaman mengajar fisika selama lebih dari 15 tahun, serta 25 calon guru Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.

Instrumen penelitian menggunakan angket uji kelayakan. Uji kelayakan dilakukan oleh beberapa validator praktisi dan responden. Angket uji kelayakan tersebut terdiri dari tiga aspek, meliputi tampilan, kebahasaan, dan isi. Aspek tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa indikator seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Indikator Pernyataan Angket Uji Kelayakan

No.	Indikator
1.	Kesesuaian warna dalam desain aplikasi
2.	Jenis huruf dan ukuran mudah dibaca
3.	Kesesuaian gambar dengan materi
4.	Keseluruhan desain dalam aplikasi menarik
5.	Kalimat yang digunakan untuk menjelaskan materi mudah dipahami
6.	Bahasa yang digunakan informatif dan komunikatif sehingga mudah dipahami
7.	Materi yang disajikan membuat siswa lebih memahami konsep kinematika gerak Latihan soal sesuai dengan kemampuan siswa sehingga dapat mengukur pemahaman siswa
8.	Keseluruhan isi dalam aplikasi sudah sesuai sebagai media pembelajaran
9.	Keseluruhan isi dalam aplikasi mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis
10.	dan literasi sains pada siswa

Teknik analisis data pada uji kelayakan desain aplikasi media pembelajaran berbasis android pada materi kinematika gerak dilakukan dengan cara mengumpulkan dan menganalisis semua data yang diperoleh dari validator praktisi dan calon guru fisika Universitas Negeri Yogyakarta menggunakan analisis Standar Baku ideal (SBI). Kriteria penilaian diperoleh berdasarkan persamaan konversi data kuantitatif ke kualitatif dengan skala 5 seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Penilaian Ideal Skala 5

No.	Rentang Skor	Kategori Penilaian
1.	$X > X_i + 1,80 S_{Bi}$	Sangat Layak
2.	$X_i + 0,60 S_{Bi} < X \leq X_i + 1,80 S_{Bi}$	Layak
3.	$X_i - 0,60 S_{Bi} < X \leq X_i + 0,60 S_{Bi}$	Cukup Layak
4.	$X_i - 1,80 S_{Bi} < X \leq X_i - 0,60 S_{Bi}$	Kurang Layak
5.	$X \leq X_i - 1,80 S_{Bi}$	Sangat Kurang Layak

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa X merupakan skor akhir dan X_i merupakan rata-rata ideal yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$X_i = \frac{1}{2} \times (\text{skor maksimal ideal} + \text{skor minimal ideal}) \quad (1)$$

Sementara itu, S_{Bi} (Simpangan Baku Ideal) dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$S_{Bi} = \frac{1}{6} \times (\text{skor maksimal ideal} - \text{skor minimal ideal}) \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

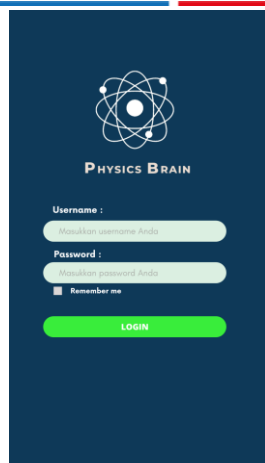
Produk yang dikembangkan yaitu desain aplikasi media pembelajaran fisika berbasis android pada materi kinematika gerak. Desain aplikasi ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan aplikasi media pembelajaran berbasis android yang dikembangkan, meningkatkan kemampuan berpikir kritis, literasi sains dalam pembelajaran fisika, dan untuk menghasilkan media pembelajaran fisika berbasis android yang memiliki karakteristik yang sesuai sehingga layak digunakan bagi siswa SMA. Desain aplikasi ini terdiri dari halaman *login* dan *register*, menu aplikasi, materi pembelajaran, dan kuis. Penelitian ini berfokus pada tahap pengembangan desain aplikasi dan selanjutnya dilakukan uji kelayakan.

Tahap Analisis (*Analysis*)

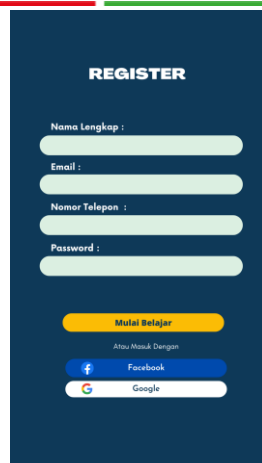
Pada tahap analisis diketahui bahwa siswa sering mengalami miskonsepsi pada materi kinematika, dimana siswa masih belum bisa membedakan jarak dan perpindahan, hubungan kecepatan, waktu, dan percepatan. Siswa juga kurang memahami penggunaan rumus pada gerak melingkar (Sutrisno, 2019). Dari analisis tersebut maka dikembangkan desain aplikasi media pembelajaran android sebagai alat bantu siswa dalam memahami materi kinematika gerak.

Tahap Desain (*Design*)

Setelah melakukan analisis, tahap selanjutnya yaitu membuat desain aplikasi pembelajaran berbasis android. Hasil desain aplikasi kinematika gerak berbasis android dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Tampilan login aplikasi *Physics Brain*



Gambar 3. Tampilan Register aplikasi *Physics Brain*

Gambar 1 merupakan Tampilan *login* aplikasi *Physics Brain*, halaman tersebut merupakan tampilan awal pada saat membuka aplikasi. Tampilan *login* terdiri dari *username* dan *password* yang harus diisi oleh pengguna. Pada gambar 2 Terdapat tampilan *register* yang berisikan identitas pengguna (nama lengkap, email, nomor telepon, dan *password*). Halaman tersebut ditujukan bagi pengguna yang belum mempunyai akun. Pengguna juga bisa mendaftar melalui akun *facebook* ataupun *google*. Jika sudah melakukan registrasi selanjutnya pengguna akan diarahkan ke halaman login pada Gambar 1.



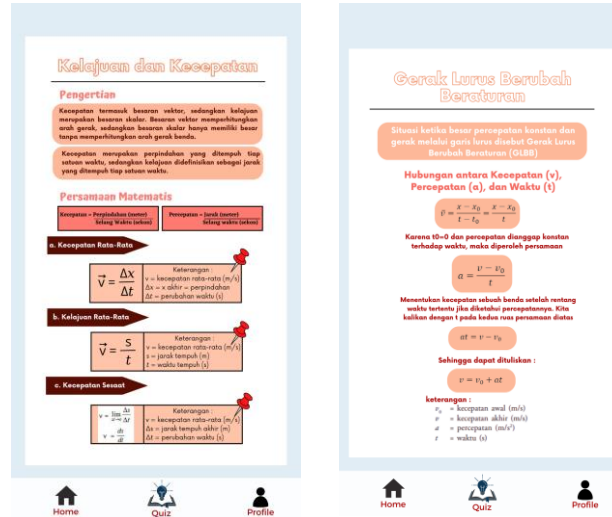
Gambar 4. Tampilan Menu Utama aplikasi *Physics Brain*



Gambar 5. Tampilan Menu Materi

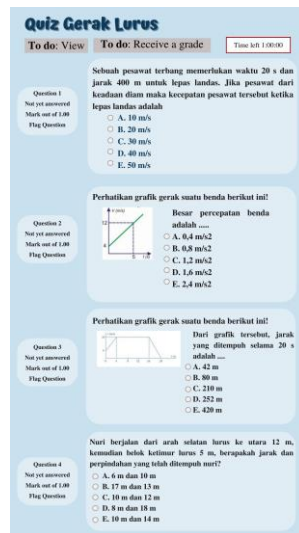
Gambar 3 merupakan tampilan menu utama pada aplikasi *Physics Brain* yang menampilkan menu materi dalam kinematika gerak yang terdiri atas materi gerak lurus, gerak parabola, dan gerak melingkar. Di setiap halaman menu materi tersebut juga terdapat fitur quiz yang didalamnya terdapat latihan soal pilihan ganda yang bisa dikerjakan oleh siswa untuk

meningkatkan pemahaman terhadap materi. Pada gambar 4 yaitu tampilan menu sub bab materi yang digunakan untuk mengakses setiap materi. Pada setiap tombol sub bab materi juga terdapat fitur *topic progress* untuk mengetahui sejauh mana siswa dalam mempelajari materi tersebut.



Gambar 6. Tampilan Materi Pembelajaran

Gambar 6 yaitu tampilan materi pembelajaran kinematika gerak, pada setiap materi kinematika gerak memuat penjelasan beserta persamaannya. Materi tersebut dibuat semenarik mungkin dan juga mudah dipahami agar siswa lebih paham terhadap materi.



Gambar 7. Tampilan Kuis

Gambar 7 yaitu tampilan halaman kuis yang didalamnya memuat latihan-latihan soal yang jika dikerjakan akan keluar nilai dari hasil mengerjakan kuis tersebut. Pada kuis tersebut juga terdapat waktu pengerjaan yang berjalan saat pengerjaan kuis. Evaluasi pada tahap desain ini dilakukan setelah uji kelayakan dengan penyebaran angket. Evaluasi yang diperoleh

pada tahap ini yaitu menambah jumlah soal pada kuis agar kemampuan berpikir kritis siswa meningkat.

Tahap Pengembangan (*Development*)

Setelah dilakukan pembuatan desain, selanjutnya dilakukan uji kelayakan oleh beberapa validator praktisi yang terdiri dari guru yang sudah berpengalaman mengajar fisika selama lebih dari 15 tahun, serta 25 calon guru Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta. guru SMA Negeri 3 Klaten dan SMA Negeri 3 Purworejo yang sudah berpengalaman mengajar fisika selama lebih dari 15 tahun, serta 25 calon guru Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta. Komentar/saran yang diberikan oleh validator praktisi terhadap instrumen penelitian selanjutnya dianalisis sehingga memunculkan beberapa revisi.

Teknik analisis data dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama Perhitungan Kriteria Angket Penilaian Desain Aplikasi Media Pembelajaran oleh Validator Praktisi, dan tahap kedua Perhitungan Kriteria Angket Penilaian Desain Aplikasi Media Pembelajaran oleh Calon Guru Fisika.

- a. Perhitungan Kriteria Angket Penilaian Desain Aplikasi Media Pembelajaran oleh Validator Praktisi.

Dari hasil perhitungan kriteria angket penilaian Desain Aplikasi Media Pembelajaran oleh Validator Praktisi yang dianalisis dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), sehingga diperoleh tabel kriteria kelayakan untuk validator praktisi dengan penilaian seperti Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Kelayakan untuk Validator Praktisi

No.	Rentang Skor	Kategori Penilaian
1.	$X > 42,006$	Sangat Layak
2.	$34,002 < X \leq 42,006$	Layak
3.	$25,998 < X \leq 34,002$	Cukup Layak
4.	$17,994 < X \leq 25,998$	Kurang Layak
5.	$X \leq 17,994$	Sangat Kurang Layak

Pada angket uji kelayakan, validator ahli mengisi setiap butir indikator pada rentang skala 1 sampai dengan skala 5 dengan ringkasan jumlah hasil penilaian seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Validator Praktisi

Rekapitulasi Validator Praktisi													
No.	RESPONDEN	INDIKATOR										Jumlah	Kriteria
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Guru Fisika	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	Sangat Layak
2	Guru Fisika	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40	Sangat Layak
JUMLAH												90	

RATA-RATA

45

Sangat Layak

Berdasarkan hasil rekapitulas penilaian uji kelayakan oleh beberapa validator praktisi yang disajikan dalam Tabel 5, desain aplikasi media pembelajaran *Physics Brain* berbasis android pada materi kinematika gerak menghasilkan rata-rata akhir yaitu 45, hasil akhir tersebut termasuk dalam kategori **sangat layak**. Pada uji kelayakan, validator praktisi memberikan masukan dan saran yang disampaikan secara tertulis melalui angket google formulir. Menurut validator praktisi, unsur kebahasaan pada desain aplikasi yang dikembangkan informatif dan komunikatif sehingga dapat dipahami oleh siswa. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa penyajian harus menarik minat siswa, sistematis, mengikuti teori-teori belajar, menggunakan bahasa yang tepat, dan memperhatikan tingkat kematangan siswa (Purwanto,2004).

b. Perhitungan Kriteria Angket Penilaian Desain Aplikasi Media Pembelajaran oleh Calon Guru Fisika

Dari hasil perhitungan kriteria angket penilaian Desain Aplikasi Media Pembelajaran oleh calon guru fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang dianalisis dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), sehingga diperoleh tabel kriteria kelayakan untuk calon guru fisika Universitas Negeri Yogyakarta dengan penilaian seperti Tabel 6.

Table 6. Kriteria Kelayakan untuk Calon Guru Fisika

No.	Rentang Skor	Kategori Penilaian
1.	$X > 42,006$	Sangat Layak
2.	$34,002 < X \leq 42,006$	Layak
3.	$25,998 < X \leq 34,002$	Cukup Layak
4.	$17,994 < X \leq 25,998$	Kurang Layak
5.	$X \leq 17,994$	Sangat Kurang Layak

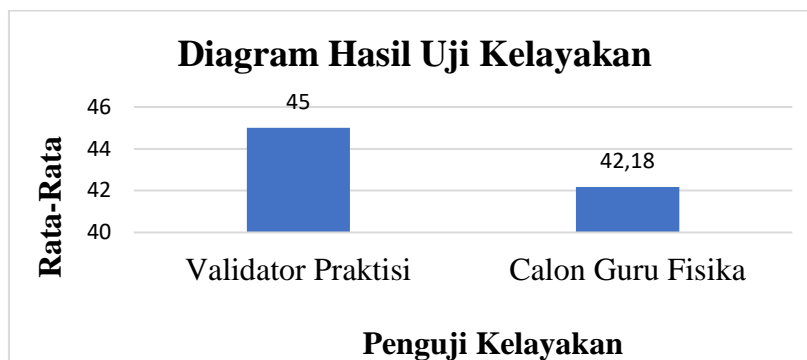
Pada angket uji kelayakan, calon guru fisika mengisi setiap butir indikator pada rentang skala 1 sampai dengan skala 5 dengan ringkasan jumlah hasil penilaian seperti pada Tabel 5.

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai oleh Calon Guru Fisika

Jumlah Responden	Rekapitulasi Nilai Oleh Calon Guru Fisika										JUMLAH	KRITERIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
28 orang	11	12	11	11	11	11	12	11	11	117	118	
	6	4	7	6	6	6	3	7	9		1	

Rata-Rata	42,18	Sangat Layak
-----------	-------	--------------

Berdasarkan hasil analisis pada uji kelayakan oleh 28 calon guru fisika yang disajikan dalam Tabel 7, desain aplikasi media pembelajaran *Physics Brain* berbasis android pada materi kinematika gerak menghasilkan rata-rata nilai akhir yaitu **42,18**, hasil akhir tersebut berdasarkan kriteria kelayakan untuk calon guru fisika termasuk dalam kategori **sangat layak**.



Gambar 9. Diagram batang hasil uji kelayakan oleh validator praktisi dan calon guru fisika

Pada Gambar 9. Disajikan diagram batang data hasil uji kelayakan oleh validator praktisi dan calon guru fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa validator praktisi menyatakan desain media pembelajaran yang dikembangkan memperoleh nilai rata-rata 45 dan termasuk dalam kategori **sangat layak**, sedangkan calon guru fisika menyatakan desain media pembelajaran yang dikembangkan memperoleh nilai rata-rata 42,18 dan termasuk dalam kategori **sangat layak**, maka dapat disimpulkan bahwa desain aplikasi tersebut sangat layak untuk dikembangkan menjadi sebuah aplikasi media pembelajaran fisika berbasis android. Sehingga diharapkan dengan adanya pengembangan aplikasi media pembelajaran fisika ini, siswa dapat belajar fisika dengan lebih memahami fisika khususnya materi kinematika gerak dengan mudah dan menyenangkan, serta diharapkan kemampuan berpikir kritis dan literasi sains dapat meningkat.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini desain aplikasi media pembelajaran *Physics Brain* berbasis android yang dikembangkan dinyatakan sangat layak oleh validator praktisi dan calon guru fisika Universitas Negeri Yogyakarta sehingga layak dikembangkan sebagai aplikasi media pembelajaran *Physics Brain* pada materi kinematika gerak. Setelah melakukan penyebaran angket kepada validator praktisi dan calon guru fisika, maka dapat disimpulkan bahwa desain aplikasi media pembelajaran *Physics Brain* yang akan dikembangkan sebagai

aplikasi media pembelajaran *Physics Brain* ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan literasi sains pada siswa SMA.

Saran

Saran yang dapat diajukan yaitu desain aplikasi ini dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi media pembelajaran. Kuis yang terdapat dalam desain aplikasi dapat diperbanyak agar lebih meningkatkan pemahaman siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta yang telah membantu menyusun artikel ini. Terimakasih kepada Bapak/Ibu guru SMAN 3 Klaten dan SMAN 3 Purworejo yang telah bersedia membantu menjadi validator praktisi dalam uji kelayakan desain aplikasi *Physics Brain*. Terimakasih kepada mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah membantu menjadi responden uji kelayakan desain aplikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, S. D., & Hudha, M. N. (2016). Kerja Ilmiah Siswa SMP dan SMA melalui Authentic Problem Based Learning (APBL). *Jurnal Inspirasi Pendidikan*, 6(1), 835-841.
- Ariani, T., & Yolanda, Y. (2019). Effectiveness of Physics teaching material based on contextual static fluid material. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 2(2), 70-81.
- Cahyono, B. (2017). Analisis Kemampuan Berfikir Kritis dalam Memecahkan Masalah Ditinjau Perbedaan Gender. *Aksioma*, 8(1), 50. <https://doi.org/10.26877/aks.v8i1.1510>
- Dwisiwi SR, R., & Wiyatmo, Y. (2015). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Outbond Guna Pencapaian Kompetensi Sikap, Pengetahuan, dan Keterampilan pada Peserta Didik SMA. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 3(2), 111-122.
- Fahrudin, A. (2022). *Buku Ajar Fisika Terapan: Pelayaran Niaga*. Penerbit NEM.
- Fristadi, R., & Bharata, H. (2015). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dengan Problem Based Learning. 6.
- Giancoli, Douglas C. (2001). *Fisika/Edisi Kelim, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Gulbahar, Y., Madran, R, O., & Kalelioglu, F. (2010). Development and Evaluation of an Interactive WebQuest Enviroment: "Web Macerasi." *Educational Technology & Society*, 13(3), 139–150.

- Hoellwarth, C., Moelter, M. J., & Night, R. D. (2005). Direct Comparison of Conceptual Learning and Problem Solving Ability in Traditional and Studio Style Classrooms. *American Journal of Physics*, 459.
- Husniah, L., Yuneta, N. A., Wahyuni, E. D., & Kholimi, A. S. (2019). Pengembangan Aplikasi Pembelajaran IPA Kelas V₁₁ Berbasis Android. 7.
- Ibrahim, N., & Ishartiwi, I. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Mobile Learning Berbasis Android Mata Pelajaran IPA untuk Siswa SMP. *Refleksi Edukatika : Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 8(1). <https://doi.org/10.24176/re.v8i1.1792>
- Kurniasih, A. W. (2015). Scaffolding sebagai Alternatif Upaya Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematika. 3, 12.
- Papilaya, J. O., & Huliselan, N. (2016). Identifikasi Gaya Belajar Mahasiswa. *Jurnal Psikologi Undip*, 15(1), 56-63.
- Purwanto 2004 Pengembangan Materi E-Learning di PUSTEKKOM. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional : “ Implementasi E-Learning di Indonesia, Prospek dan Tantangan bagi Sistem Pendidikan Tinggi Nasional”. Bandung :IAIN, BPPT, dan STTMI
- Rahma, A. N. (2012). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Inkuiri Berpendekatan Sets Materi Kelarutan Dan Hasil Kali Kelarutan untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Empati Siswa Terhadap Lingkungan. 6.
- Ridwan. (2011). Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian. Bandung: Alfabeta
- Sujanem, R., Suwindra, I.N.P., & Tika, I.K. (2012). Pengembangan Modul Fisika Kontekstual Interaktif Berbasis Web Untuk Siswa Kelas I SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 42(2): 97-104.
- Sundayana, R. (2016). Kaitan Antara Gaya Belajar, Kemandirian Belajar, dan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP dalam Pelajaran Matematika. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 75-84.
- Sutrisno, A. D. (2019). Survey Pemahaman Konsep Dan Identifikasi Miskonsepsi Siswa Sma Pada Materi Kinematika Gerak. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 4(1), 106.
- Widodo, A., & Wiyatmo, Y. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Buku Saku Digital Berbasis Android untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas XI SMA N 1 Jetis Pada Materi Pokok Keseimbangan Benda Tegar Pocket Book Learning Media Development Based On Digital Android To Increase Interest And Outcomes Learning Of Physics Students Grade SMA N 1 Jetis In The Subject Matter Balance Of Body Rigit. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 147-154.
- Yektyastuti, R., & Ikhsan, J. (2016). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Kelarutan untuk Meningkatkan Performa Akademik Siswa SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(1), 88. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i1.10289>

PEMANFAATAN TANGKI RIAK UNTUK MENGUKUR KECEPATAN RAMBAT GELOMBANG PERMUKAAN AIR

Taj Rosyidah¹, Eka Cahya Prima², Riandi³

Corresponding Author Address; ekacahyaprima@upi.edu

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

Received: 15 April 2023

Revised: 3 Mei 2023

Accepted: 24 Mei 2023

Abstract: *The study intends to investigate the relationship between wavelength and frequency to calculate the speed of propagating waves on the water's surface. The researchers used a ripple tank to collect data by recording the pendulum's movement as well as the image of the ripples on the water's surface. The data is then analyzed with the Tracker application. The wavelength is determined by analyzing the recorded ripple shadows with the Tracker application. The Tracker application is used to analyze the recorded pendulum movement to obtain data on the period of vibration and calculate the frequency of the vibrations. The average surface wave velocity at a pendulum length of 10 cm is 3.38×10^{-2} m/s. In addition, for a 30 cm pendulum length, an average surface wave speed of 3.26×10^{-2} m/s is obtained.*

Keywords : *ripple tank, water wave speed*

Abstrak: *Kegiatan praktikum ini bertujuan untuk melihat hubungan panjang gelombang dan frekuensi untuk mengukur kecepatan merambat gelombang permukaan air. Dengan menggunakan tangki riak, peneliti mendapatkan data dengan merekam gerakan bandul dan juga bayangan riak gelombang permukaan air. Data kemudian di analisis pergerakannya menggunakan aplikasi Tracker. Rekaman bayangan riak dianalisis menggunakan aplikasi Tracker untuk mendapatkan panjang gelombang. Rekaman gerakan bandul dianalisis menggunakan aplikasi Tracker untuk mendapatkan data periode getaran untuk menghitung frekuensi getaran. Pada panjang bandul 10 cm didapatkan rata-rata kecepatan gelombang permukaan air sebesar 3.38×10^{-2} m/s. Dan untuk panjang bandul 30 cm didapatkan rata-rata kecepatan gelombang permukaan air sebesar 3.26×10^{-2} m/s.*

Kata kunci: *tangki riak, kecepatan gelombang air*

PENDAHULUAN

Gelombang merupakan suatu gangguan yang menjalar dalam suatu medium atau tanpa medium dimana dalam penjalarnya memindahkan energi yang saling berinteraksi. Gelombang mekanik adalah sebuah gangguan atau usikan berjalan yang dalam perambatannya memerlukan medium, yang menyalurkan energi untuk keperluan proses perambatan sebuah gelombang (Susanto, 2022; Zamansky, 2002). Kejadian gelombang mekanik dapat dilihat seperti ombak di lautan, riak air di bejana, bunyi yang dihasilkan musik yang dapat didengar, dan juga lainnya (Karuru, Lolo, & Duma, 2023). Bentuk gelombang yang biasa diindra dalam kehidupan sehari-hari adalah gelombang mekanik. Dimana gelombang mekanik merupakan suatu gangguan yang berjalan melalui beberapa materi atau

zat yang dinamakan medium (Foster, 2004). Gelombang transversal pada tali dan gelombang longitudinal pada pegas merupakan contoh dari gelombang mekanik. Gelombang pada permukaan air merupakan gelombang dua dimensi, karena medium gelombang ini yaitu permukaan air mempunyai dua dimensi, panjang dan lebar.

Gerak gelombang pada permukaan air dapat dibagi kedalam dua jenis, yaitu:

1. Gelombang air pasang (Gelombang panjang di air dangkal)

Gelombang ini timbul ketika panjang gelombang osilasi lebih besar dibandingkan kedalaman air.

2. Gelombang air permukaan

Gelombang ini timbul tetapi tidak diperluas dibawah permukaan air dan panjang gelombang lebih kecil dari pada kedalaman air (Mutmainnah, 2015).

Kit alat yang dapat menyelidiki gerak gelombang dipermukaan air disebut tangki riak. Tangki Riak adalah sebuah alat yang bisa di *setting* untuk bisa digunakan sebagai alat demonstrasi atau percobaan mengenai sifat dasar gelombang, seperti: pemantulan, pembiasan, difraksi dan interferensi, dengan mensimulasinya menggunakan gelombang permukaan air (Wakerkwa, 2023). Untuk mempelajari sifat pada gelombang dapat dilakukan kegiatan percobaan mengamati gelombang yang terjadi di permukaan air dengan menggunakan tangki riak (*ripple tank*) atau tangki gelombang (Ain, Wibowo, & Hasyim, 2022; Sunarya, 2009).

Dalam mempelajari gelombang dalam dua dimensi biasanya menggunakan tangki riak (*ripple tank*). Cahaya dari atas dilewatkan pada permukaan air hingga menembus air dan bagian dasar tangki yang terbuat dari kaca. Layar putih ditempatkan di bawah tangki. Sebagian cahaya diserap oleh air saat melalui tangki (Salamah, Rahmawati, & Syahrul, 2014). Bukit pada gelombang air akan menyerap cahaya lebih banyak dari pada lembah. Dengan demikian pola terang pada layar mewakili lembah gelombang, dan pola gelap mewakili bukit gelombang. Sebagaimana gelombang air merambat dalam tangki riak, pola terang dan gelap juga bergerak. Ketika gelombang bertemu dengan suatu penghalang, perilakunya dapat diobservasi dengan melihat pergerakan pola terang dan gelap pada layar. Demonstrasi tangki riak biasanya dilakukan untuk membahas prinsip-prinsip pemantulan (*reflection*), pembiasan (*refraction*) dan difraksi (*diffraction*) gelombang (Al Bayyan, Saputra, & Nugrahaeni, 2023; Fitri, Karyadi, Johan, & Farid, 2023).

Pembelajaran IPA di sekolah sebaiknya dibuat menarik, agar kesan siswa yang sebelumnya menganggap IPA adalah pelajaran yang menakutkan berubah menjadi pelajaran

yang menyenangkan (Hamdani, Prima, Agustin, Feranie, & Sugiana, 2022; Kamdi, Rochintaniawati, & Prima, 2022; Mar'ati, Prima, & Wijaya, 2021; Eka Cahya Prima, Mawaddah, Winarno, & Sriwulan, 2016; Eka C Prima, Putri, & Sudargo, 2017; Priscylio & Anwar, 2019; Wiyantara, Widodo, & Prima, 2021; A. Yasin, Rochintaniawati, & Prima, 2021). Dan menjadi tugas guru di awal pembelajaran adalah meyakinkan diri serta menyiapkan pembelajaran yang bisa meningkatkan ketertarikan siswa untuk belajar, tentu juga menyiapkan konten belajar yang benar dan sesuai dengan perkembangan siswa. Salah satu hal yang membuat siswa bisa tertarik adalah manfaat pembelajaran IPA bisa dirasakan atau dijumpai dalam kehidupan sehari-hari (Eka Cahya Prima, 2009; Karim, Prima, Utari, Saepuzaman, & Nugaha, 2017; E. C. Prima, Oktaviani, & Sholihin, 2018; Eka C Prima et al., 2017; Eka Cahya Prima, Utari, Chandra, Hasanah, & Rusdiana, 2018; A. I. Yasin, Prima, & Sholihin, 2018).

Materi getaran dan gelombang adalah salah satu materi yang dianggap sulit selama ini oleh siswa tingkat SMP. Mengaitkan antara getaran dan gelombang siswa sering ada miskonsepsi. Hal ini terjadi karena peserta didik tidak melihat langsung atau terlibat langsung dalam kontennya. Membawa pengalaman nyata ke kelas bisa dilaksanakan dengan praktikum yang menggunakan kit praktikum yang disediakan oleh PUDAK.

Kegiatan praktikum di sekolah dianggap belum memenuhi standar yang telah ditetapkan. Keterbatasan alat praktikum, kurangnya penguasaan guru dalam menggunakan alat dan bahan (Wahyuni, Lesmono, & Fitriya, 2021), serta rendahnya inovasi dan kreatifitas guru dalam mengembangkan praktikum menjadi masalah yang menghambat siswa untuk memiliki pemahaman IPA secara maksimal dan tidak membentuk adanya proses (Imaduddin, Simponi, Handayani, Mustafidah, & Faikhamta, 2020; Salikha, Sholihin, & Winarno, 2021). Dengan menggunakan alat eksperimen, yaitu Ripple Tank, praktikan dapat menentukan besarnya kecepatan gelombang dari hasil interferensi dan menentukan panjang gelombang pada pita terang pertama. Dalam menentukan kedua besaran tersebut, digunakan frekuensi yang berbeda untuk setiap perlakuannya. Sehingga dengan menggunakan teknik ini dapat membuktikan bahwa kecepatan gelombang akan selalu bernilai tetap, sedangkan besarnya panjang gelombang akan selalu berbanding terbalik dengan frekuensi.

Melalui kegiatan praktikum, siswa akan menemukan konsep secara mandiri melalui temuan pada setiap langkah-langkah kerja pada eksperimen, sehingga guru tidak perlu menjelaskan materi dengan metode ceramah kepada siswa (Lepiyanto, 2017). Sehingga

kegiatan praktikum akan menjadikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dari sekedar mendengarkan ceramah karena siswa berinteraksi langsung dengan objek belajar.

LANDASAN TEORI

Gelombang dapat merambat melalui medium baik padat, cair atau gas dengan kecepatan yang berbeda-beda. Jika sumber gelombang memiliki frekuensi yang sama, maka gelombang akan merambat paling cepat di medium padat, karena memiliki partikel yang paling rapat untuk merambatkan gelombang. Jika bentuk gelombang pada gas dan zat padat sulit diamati, maka berbeda pada bentuk gelombang di permukaan zat cair yang termasuk bentuk gelombang transversal.

Gelombang transversal adalah salah satu jenis gelombang yang gerakannya mengarah berdasarkan arah getaran dan arah rambatnya. Ciri utama pada gelombang transversal yaitu media partikelnya bergerak tegak lurus ke arah rambatan gelombang.

Rumus Cepat Rambat Gelombang

Rumus cepat rambat gelombang adalah suatu jarak yang ditempuh oleh gelombang di setiap satuan waktu. Konsep dari cepat rambat gelombang ini sama halnya dengan kecepatan pada umumnya. Di dalam cepat rambat gelombang biasanya menggunakan besaran vektor yang mempunyai nilai kecepatan tetap atau konstan. Selain itu, di bahasan gelombang juga terdapat beberapa istilah lain seperti periode, panjang gelombang, dan frekuensi.

Periode merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu buah getaran, putaran, gelombang, dan perulangan. Sementara frekuensi adalah jumlah getaran, putaran, gelombang, atau perulangan dalam waktu satu detik. Kemudian, panjang gelombang adalah suatu jarak antara satuan berulang dari suatu pola gelombang. Berikut ini adalah beberapa persamaan beserta persamaannya, yaitu:

Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Kecepatan secara umum dalam buku *physics-for-scientists-7th-ed* (Serway & Jewett, 2008) memiliki persamaan (1) :

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

Keterangan:

- v : Kecepatan (m/s).
- Δx : Jarak (m).
- Δt : Waktu (s).

Di dalam materi kecepatan rambatan gelombang ini, nilai dari variabel jarak (s) akan diganti dengan memakai panjang gelombang pada satuan meter atau satuan SI dan nilai dari variabel waktu (t) akan digantikan dengan memakai frekuensi (f) ataupun periode (T).

- Nilai yang ada di 1 panjang gelombang λ (m) sama dengan nilai jarak s (m) yang ditempuh oleh suatu benda.
- Kemudian nilai dari 1 frekuensi (Hz) sama dengan $1/t$ (sekon).
- Serta nilai dari 1 periode (sekon) sama halnya dengan t sekon.

Jadi, dengan menggunakan variabel λ , f , ataupun T , maka cepat rambat gelombang dapat ditentukan.

Dalam buku *physics-for-scientists-7th-ed ed* (Serway & Jewett, 2008), menurut definisi, gelombang merambat melalui perpindahan x sama dengan satu panjang gelombang λ dalam interval waktu t dari satu periode T . Oleh karena itu, kecepatan gelombang, panjang gelombang, dan periode dihubungkan dengan persamaan (2) :

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} \quad (2)$$

Atau persamaan (3) :

$$v = \lambda \cdot f \quad (\text{Serway \& Jewett, 2008})$$

Keterangan:

- v : Kecepatan (m/s).
- λ : Panjang gelombang (m).
- f : Frekuensi (Hz).

Frekuensi dan Periode

$$f = n/t \text{ atau } f = 1/T \quad (3)$$

Keterangan:

- f : Frekuensi (satuan Hz).
- n : Jumlah bunyi atau gelombang.
- t : Waktu (satuan detik / sekon).

Periode Gelombang

$$T = t/n \text{ atau } T = 1/f \quad (4)$$

Keterangan:

- n : Jumlah bunyi atau gelombang.
- t : Waktu (satuan detik / sekon).
- T : Periode (satuan sekon).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Dalam kegiatan pengembangan praktikum tangki riak menggunakan modifikasi kit *Ripple Tank* ini diperlukan bahan kaca yang dipotong untuk membuat tangki dan kaki-kaki kayu untuk membuat meja wadahnya (Gambar 1). Sumber cahaya yang digunakan jika pada kit adalah lampu Strobe yang terang sampai terbentuk bayangan pada dasar tangki cukup jelas. Alat yang lain yang bisa digunakan seperti statif, bandul, tali bisa didapatkan dengan mudah di laboratorium sekolah.



Gambar 1. kit *Ripple Tank* produksi Pudak

Selain beberapa alat yang sudah disebutkan di atas, kita juga memerlukan 2 perekam video (bisa menggunakan *Handphone*) untuk merekam 2 titik. Perekam ini dibutuhkan untuk merekam gerakan bandul dan yang lain untuk merekam gelombang yang terbentuk. Setelah rekaman didapatkan, video akan dianalisis menggunakan aplikasi *Tracker* yang bisa di download pada komputer.

Teknologi komputer tersebut digunakan untuk menganalisis suatu materi pembelajaran yang kompleks menjadi lebih sederhana. Salah satu media teknologi komputer yang dapat digunakan dalam pembelajaran Fisika SMA ialah aplikasi *Tracker* (Colin, 2017; Eadkhong, Rajsadorn, Jannual, & Danworaphong, 2012; John, 2016; Loo Kang, Charles, Giam Hwee, Samuel, & Tat Leong, 2012; Loo Kang, Kim Kia, Tze Kwang, & Ching, 2015; Poonyawatpornkul & Wattanakasiwich, 2013; Eka Cahya Prima et al., 2016; Rodrigues & Carvalho, 2014; Rodrigues, Marques, & Carvalho, 2016; Ulisses Azevedo, Antonio dos Anjos Pinheiro da, Natália Cristina Trindade do, & Lilian Mara Benedita da Cruz, 2017; Utari & Prima, 2019; Vozdecký, Bartoš, & Musilová, 2014). Analisis ini akan digunakan untuk melihat frekuensi getaran bandul dan panjang gelombang yang terbentuk.

Alur Percobaan

Pada kegiatan praktikum ini, dituangkan sedikit air ke dalam tangki dan mengatur tinggi kaki pada kaki meja dari dalam tangki untuk meratakan tinggi permukaan tangki. Kemudian pasang meteran di kertas putih pada dasar rak. Untuk mengkalibrasi jarak pada tangki riak dengan jarak bayangan yang terbentuk pada layar, dilakukan dengan cara memberi tanda titik 2 pada dasar tangki, serta ukur jaraknya. Kemudian memperhatikan jarak bayangan pada dasar rak di kertas putih, dan mengukur jaraknya. Perbedaan kedua jarak bayangan adalah faktor pengali untuk mengukur panjang gelombang air.

Untuk pengambilan data, menggantung bandul sejauh 30 cm hingga menyentuh permukaan air di tangki riak. Praktikan menyiapkan kamera video untuk merekam 2 point (gerakan bandul dan bayangan gelombang pada layar). Selanjutnya memberi simpangan pada bandul kemudian melepaskan. Setelah mendapatkan data, sebaiknya mengulangi langkah tersebut sebanyak 2 kali. Data yang lain diperoleh dengan mengubah panjang tali bandul ke 10 cm. kemudian merekam kembali untuk memperoleh data. Mengulangi kembali 2 kali untuk pengambilan data. Selanjutnya dari rekaman video dianalisis waktu getaran bandul dan panjang gelombang pertamanya dengan aplikasi *tracker* untuk hasil yang baik.

Dalam kegiatan praktikum ini, kecepatan rambat gelombang permukaan air diperoleh dengan cara menghitung data dari perkalian panjang gelombang dan frekuensi gelombangnya. Sangat sesuai untuk kegiatan praktikum bagi siswa di jenjang sekolah menengah.

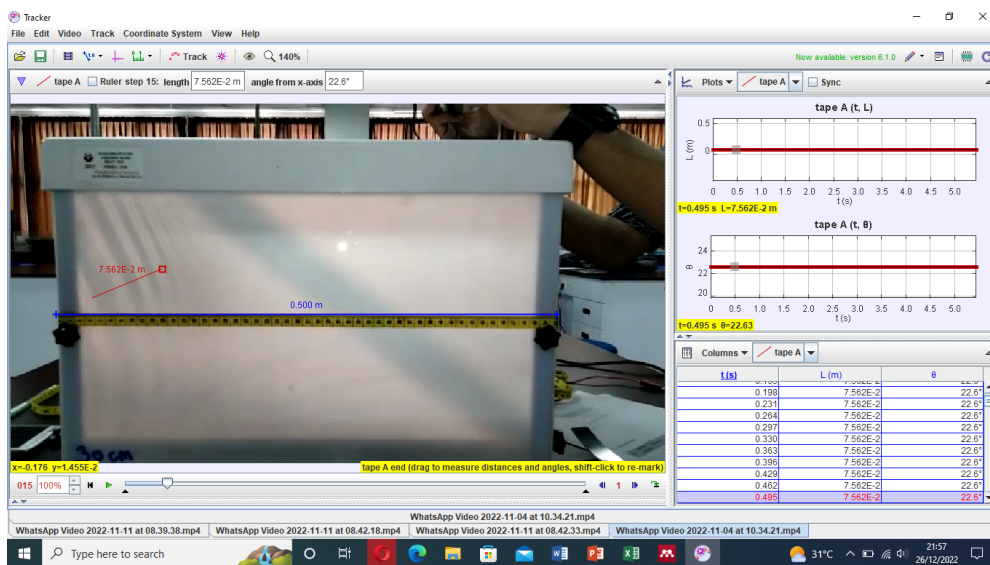
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan praktikum IPA menggunakan tangki riak ini dilaksanakan untuk lebih meningkatkan kemampuan praktikan untuk lebih teliti dalam menganalisis kejadian perambatan gelombang. Tangki riak yang sebelumnya hanya untuk melihat bentuk bentuk gelombang dalam peristiwa pemantulan, difraksi ataupun inferensi gelombang, bisa dikembangkan untuk mengetahui kecepatan gelombang merambat di permukaan air dengan sumber frekuensi yang berbeda.

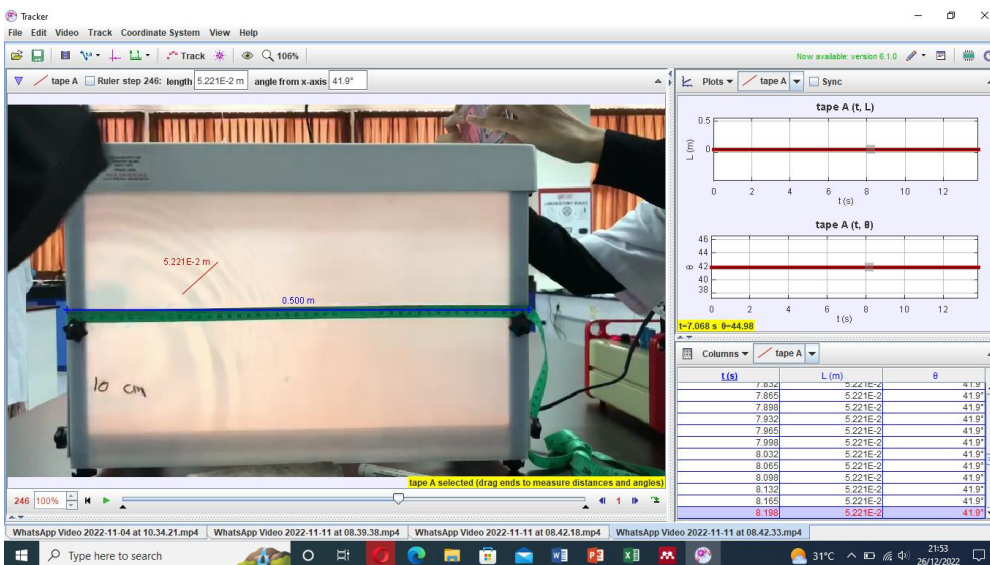
Dalam kegiatan praktikum kali ini sumber getaran adalah bandul yang bisa diatur panjang talinya. Panjang tali bandul akan menghasilkan frekuensi getaran yang berbeda. Sehingga usikan yang menyentuh permukaan air akan memberikan frekuensi gelombang yang sama atau identik dengan frekuensi getaran bandul. Perambatan gelombang pada

permukaan air yang dihasilkan oleh usikan bandul akan membentuk riak yang teratur dan bisa diukur panjang gelombangnya.

Dalam kegiatan praktikum diperoleh data berupa video rekaman riak gelombang (kamera 1) dan rekaman gerakan bandul (kamera 2). Selanjutnya dari video rekaman kamera 1 yang diperoleh di analisis untuk mengukur panjang satu gelombang, yaitu jarak dari awal pita terang ke akhir pita gelap pertama (Gambar 2). Dan dari rekaman video kamera 2 yang diperoleh dianalisis untuk mengukur waktu getaran bandul untuk mendapatkan data waktu terjadinya setengah getaran kemudian menghitung frekuensi getaran bandul. Frekuensi getaran bandul ini selanjutnya dianggap sebagai frekuensi sumber getaran yang menghasilkan gelombang permukaan (riak) air.



Gambar 2. Hasil pengukuran panjang gelombang dengan aplikasi Traker dengan panjang tali bandul 30 cm



Gambar 3. Hasil pengukuran panjang gelombang dengan aplikasi Tracker dengan panjang tali bandul 10 cm

Untuk menghitung frekuensi, diperoleh dengan menganalisa gerak bandul menggunakan aplikasi *Tracker*. Pada aplikasi yang dihitung adalah waktu bergetar untuk 0,5 getaran. Selanjutnya dicari frekuensi getarannya (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil pengukuran kecepatan gelombang permukaan air

Panjang tali	Waktu 0.5 Getaran (t)	Panjang Gelombang (λ)	Frekuensi (f)	Kecepatan Gelombang (v)
0,1 m	0.333 s	$2,25 \cdot 10^{-2}$ m	1.51 Hz	$3,39 \cdot 10^{-2}$ m.s ⁻¹
	0.338 s	$2,35 \cdot 10^{-2}$ m	1.47 Hz	$3,45 \cdot 10^{-2}$ m.s ⁻¹
	0.341 s	$2,28 \cdot 10^{-2}$ m	1.46 Hz	$3,32 \cdot 10^{-2}$ m.s ⁻¹
0,3 m	0.533 s	$3,47 \cdot 10^{-2}$ m	0.93 Hz	$3,22 \cdot 10^{-2}$ m.s ⁻¹
	0.530 s	$3,45 \cdot 10^{-2}$ m	0.94 Hz	$3,24 \cdot 10^{-2}$ m.s ⁻¹
	0.525 s	$3,51 \cdot 10^{-2}$ m	0.95 Hz	$3,33 \cdot 10^{-2}$ m.s ⁻¹

Terlihat dari data yang diperoleh untuk kegiatan praktikum ini, bahwa kecepatan merambat gelombang permukaan air dipengaruhi oleh frekuensi sumber gelombangnya. Pada panjang tali bandul 0,1 m frekuensi getaran pada kisaran 1.5 Hz sedangkan pada panjang tali bandul 0,3 m pada kisaran 0.94 Hz. Hal ini sangat berpengaruh besar pada panjang gelombang permukaan air yang terbentuk. Pada awal gelombang yang terbentuk menggunakan analisis *Tracker* di dapatkan panjang gelombang yang dihasilkan dari bandul 0,1 m lebih pendek dari panjang gelombang yang dihasilkan bandul yang memiliki panjang tali 0,3 m.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari data yang diperoleh juga menunjukkan bahwa panjang gelombang dan frekuensi saling berbanding terbalik. Untuk panjang bandul 10 cm diperoleh rata-rata frekuensinya 1,48 Hz dengan rata-rata panjang gelombangnya $2,29 \cdot 10^{-2}$ m. Sedangkan untuk panjang bandul 30 cm diperoleh rata-rata frekuensinya 0,94 Hz dengan rata-rata panjang gelombangnya $3,46 \cdot 10^{-2}$ m. Sehingga diperoleh rata-rata kecepatan gelombang air di permukaan adalah 3,32 m/s.

Pengembangan praktikum menggunakan tangka riak ini sangat bermanfaat untuk meningkatkan kemampuan siswa memahami kecepatan gelombang permukaan air. Bukan hanya sekedar mengamati, tapi siswa dapat diajak untuk menganalisis suatu peristiwa perambatan gelombang melalui variabel-variabel gelombang. Kegiatan praktikum ini mengembangkan kemampuan siswa untuk dapat mengukur waktu getaran benda untuk

mendapatkan frekuensi getaran. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh getaran bandul dapat diamati melalui rekaman video yang dianalisis dengan aplikasi *Tracker*. Kemampuan menganalisis melalui aplikasi *Tracker* dapat dikategorikan sangat mudah untuk dipelajari

Praktikum menggunakan tangka riak untuk mengukur kecepatan perambatan gelombang permukaan air ini dapat dikembangkan dengan menggunakan medium zat cair yang lain, semisal minyak goreng, minuman soda atau zat cair lain yang bening dan memiliki massa jenis yang berbeda. Atau siswa dapat diajak untuk menganalisis peredaman gelombang merambat di zat cair dengan cara membandingkan panjang gelombang pembentukan pita gelombang pertama, kedua, ketiga dan seterusnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sebagian didukung oleh Program Penelitian Unggulan (No. 557/UN40.LP/PT.01.03/2023), Universitas Pendidikan Indonesia, 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Ain, T. N., Wibowo, H. A. C., & Hasyim, F. (2022). Pengembangan simulasi berbasis visual basic application (vba) spreadsheet excel pada pembelajaran fisika materi gelombang. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 155-163.
- Al Bayyan, M. F., Saputra, R. E., & Nugrahaeni, R. A. (2023). Sistem Monitoring Untuk Mengukur Ketinggian Air Sungai Citarum Berbasis IoT. *eProceedings of Engineering*, 10(1).
- Colin, W. (2017). A comparative study of two types of ball-on-ball collision. *Phys. Educ.*, 52(4), 045013.
- Eadkhong, T., Rajsadorn, R., Jannual, P., & Danworaphong, S. (2012). Rotational dynamics with Tracker. *Euro. J. Phys.*, 33(3), 615.
- Eka Cahya Prima, S. F., Setiya Utari. (2009). *Problem Solving Laboratory as an Alternative Physics Experiment Activity Model Implemented in Senior High School*. Paper presented at the The 3rd International Seminar on Science Education.
- Fitri, E. A., Karyadi, B., Johan, H., & Farid, M. (2023). Model E-Booklet Fisika Terintegrasi Mitigasi Bencana Tsunami Pada Materi Gelombang Untuk Siswa di Pulau Enggano. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(1), 79-93.
- Foster, B. (2004). Terpadu Fisika SMA untuk kelas X. *Jakarta: Erlangga*.
- Hamdani, S. A., Prima, E. C., Agustin, R. R., Feranie, S., & Sugiana, A. (2022). Development of Android-based Interactive Multimedia to Enhance Critical Thinking Skills in Learning Matters. *Journal of Science Learning*, 5(1), 103-114.
- Imaduddin, M., Simponi, N. I., Handayani, R., Mustafidah, E., & Faikhamta, C. (2020). Integrating Living Values Education by Bridging Indigenous STEM Knowledge of Traditional Salt Farmers to School Science Learning Materials. *Journal of Science Learning*, 4(1), 8-19.

- John, K. (2016). Using Tracker to prove the simple harmonic motion equation. *Phys. Educ.*, 51(5), 053003.
- Kamdi, N., Rochintaniawati, D., & Prima, E. C. (2022). Efektivitas Web Based Inquiry Learning pada Materi Pencemaran Lingkungan dalam Konteks ESD (Education Sustainable Development) untuk Meningkatkan Kemampuan Berinkuiri dan Kepedulian Lingkungan Siswa SMP Kelas VII. *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(3), 733-738.
- Karim, S., Prima, E. C., Utari, S., Saepuzaman, D., & Nugaha, M. G. (2017). Reconstructing the Physics Teaching Didactic based on Marzano's Learning Dimension on Training the Scientific Literacies. *J. Phys. Conf. Ser.*, 812(1), 012102.
- Karuru, P., Lolo, J. A., & Duma, D. (2023). *Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Pada Materi Gelombang Mekanik di SMA*. Paper presented at the Neutrino.
- Lepiyanto, A. (2017). Analisis keterampilan proses sains pada pembelajaran berbasis praktikum. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 5(2), 156-161.
- Loo Kang, W., Charles, C., Giam Hwee, G., Samuel, T., & Tat Leong, L. (2012). Using Tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. *Phys. Educ.*, 47(4), 448.
- Loo Kang, W., Kim Kia, T., Tze Kwang, L., & Ching, T. (2015). Using Tracker to understand 'toss up' and free fall motion: a case study. *Phys. Educ.*, 50(4), 436.
- Mar'ati, N. A. A., Prima, E. C., & Wijaya, A. F. C. (2021). Enhancing Students' Critical Thinking through NASA Science as Interactive Multimedia in Learning Solar System. *Journal of Science Learning*, 4(4), 375-384.
- Mutmainnah, M. (2015). *Studi Model Pemecah Gelombang Menggunakan Ripple Tank*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Poonyawatpornkul, J., & Wattanakasiwich, P. (2013). High-speed video analysis of damped harmonic motion. *Phys. Educ.*, 48(6), 782.
- Prima, E. C., Mawaddah, M., Winarno, N., & Sriwulan, W. (2016). Kinematics investigations of cylinders rolling down a ramp using tracker. *AIP Conference Proceedings*, 1708, 070010. doi:doi:<http://dx.doi.org/10.1063/1.4941183>
- Prima, E. C., Oktaviani, T. D., & Sholihin, H. (2018). STEM learning on electricity using arduino-phet based experiment to improve 8th grade students' STEM literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013, 012030. doi:10.1088/1742-6596/1013/1/012030
- Prima, E. C., Putri, C. L., & Sudargo, F. (2017). Applying Pre and Post Role-Plays Supported by Stellarium Virtual Observatory to Improve Students' Understanding on Learning Solar System. *Journal of Science Learning*, 1(1), 1-7.
- Prima, E. C., Utari, S., Chandra, D. T., Hasanah, L., & Rusdiana, D. (2018). Heat and temperature experiment designs to support students' conception on nature of science. *JOTSE: Journal of technology and science education*, 8(4), 453-472.
- Priscylio, G., & Anwar, S. (2019). Integrasi Bahan Ajar IPA Menggunakan Model Robin Fogarty Untuk Proses Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(1), 1-12.
- Rodrigues, M., & Carvalho, P. S. (2014). Teaching optical phenomena with Tracker. *Phys. Educ.*, 49(6), 671.

- Rodrigues, M., Marques, M. B., & Carvalho, P. S. (2016). How to build a low cost spectrometer with Tracker for teaching light spectra. *Phys. Educ.*, 51(1), 014002.
- Salamah, U., Rahmawati, E., & Syahrul, D. A. (2014). Penentuan Kecepatan Gelombang dan Panjang Gelombang Hasil Interferensidengan Memanfaatkan Tangki Riak (Ripple Tank). *Artikel Eksperimen GO 1: Ripple Tank*, 2014(1), 1-9.
- Salikha, U., Sholihin, H., & Winarno, N. (2021). *The influence of STEM project-based learning on students' motivation in heat transfer learning*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Sunarya, Y. (2009). *Mudah dan Aktif Belajar Kimia 3*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Susanto, A. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Connecting, Orgainizing, Reflecting, Extending (CORE) Berbantuan dengan Metode Mind Mapping dalam Upaya Peningkatan Hasil Belajar IPA yang Memuat Getaran dan Gelombang pada Siswa Kelas VIII-A Semester 2 SMP Negeri 1 Kauman Tul. *Jurnal Pembelajaran Dan Ilmu Pendidikan*, 2(2), 186-193.
- Ulisses Azevedo, L., Antonio dos Anjos Pinheiro da, S., Natália Cristina Trindade do, N., & Lilian Mara Benedita da Cruz, G. (2017). A bullet fired in dry water: an investigative activity to learn hydrodynamics concepts. *Phys. Educ.*, 52(1), 015024.
- Utari, S., & Prima, E. C. (2019). Analisis Hukum Kekekalan Momentum Model Tumbukan Kelereng dengan Gantungan Ganda menggunakan Analisis Video Tracker. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 5(2).
- Vozdecký, L., Bartoš, J., & Musilová, J. (2014). Rolling friction—models and experiment. An undergraduate student project. *Euro. J. Phys.*, 35(5), 055004.
- Wahyuni, S., Lesmono, A. D., & Fitriya, S. (2021). Pengembangan Petunjuk Praktikum Fisika Berbasis Laboratorium Virtual (Virtual Laboratory) pada Pembelajaran Fisika di SMP/MTs. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(3), 272-277.
- Wakerkwa, F. (2023). *LKP: Pembuatan Modul Praktikum Fisika di Universitas Dinamika*. Universitas Dinamika.
- Wiyantara, A., Widodo, A., & Prima, E. (2021). *Identify students' conception and level of representations using five-tier test on wave concepts*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Yasin, A., Rochintaniawati, D., & Prima, E. (2021). *The development of web based inquiry as online science inquiry environment*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. (2018). Learning Electricity using Arduino-Android based Game to Improve STEM Literacy. *Journal of Science Learning*, 1(3), 77-94.
- Zamansky. (2002). *Fisika Universitas Julid 2* (Vol. 10 ed). Jakarta: Erlangga.

ANALISIS METAKOGNITIF DALAM MEMECAHKAN MASALAH PADA MATERI HUKUM TERMODINAMIKA KELAS XI SMAN 1 TAMBANG

Catharine Miranda¹, Muhammad Nasir², M.Rahmad³

Author Address; catharine.miranda2979@student.unri.ac.id

¹²³Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Riau, Riau, Indonesia

Received: 27 Maret 2023

Revised: 29 April 2023

Accepted: 10 Mei 2023

Abstract: *This study aims to describe the metacognitive levels of students who have high, medium, and low abilities in solving problems in the Law of Thermodynamics material. This research was conducted at SMA Negeri 1 Tambang with 23 students from class XI MIPA 2 as research subjects. This research was included in a descriptive study. The data collection method used in this study was a written test consisting of 5 essay questions. The results of the test will be used to analyze students' metacognitive abilities. Grouping students with high, medium, and low abilities based on the criteria for grouping learning outcomes and obtained as many as 6 students in the high group, 10 students in the medium group, and 4 students in the low group. The results of this study are students who have learning outcomes in high groups are at the level of metacognitive Reflective Use. Students who have learning outcomes in groups are at the Strategic Use metacognitive level. Students who have low group learning outcomes are at the Tacid Use metacognitive level.*

Keywords: *Metacognitive, Material Laws of Thermodynamics, Problem Solving*

Abstrak: *Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan tingkatan metakognitif siswa yang berkemampuan tinggi, sedang dan rendah dalam memecahkan permasalahannya di materi Hukum Termodinamika. Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 1 Tambang dengan subjek penelitian sebanyak 23 siswa dikelas XI MIPA 2. Penelitian ini termasuk kedalam penelitian deskriptif. Metode pengambilan data yang dilakukan dipenelitian ini yaitu dengan tes tertulis yang terdiri dari 5 soal esai. Hasil dari tes itu akan dipakai untuk menganalisis kemampuan metakognitif siswa. Pengelompokkan siswa kemampuan tinggi, sedang dan rendah berdasarkan kriteria pengelompokkan hasil belajar dan didapatkan sebanyak 6 siswa kelompok tinggi, 10 siswa kelompok sedang, serta 4 siswa kelompok rendah. Hasil dari penelitian ini ialah siswa yang mempunyai hasil belajar dikelompok tinggi berada pada tingkat metakognitif Reflective Use. Siswa yang mempunyai hasil belajar dikelompok sedang berada pada tingkat metakognitif Strategic Use. Siswa yang mempunyai hasil belajar kelompok rendah terletak pada tingkat metakognitif Tacid Use.*

Kata kunci: *Metakognitif, Materi Hukum Termodinamika, Pemecahan Masalah*

PENDAHULUAN

Pendidikan yaitu kebutuhan sepanjang hayat, setiap manusia membutuhkan pendidikan sampai kapanpun dan dimanapun ia sedang berada (Komariah et al., 2022). Pendidikan di sekolah dianggap berhasil di sekolah tergantung kepada tingkat berhasilnya proses pembelajaran sekolah. Salah satu mata pelajaran yang diajarkan dalam pendidikan formal di sekolah adalah Fisika. Fisika merupakan ilmu universal yang mendasari

perkembangan teknologi modern dan mempunyai peran penting dalam berbagai disiplin ilmu dan memajukan daya pikir manusia (Ariani, 2020). Tujuan dari pembelajaran fisika ialah meningkatkan pengetahuan, uraian, serta keahlian analisis peserta didik terhadap lingkungan sekitar. Sebagian aspek yang sulit dalam memecahan suatu permasalahan fisika antara lain ialah, kesukaan siswa pada materi fisika, modul pembelajaran yang dilaksanakan pada siswa dan sikap guru dalam mengajar, dan kurangnya siswa melaksanakan latihan penyelesaian soal secara mandiri (Anillah, 2019).

IPA jika dalam bahasa bahasa latin *scientia* yang berarti saya tahu. IPA adalah pengetahuan yang sistematis dan dirumuskan, memiliki hubungan dengan gejala-gejala kebendaan serta didasarkan atas pengamatan dan deduksi (Putra, 2013). Umumnya IPA terdiri dari tiga bidang ilmu dasar yaitu biologi, fisika, dan kimia (Trianto, 2011). Materi yang dipelajari dalam pelajaran fisika salah satunya adalah Hukum Termodinamika. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Surosos (2016) kesalahan yang terjadi pada peserta didik dalam memecahkan masalah termodinamika merupakan kesalahan menentukan strategi penyelesaian (51,65 %), lalu kesalahan menentukan konsep (34,07 %), serta kesalahan dalam menghitung (8,79 %). Siswa pada tingkat SMA cenderung mengalami kesulitan dalam memecahkan masalah pada materi fisika dikarenakan oleh beberapa faktor, yaitu lemahnya pemahaman terhadap konsep fisika, kurang mengetahui apayang ditanya di soal, serta kurangnya motivasi dari siswa dalam belajar fisika (Azizah et al., 2015).

Salah satu kecerdasan yang ingin dicapai dalam kurikulum 2013 merupakan kemampuan metakognitif siswa. Metakognitif ialah keterampilan siswa dalam mengatur proses berfikirnya. Metakognitif bertuju kepada *high order thinking* yang terlibat dalam kontrol aktif selama dilakukannya proses kognitif dalam pembelajaran (Uno, 2011). Menurut Nurhayati (2017) metakognitif ialah proses menyadari dan mengatur berpikir siswa sendiri. Pembelajaran yang dijalani oleh siswa menghasilkan hasil belajar yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan berbedanya kemampuan dalam berpikir dan tipe belajar siswa (Santrock, 2008).

Flavell, *et al* dalam Putri et al (2015) mengatakan berkembangnya keterampilan metakognitif siswa ditunjukkan supaya siswa bisa mengontrol pertumbuhan belajarnya secara mandiri. Bila siswa mempunyai tingkatan metakognitif yang baik, hendak lebih efisien buat memilah serta mencari informasi dalam artian menuntaskan permasalahannya dibanding siswa yang tidak mempunyai keterampilan. Menurut Suryani dalam Atiqoh (2011) pemecahan masalah adalah bagian dari proses berpikir yang sering dianggap sebagai proses paling kompleks dari fungsi kecerdasan. Siswa harus mempelajari bagaimana serta kapan

menggunakan kemampuan kognitif yang dimilikinya sehingga berhasil menguasai tantangan pembelajaran dan pemecahan masalah, Mau didalam kelas ataupun diluar kelas, agar menilai seberapa baik siswa menggunakan suatu strategi (Wilson & Conyers, 2016).

Swartz dan Perkins dalam Nurjanah (2017) membagi tingkat metakognitif menjadi 4 bagian, yaitu *Tacid Use*, *Aware Use*, *Strategic Use*, dan *Reflective Use*. *Tacid Use* adalah cara berpikir yang tidak mempertimbangkan keputusan saat mengambil keputusan. Oleh karena itu, siswa hanya dapat memakai strategi yang belum tentu benar untuk memecahkan masalah atau sekedar menjawab pertanyaan. *Aware Use* adalah cara berpikir yang menunjukkan seseorang mengetahui apa yang mereka lakukan serta alasan mereka melakukan itu. Siswa mengetahui segala sesuatu yang perlu dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut, sehingga mereka harus menggunakan suatu langkah untuk menyelesaikan masalah tersebut dan mengapa mereka memilih untuk menggunakan cara itu. *Strategic Use* ialah jenis pemikiran yang berbentuk strategis, menunjukkan bahwa seseorang mengatur pemikirannya dengan menerapkan strategi tertentu yang meningkatkan akurasi pemikirannya. Siswa dapat menggunakan serta menerapkan strategi yang benar ketika memecahkan permasalahan, membuat siswa menyadari serta mampu memilah strategi ataupun keterampilan untuk memecahkan permasalahan tersebut. *Reflective Use* adalah gaya berpikir seseorang merefleksi apa yang mereka pikir dengan mempertimbangkan apa saja yang sudah mereka pelajari dan gimana mereka bisa meningkatkannya. Siswa mampu mengenali atau memperbaiki kesalahan yang dilakukan.

Rezki (2020) dalam penelitiannya mengatakan bahwa siswa yang mempunyai pemahaman metakognitif mempunyai korelasi yang positif serta signifikan dengan hasil belajar fisika. Siswa yang mempunyai kesadaran metakognitif tinggi sanggup mengendalikan dirinya ketika belajar serta memastikan strategi yang sesuai dengan suasana belajar yang dihadapinya sehingga menciptakan hasil belajar yang memuaskan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurjanah (Nurjanah, 2017) adalah hasil belajar yang dimiliki siswa kelompok tinggi tergolong kedalam tingkat metakognitif *Reflective Use*, hasil belajar siswa sedang tergolong kedalam tingkat metakognitif *Strategic Use*, dan hasil belajar siswa rendah tergolong dalam tingkat metakognitif *Aware Use*. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yul (2021) dimana siswa yang berkemampuan tinggi kedalam tingkat metakognitif *Reflective Use* karena siswa memenuhi seluruh indikator metakognitif yaitu inikator perencanaan, indikator pemantauan serta indikator evaluasi, lalu siswa yang memiliki hasil belajar sedang tergolong kedalam tingkat metakognitif *Strategic Use* karena

terpenuhinya indikator metakognitif yaitu indikator perencanaan serta indikator pemantauan tetapi tidak terpenuhinya indikator evaluasi karena tidak melakukan pemeriksaan kembali dan penarikan kesimpulan. Siswa yang mendapatkan hasil belajar rendah tergolong pada tingkat metakognitif *Aware Use* dikarenakan terpenuhinya indikator hanya pada indikator perencanaan tetapi tidak terpenuhinya indikator pemantauan serta indikator evaluasi.

Melihat pentingnya metakognitif dalam memajukan hasil belajar siswa serta metode berpikirnya siswa yang akan memengaruhi tingkatan kemampuan fisiknya, maka penelitian tertarik dalam menganalisis lebih lanjut mengenai metakognitif siswa dengan tujuan agar dapat mendeskripsikan bagaimana tingkatan metakognitif yang siswa miliki menurut Swartz and Perkins dalam memecahkan permasalahan Hukum Termodinamika.

METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai proses metakognitif ini termasuk kedalam jenis penelitian deskriptif. Lokasi penelitian ini bertempat di SMA Negeri 1 Tambang. Waktu Penelitian adalah semester genap bulan Desember sampai Februari ditahun ajaran 2022/2023. Sampel dalam penelitian ini yaitu siswa dikelas XI MIPA 2 yang terdiri dari 23 siswa.

Pengumpulan data penelitian ini menggunakan metode berupa tes tertulis. Tes tertulis ini berisi 5 soal esai. Tes dilakukan untuk mengetahui bagaimana langkah siswa dalam proses penyelesaian masalah yang diberikan. Dalam penelitian ini, menggunakan sumber data yang dibagi menjadi dua, yakni data primer dan data sekunder. Data primer adalah data dari hasil pengukuran proses metakognitif dari tes tertulis. Data sekundernya adalah transkrip nilai hasil belajar kognitif dari guru fisika yang mengajar dikelas tersebut. Data sekunder ini akan diklasifikasikan kedalam 3 kelompok kemampuan kognitif siswa, yakni siswa dengan kemampuan kognitif tinggi, kemampuan sedang, serta kemampuan rendah. Berikut cara pembagian kelompok siswa berdasarkan hasil belajar siswa sebelumnya :

Tabel 1. Penentuan Kriteria Kelompok berdasarkan Hasil Belajar Siswa

Kriteria	Nilai Siswa (x)
Tinggi	$x \geq \text{mean} + 1\text{SD}$
Sedang	$\text{mean} - 1\text{SD} < x < \text{mean} + 1\text{SD}$
Rendah	$x < \text{mean} - 1\text{SD}$

Sumber: (Sudijono, 2005)

Data-data hasil tes yang diperoleh akan dianalisis sesuai dengan kriteria tingkat metakognitif. Tingkat metakognitif siswa ditentukan berdasarkan indikator proses pemecahan masalah yang dipenuhinya yaitu indikator perencanaan, indikator pemantauan dan indikator

evaluasi. Penarikan kesimpulan tingkat metakognitif siswa adalah tingkat metakognitif apa yang dominan yang dimiliki oleh siswa tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil belajar siswa yang didapat didalam kelas, siswa digolongkan dalam kriteria skor hasil belajar fisika sebagai berikut :

1. Kategori kriteria kelompok tinggi, semua siswa dengan nilai $x \geq 89,12$. Didapatlah jumlah siswa kelompok tinggi sebanyak 6 siswa.
2. Kategori kriteria kelompok sedang, semua siswa dengan nilai: $77 < x < 89,12$. Didapatlah jumlah siswa kelompok sedang sebanyak 13 siswa.
3. Kategori kriteria kelompok rendah, semua siswa dengan nilai: $x \leq 77$. Didapatlah jumlah siswa kelompok rendah sebanyak 4 siswa.

Berikut ini perolehan hasil dari tes tingkat metakognitif siswa dalam menyelesaikan masalah pada materi hukum termodinamika.

Tabel 2. Kriteria Kelompok Siswa Sesuai Hasil Belajar Siswa

Nama	Hasil Belajar	Kelompok	Tingkat Metakognitif
Siswa 1	93,3	Tinggi	<i>Reflective Use</i>
Siswa 2	90,0	Tinggi	<i>Reflective Use</i>
Siswa 3	81,7	Sedang	<i>Reflective Use</i>
Siswa 4	93,3	Tinggi	<i>Reflective Use</i>
Siswa 5	81,7	Sedang	<i>Strategic Use</i>
Siswa 6	91,7	Tinggi	<i>Strategic Use</i>
Siswa 7	81,7	Sedang	<i>Strategic Use</i>
Siswa 8	78,3	Sedang	<i>Strategic Use</i>
Siswa 9	80,0	Sedang	<i>Strategic Use</i>
Siswa 10	93,3	Tinggi	<i>Strategic Use</i>
Siswa 11	80,0	Sedang	<i>Strategic Use</i>
Siswa 12	79,7	Sedang	<i>Strategic Use</i>
Siswa 13	79,3	Sedang	<i>Strategic Use</i>
Siswa 14	81,7	Sedang	<i>Aware Use</i>
Siswa 15	76,7	Rendah	<i>Tacid Use</i>
Siswa 16	75,0	Rendah	<i>Tacid Use</i>
Siswa 17	86,7	Sedang	<i>Strategic Use</i>
Siswa 18	80,7	Sedang	<i>Aware Use</i>
Siswa 19	91,7	Tinggi	<i>Reflective Use</i>
Siswa 20	76,7	Rendah	<i>Tacid Use</i>
Siswa 21	81,0	Sedang	<i>Aware Use</i>
Siswa 22	79,3	Sedang	<i>Aware Use</i>
Siswa 23	77,0	Rendah	<i>Tacid Use</i>

Berikut disajikan data hasil tes metakognitif berkelompok menurut kriteria hasil tes metakognitif kelompok tinggi, kelompok sedang serta kelompok rendah.

1. Siswa Kelompok Tinggi

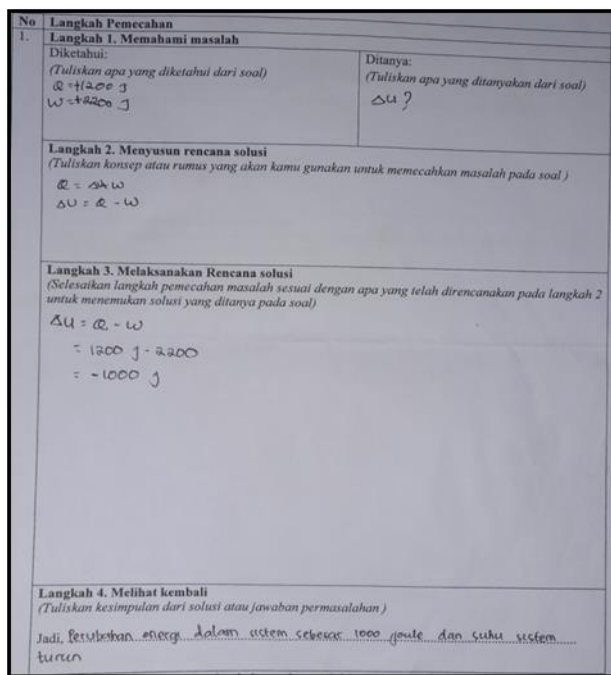
Tabel 3. Hasil Tes Tingkat Metakognitif Siswa Kelompok Tinggi

Tingkat Metakognitif	Jumlah Siswa	Persentase (%)
<i>Tacit Use</i>	0	0
<i>Aware Use</i>	0	0
<i>Strategic Use</i>	2	33,33
<i>Reflective Use</i>	4	66,67
Jumlah	6	100

Dapat dilihat bahwa rata-rata siswa pada kemampuan tingkat tinggi dominan pada tingkat metakognitif *Reflective Use*.

Berdasarkan penelitian ini, siswa kelompok tinggi dominan memiliki tingkat metakognitif *Reflective Use*. Siswa kelompok tinggi dalam menuliskan apa yang diketahui dan dipertanyakan di dalam soal. Hal ini memperlihatkan bahwa siswa kelompok tinggi dapat memahami masalahnya dengan benar. Siswa dikelompok tinggi dapat merencanakan proses penyelesaian masalah dan menyelesaikan masalahnya secara tepat serta dilakukannya evaluasi selama proses memecahkan permasalahannya dan hasil akhirnya.

Berikut ini ialah hasil tes tertulis siswa pada kelompok tinggi yaitu (siswa 1) di soal no 1 dengan pertanyaan: “Kalor Q dari lingkungan diserap oleh suatu sistem sebesar 1200 Joule. Sistem tersebut melakukan usaha sebesar 2200 Joule terhadap lingkungannya. Berapakah perubahan energi yang terjadi dalam sistem tersebut?”. Pada soal ini, siswa 1 dikategorikan kepada tingkat metakognitif *Reflective Use*.



Gambar 1. Hasil Tes Tulis Kelompok Tinggi Soal No 1

Tabel 4. Indikator Kemampuan Metakognitif Siswa 1 pada Nomor 1

Tingkat Metakognitif	Terpenuhi	Indikator Metakognitif
<i>Tacit Use</i>		Perencanaan Tidak mempunya siswa menulis apa yang diketahui Tidak mempunya siswa menulis apa yang ditanya
		Pemantauan Tidak mempunya siswa menemukan rumus yang benar untuk penyelesaian soal Tidak mempunya siswa dalam menyelesaikan soal
		Evaluasi Tidak dilakukannya penyimpulan pada jawabannya Tidak melakukan pemeriksaan kembali pada jawabannya
		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya
<i>Aware Use</i>	✓	Pemantauan Kurang mempunya siswa menemukan rumus yang tepat dalam menyelesaikan soal Kurang mempunya siswa menyelesaikan soal
	✓	Evaluasi Tidak dilakukannya penyimpulan pada jawabannya

		jawabannya
		Tidak melakukan pemeriksaan kembali pada jawabannya
<i>Strategic Use</i>		Perencanaan
	√	Mampu menulis apa yang diketahui
	√	Mampu menulis apa yang ditanya
		Pemantauan
	√	Mampu menemukan rumus yang tepat untuk menyelesaikan soal
	√	Mampu menyelesaikan soal tetapi kurang tepat
		Evaluasi
		Menyimpulkan jawaban tetapi tidak yakin akan jawaban yang diperoleh
		Tidak melakukan pemeriksaan kembali jawabannya
<i>Reflective Use</i>		Perencanaan
	√	Mampu menulis apa yang diketahui
	√	Mampu menulis apa yang ditanya
		Pemantauan
	√	Mampu menentukan rumus yang tepat dalam menyelesaikan soal
	√	Mampu menyelesaikan soal dengan benar
		Evaluasi
	√	Melakukan penyimpulan pada jawabannya
	√	Siswa memeriksa ulang jawaban mereka

Berdasarkan data tertulis bahwa siswa 1 memenuhi proses perencanaan yaitu memahami masalah dengan benar, memenuhi proses pemantauan yaitu melakukan perencanaan dengan menentukan langkah penyelesaian masalah serta menyelesaikan masalahnya dengan tepat, dan memenuhi proses evaluasi yaitu menyimpulkan hasil yang telah didapat. Hasil dari analisis serta terpenuhinya indikator metakognitif pada tabel 4 menunjukkan siswa 1 tergolong kepada tingkat metakognitif *Reflective Use*.

Tingkat metakognitif yang menonjol atau dominan pada kelompok tinggi didalam penelitian ini yaitu *Reflective Use*, dapat dikatakan siswa kelompok tinggi tergolong kedalam tingkat metakognitif *Reflective Use*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurjanah (Nurjanah, 2017) menilai bahwa siswa pada kelompok tinggi tergolong pada tingkat *Reflective Use* karena siswa pada kelompok tinggi mampu merefleksi kembali apa yang dipikirkannya, bukan hanya dapat memahami masalahnya dengan baik dan melakukan perencanaan strategi pemecahan masalah, namun dapat juga membuat keputusan sadar ketika membuat keputusan solusi. pertanyaan dan mempertimbangkan hasil yang diperoleh.

2. Siswa Kelompok Sedang

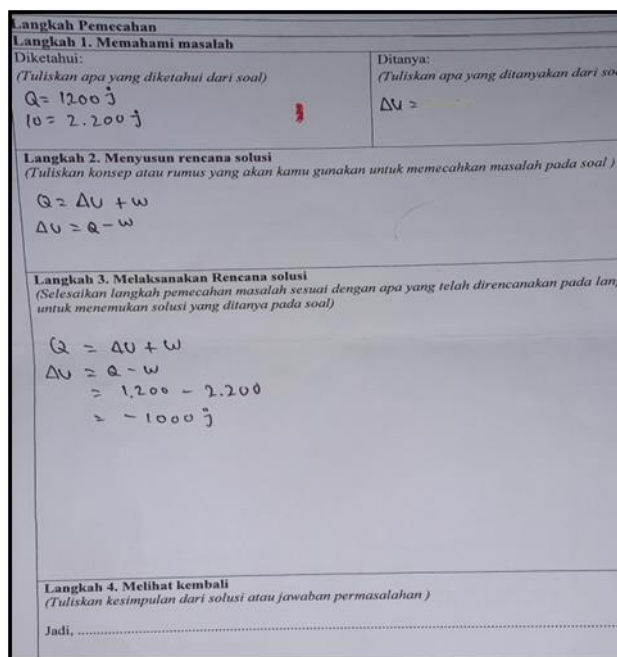
Tabel 5. Hasil Tes Tingkat Metakognitif Siswa Kelompok Sedang

Tingkat Metakognitif	Jumlah Siswa	Persentase (%)
<i>Tacit Use</i>	0	0
<i>Aware Use</i>	4	30,77
<i>Strategic Use</i>	8	61,54
<i>Reflective Use</i>	1	7,69
Jumlah	13	100

Dapat dilihat bahwa hasil dari tes tingkat metakognitif siswa pada kelompok sedang dominan tergolong pada tingkat metakognitif *Strategic Use*.

Berdasarkan hasil penelitian ini, siswa kelompok sedang yang terdiri dari 13 siswa, memiliki tingkat metakognitif *Aware Use* dan *Strategic Use*. Pada beberapa siswa terdapat tingkat metakognitif *Reflective Use*. Akan tetapi tingkat metakognitif yang dominan dalam kelompok siswa sedang ialah tingkat metakognitif *Strategic Use*.

Berikut disajikan beberapa hasil tertulis perwakilan siswa kelompok sedang. Seperti pada Gambar 2 merupakan hasil dari tes tertulis siswa kelompok sedang (siswa 11) di soal no.1 yaitu dengan pertanyaan “Kalor Q dari lingkungan diserap oleh suatu sistem sebesar 1200 Joule. Sistem tersebut melakukan usaha sebesar 2200 Joule terhadap lingkungannya. Berapakah perubahan energi yang terjadi dalam sistem tersebut ?”.



Gambar 2. Hasil Tes Tulis Siswa Kelompok Sedang No 1

Tabel 6. Indikator Kemampuan Metakognitif Siswa 11 pada Nomor 1

Tingkat Metakognitif	Terpenuhi	Indikator Metakognitif
<i>Tacit Use</i>		Perencanaan Tidak mempunya siswa menulis apa yang diketahui Tidak mempunya siswa menulis apa yang ditanya
		Pemantauan Tidak mempunya siswa menemukan rumus yang benar untuk penyelesaian soal Tidak mempunya siswa dalam menyelesaikan soal
		Evaluasi Tidak dilakukannya penyimpulan pada jawabannya Tidak melakukan pemeriksaan kembali pada jawabannya
		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya
		Pemantauan Kurang mempunya siswa menemukan rumus yang tepat dalam menyelesaikan soal Kurang mempunya siswa menyelesaikan soal
		Evaluasi Tidak dilakukannya penyimpulan pada jawabannya Tidak melakukan pemeriksaan kembali pada jawabannya
<i>Aware Use</i>	√	Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui
	√	Mampu menulis apa yang ditanya
		Pemantauan Kurang mempunya siswa menemukan rumus yang tepat dalam menyelesaikan soal Kurang mempunya siswa menyelesaikan soal
		Evaluasi Tidak dilakukannya penyimpulan pada jawabannya Tidak melakukan pemeriksaan kembali pada jawabannya
		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya
		Pemantauan Mampu menemukan rumus yang tepat untuk menyelesaikan soal Mampu menyelesaikan soal tetapi kurang tepat
<i>Strategic Use</i>	√	Evaluasi Siswa menyimpulkan jawaban tetapi tidak yakin akan jawaban yang diperoleh
	√	Tidak melakukan pemeriksaan kembali jawabannya
		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya
		Pemantauan Mampu menentukan rumus yang tepat dalam menyelesaikan soal Mampu menyelesaikan soal dengan benar
		Evaluasi Siswa menyimpulkan jawaban tetapi tidak yakin akan jawaban yang diperoleh Tidak melakukan pemeriksaan kembali jawabannya
		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya
<i>Reflective Use</i>	√	Pemantauan Mampu menemukan rumus yang tepat dalam menyelesaikan soal Mampu menyelesaikan soal dengan benar
	√	Evaluasi Siswa menyimpulkan jawaban tetapi tidak yakin akan jawaban yang diperoleh Tidak melakukan pemeriksaan kembali jawabannya
		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya

Evaluasi

Melakukan penyimpulan pada jawabannya
Siswa memeriksa ulang jawaban mereka

Sesuai dengan data tertulis yang diperoleh, siswa 11 bisa mencari serta memahami permasalahan dengan benar, dapat dikatakan terpenuhinya indikator perencanaan dengan baik, mampu merencanakan solusi dan menyelesaikan langkah-langkah pemecahan masalah dengan benar sehingga dapat dikatakan memenuhi indikator pemantauan, tetapi tidak memenuhi evaluasi karena tidak melakukan penyimpulan sehingga menurut hasil analisis dan terpenuhinya beberapa indikator kriteria metakognitif sesuai tabel 6 siswa 11 tergolong pada tingkat metakognitif yaitu *Strategic Use*.

Tingkat metakognitif dominan pada kelompok sedang yang ada penelitian ini ialah *Strategic Use*, maka tingkat metakognitif siswa kelompok sedang adalah *Strategic Use*. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nurjanah (Nurjanah, 2017) mengatakan siswa yang dikelompokkan pada kelompok kemampuan sedang tergolong kedalam tingkat metakognitif *Strategic Use* dikarenakan siswa kelompok sedang menyadari strategi yang benar untuk menyelesaikan permasalahan, bukan hanya paham akan masalah yang diberikan.

3. Siswa Kelompok Rendah

Tabel 7. Hasil Tes Tingkat Metakognitif Siswa Kelompok Rendah

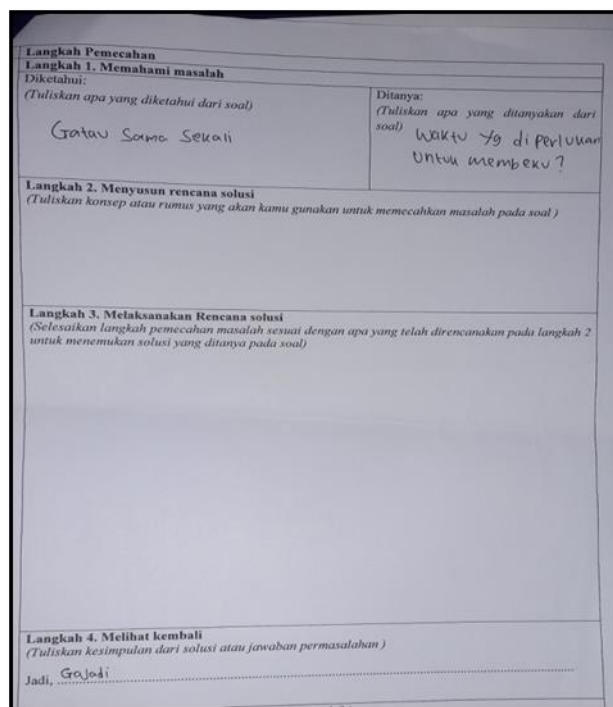
Tingkat Metakognitif	Jumlah Siswa	Persentase (%)
<i>Tacit Use</i>	4	100
<i>Aware Use</i>	0	0
<i>Strategic Use</i>	0	0
<i>Reflective Use</i>	0	0
Jumlah	6	100

Dapat dilihat bahwa hasil dari tes tingkat metakognitif siswa dalam kelompok rendah dominan tergolong kepada tingkat metakognitif *Tacit Use*.

Berdasarkan data penelitian ini, siswa kelompok rendah yang terdiri atas 4 siswa memiliki tingkat metakognitif *Tacit Use*. Siswa kelompok rendah belum mampu menuliskan apa saja yang diketahui serta yang ditanyakan di dalam soal. Siswa kelompok rendah juga tidak memiliki kemampuan dalam merencanakan langkah untuk menyelesaikan pertanyaan dan pertanyaan tidak diselesaikan dengan benar serta diseluruh soal, siswa kelompok rendah juga tidak melakukan evaluasi selama proses pemecahan masalah dan hasil akhirnya.

Berikut ini disajikan Gambar 3 adalah hasil tes tulis oleh siswa kelompok rendah (siswa 16) pada soal no 5 dengan soal “Daya masukan sebuah kulkas dengan koefisien performa 6,0

adalah sebesar 500 W. Dari reservoir dingin, kalor yang dipindahkan sebesar 3×10^5 joule. Berapakah waktu yang diperlukan untuk terjadinya proses pembekuan?”. Dalam soal ini siswa 16 tergolong kedalam tingkat *Tacit Use*.



Gambar 3. Hasil Tes Tulis Siswa Kelompok Rendah No 5

Tabel 8 Indikator Kemampuan Metakognitif Siswa 1 pada Nomor 5

Tingkat Metakognitif	Terpenuhi	Indikator Metakognitif
<i>Tacit Use</i>	√	Perencanaan Tidak mampunya siswa menulis apa yang diketahui
	√	Tidak mampunya siswa menulis apa yang ditanya
	√	Pemantauan Tidak mampunya siswa menemukan rumus yang benar untuk penyelesaian soal
	√	Tidak mampunya siswa dalam menyelesaikan soal
	√	Evaluasi Tidak dilakukannya penyimpulan pada jawabannya
	√	Tidak melakukan pemeriksaan kembali pada jawabannya
<i>Aware Use</i>		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya Pemantauan

<i>Strategic Use</i>	√	Kurang mempunya siswa menemukan rumus yang tepat dalam menyelesaikan soal
	√	Kurang mempunya siswa menyelesaikan soal
	√	Evaluasi Tidak dilakukannya penyimpulan pada jawabannya
	√	Tidak melakukan pemeriksaan kembali pada jawabannya
<i>Reflective Use</i>		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya
		Pemantauan Mampu menemukan rumus yang tepat untuk menyelesaikan soal Mampu menyelesaikan soal tetapi kurang tepat
	√	Evaluasi Siswa menyimpulkan jawaban tetapi tidak yakin akan jawaban yang diperoleh
	√	Tidak melakukan pemeriksaan kembali jawabannya
		Perencanaan Mampu menulis apa yang diketahui Mampu menulis apa yang ditanya
		Pemantauan Mampu menentukan rumus yang tepat dalam menyelesaikan soal Mampu menyelesaikan soal dengan benar
	Evaluasi Melakukan penyimpulan pada jawabannya Siswa memeriksa ulang jawaban mereka	

Sesuai dengan data didapat, siswa 16 belum bisa memahami dan mencari permasalahan dengan benar, sehingga dapat dikatakan bahwa siswa 16 belum memenuhi secara lengkap indikator perencanaan, tidak mengetahui langkah-langkah penyelesaian masalah sehingga siswa 16 dapat dikatakan belum memenuhi indikator pemantauan dan tidak melakukan evaluasi pada proses akhirnya. Sesuai hasil analisis serta kesesuaiannya dalam indikator kriteria metakognitif pada Tabel 8 siswa 16 lebih memenuhi tergolong kedalam tingkat metakognitif *Tacid Use*.

Hasil dari tes kemampuan metakognitif siswa rendah secara dominan dalam penelitian ini tergolong di tingkat metakognitif *Tacid Use*, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mahromah (2013) bahwa siswa dengan kelompok rendah sesuai hasil belajarnya berada pada tingkat metakognitif *Tacid Use* karena mempunyai aktivitas yang tidak memenuhi indikator tingkat metakognitif yaitu tidak bisanya siswa mendeskripsikan

apa yang diketahui di soal, tidak mengetahui solusi untuk menyelesaikan masalah dan tidak melakukan evaluasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Alkadrie (2015) dimana menyatakan faktor-faktor internal yaitu tingkat mengingat siswa kepada pelajaran yang dikuasai, faktor strategi belajar siswa dan faktor eksternal seperti ketersediaannya sarana serta prasarana belajar di sekolah dan rumah, faktor perhatian orang tua pada waktu belajar anak, faktor keikutsertaannya anak pada organisasi sekolah, dan model pembelajaran yang dilaksanakan oleh gurunya.

SIMPULAN DAN SARAN

Siswa yang mempunyai hasil belajar kelompok tinggi tergolong kedalam tingkat metakognitif *Reflective Use*. Siswa yang mempunyai hasil belajar kelompok sedang tergolong kedalam tingkat metakognitif *Strategic Use*. Siswa yang mempunyai hasil belajar kelompok rendah tergolong kedalam tingkat metakognitif *Tacid Use*. Tingkat metakognitif siswa yang menonjol di SMA Negeri 1 Tambang adalah pada tingkat *Strategic Use*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkadrie, R. P., Mirza, A., & Hamdani. (2015). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Level Metakognisi dalam Pemecahan Masalah Pertidaksamaan Kuadrat di SMA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 4(12), 1–13.
- Anillah. (2019). Identifikasi Metakognitif Peserta Didik Pada Pembelajaran Fisika Ditinjau Dari Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Di SMA Islam Kebumen Kabupaten Tanggamus. *Skripsi UIN Raden Intan Lampung*, 146.
- Ariani, T. (2020). Analysis of Students' Critical Thinking Skills in Physics Problems. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(1), 1–17. <https://doi.org/10.37891/kpej.v3i1.119>
- Atiqoh. (2011). Pengaruh Model Pemecahan Masalah Polya Terhadap Kemampuan Analisis Siswa Pada Konsep Listrik Dinamis. *Skripsi UIN Syarif Hidayatullah*.
- Azizah, R., Yuliati, L., & Latifah, E. (2015). Kesulitan Pemecahan Masalah Fisika Pada Siswa SMA. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya*, 5, 44–50.
- Komariah, S., Ariani, T., Putri, O., & Gumay, U. (2022). *PRACTICAL DEVELOPMENT OF ANDROID-BASED INTERACTIVE LEARNING MEDIA USING SMART APPS CREATOR (SAC) ON. 10(2)*.
- Mahromah, L. A. (2013). Identifikasi tingkat metakognisi siswa dalam memecahkan masalah matematika berdasarkan perbedaan skor matematika. *Mathedunesa*, 2(1), 8.
- Nasjum, M. R. . (2020). Hubungan Kesadaran Metakognisi Dengan Haasil Belajar Peserta Didik Dalam Pembelajaran Fisika. *Skripsi Universitas Muhammadiyah Makassar*, 191.

- Nurhayati, Hartoyo, A., & Hamdani. (2017). Kemampuan Metakognisi Siswa dalam Pemecahan Masalah pada Materi Bangun Datar Di Kelas VII SMP. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Untan, Vol. 6, No.* 1–13.
- Nurjanah, A. I. (2017). *Analisis level metakognitif Siswa dalam memecahkan masalah pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan.* 1–173.
- Putra, S. R. (2013). *Desain belajar mengajar kreatif berbasis sains.* Sitiatava Rizema.
- Putri, R. S., Susanto, & Kurniati, D. (2015). Analisis Keterampilan Metakognitif Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Berbasis Polya Subpokok Bahasan Garis dan Sudut Kelas VII-C di SMP Negeri 1 Genteng Banyuwangi. *Artikel Ilmiah Mahasiswa, 2*(1), 1–7.
- Santrock, J. W. (2008). *Psikologi Pendidikan* (2nd ed.). Kencana.
- Sudijono, A. (2005). *Pengantar Evaluasi Pendidikan* (15th ed.). PT Raja Grafindo Persada.
- Surosos, S. (2016). Analisis Kesalahan Siswa Dalam Mengerjakan Soal-Soal Fisika Termodinamika Pada Siswa Sma Negeri 1 Magetan. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains, 4*(1), 8. <https://doi.org/10.25273/jems.v4i1.200>
- Trianto. (2011). *Model Pembelajaran Terpadu: Konsep, Strategi dan Implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)* (F. Yustianti (ed.); 1st ed.). Bumi Aksara.
- Uno, H. B. (2011). *Metode Pembelajaran Menciptakan Proses Belajar Mengajar yang Kreatif dan Efektif.* PT.Bumi Aksara.
- Wilson, D., & Conyers, M. (2016). *Teaching Students to Drive Their Brains.* Virginia. 134.
- Yul, D. (2021). Profil Kemampuan Metakognitif Siswa Dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Materi Perbandingan Kelas VIII MTS Patimanjawari Tomanasa Malangke Barat. *Skripsi IAIN PALOPO*, 1–127.

SEBARAN SALINITAS PADA SAAT IOD POSITIF KUAT PADA TAHUN 2019 DI PERAIRAN PROVINSI BENGKULU

Septi Johan¹, Supiyati², Suwarsono³

Author Address; septi_johan15@unib.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

Received: 3 Maret 2023

Revised: 17 Maret 2023

Accepted: 31 Mei 2023

Abstract: This study aims to look at the distribution of salinity in the waters of Bengkulu Province during the strong positive IOD events that occurred in 2019. The research area is the Bengkulu Province region which is in position a using in-depth zonal current data, in-depth temperature data and salinity data. To see the distribution map, this data is then processed using GrADS (The Grid Analysis and Display System) software. The analysis used in this study is the Hövmuller diagram analysis. Based on the results of the study during a positive IOD it was seen that there was a movement of deep zonal currents. These zonal currents carry low-temperature water masses from the deep layers to the surface layers. Prior to the occurrence of a positive IOD, the salinity value in Bengkulu Province waters varied between $32 - 33$ ‰. When a positive IOD occurs, the salinity value in Bengkulu Province waters rises to 34 ‰ and is almost uniform.

Key Words: Zonal Current, IOD, Hövmuller, Salinitas, Temperature

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk melihat sebaran salinitas di perairan Provinsi Bengkulu pada saat kejadian IOD positif kuat yang terjadi pada tahun 2019. Daerah penelitian adalah wilayah Provinsi Bengkulu yang berada pada posisi -6° S hingga -1° S dan 98° E hingga 106° E menggunakan data arus zonal perkedalaman, data temperatur perkedalaman dan data salinitas. Untuk melihat peta sebaran, data ini kemudian diolah menggunakan software GrADS (The Grid Analysis and Display System). Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah Analisis diagram Hövmuller. Berdasarkan hasil penelitian selama IOD positif terjadi terlihat adanya pergerakan arus zonal perkedalaman. Arus zonal ini membawa massa air bertemperatur rendah dari lapisan dalam menuju lapisan permukaan. Sebelum terjadi IOD positif nilai salinitas di perairan Provinsi Bengkulu bervariasi antara $32 - 33$ ‰. Pada saat terjadi IOD positif nilai salinitas di perairan Provinsi Bengkulu naik menjadi 34 ‰ dan hampir seragam.

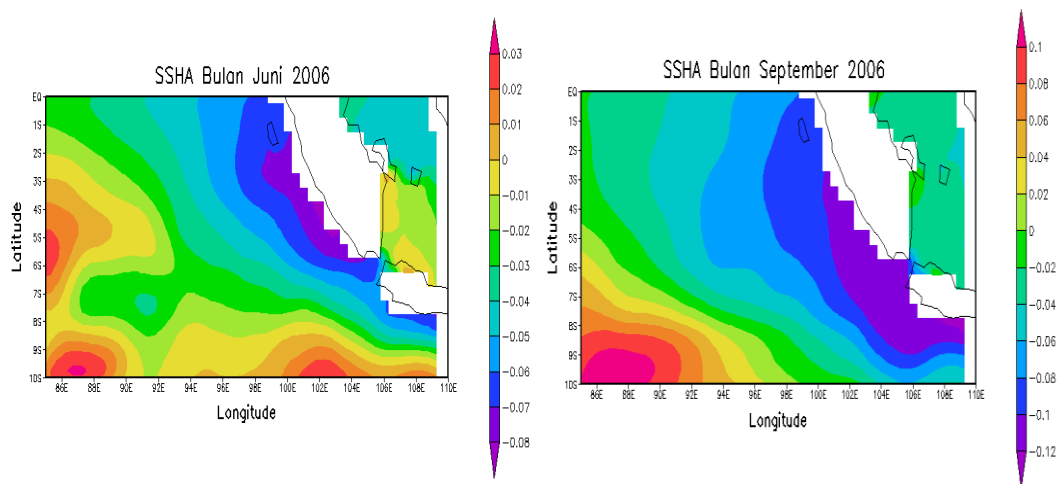
Kata kunci: Arus Zonal, IOD, Hövmuller, Salinitas, Temperatur

PENDAHULUAN

IOD atau yang dikenal dengan *Indian Ocean Dipole*, adalah fenomena interaksi laut-atmosfer yang kemudian menghasilkan adanya perbedaan suhu permukaan laut antara wilayah barat dan timur Samudera Hindia. Perbedaan suhu permukaan laut ini tidak hanya terjadi di lapisan permukaan tetapi juga terjadi dilapisan bawah permukaan. Evolusi IOD yang terjadi dipermukaan dimulai pada bulan Mei dan berakhir pada bulan Desember yang menandakan berakhirnya evolusi IOD di permukaan (Saji, dkk., 1999; Vinayachandran, dkk., 2002; Rao, dkk., 2002; Iskandar, 2012; Iskandar, dkk., 2014). Sedangkan evolusi

IOD yang terjadi di lapisan bawah permukaan terjadi pada bulan april, dimana hal ini menunjukkan bahwa evolusi IOD positif dilapisan bawah permukaan terjadi lebih cepat 1 bulan dibandingkan dengan evolusi IOD dipermukaan (Johan. S, 2016).

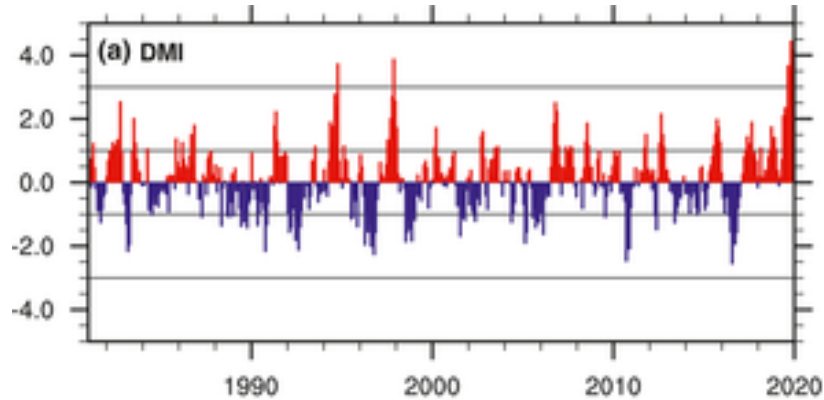
Selain perbedaan Suhu, IOD positif juga dapat diindikasikan dari beberapa parameter oseanografi antara lain angin, arus zonal dan SSHA (*Sea Surface Height Anomali*) (Atsari, R. 2013). Berdasarkan penelitian Johan, S (2016), pada saat terjadi IOD positif, nilai SSHA di wilayah Pantai Barat Sumatera mengalami penurunan tinggi permukaan laut, hal ini dikarenakan pada saat terjadi IOD positif, arus zonal bergerak ke arah barat yang menyebabkan massa air juga bergerak ke arah barat Samudra Hindia. Pergerakan massa air ini kemudian menyebabkan turunnya tinggi permukaan laut di wilayah Pantai Barat Sumatera seperti yang terlihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Sebaran Nilai SSHA di Pesisir Barat Sumatera (Sumber: Johan, S. 2016)

Turunnya tinggi permukaan laut pada saat terjadinya IOD positif mengakibatkan kosongnya massa air dilapisan permukaan, kemudian mengakibatkan naiknya massa air dari lapisan bawah permukaan, naiknya massa air dari lapisan bawah ini dinamakan dengan proses *upwelling* (Vinayachandran, *dkk.*, 1999; Rao, *dkk.*, 2004). Pada saat terjadi *upwelling*, massa air dari lapisan bawah membawa massa air yang bertemperatur rendah naik kelapisan atas karena pembatas antara air yang berada di permukaan dan yang berada di bawahnya dipisah oleh lapisan *thermocline*. Pada umumnya pada lapisan *thermocline* memiliki fluktuasi temperatur yang sangat tajam dibandingkan dengan lapisan air lainnya, sedangkan *halocline* adalah sebuah lapisan vertikal di dalam laut dimana salinitas berubah dengan cepat sejalan dengan perubahan kedalaman. Perubahan profil salinitas ini disebabkan salah satunya karena adanya fenomena IOD positif. IOD positif kembali terjadi pada tahun 2019 seperti

yang terlihat pada Gambar 2 grafik DMI di bawah ini. Berdasarkan penjelasan di atas judul penelitian ini adalah sebaran salinitas pada saat IOD positif kuat pada tahun 2019 di perairan provinsi Bengkulu. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana sebaran salinitas pada saat terjadi IOD positif pada tahun 2019.



Gambar 2. Grafik DMI

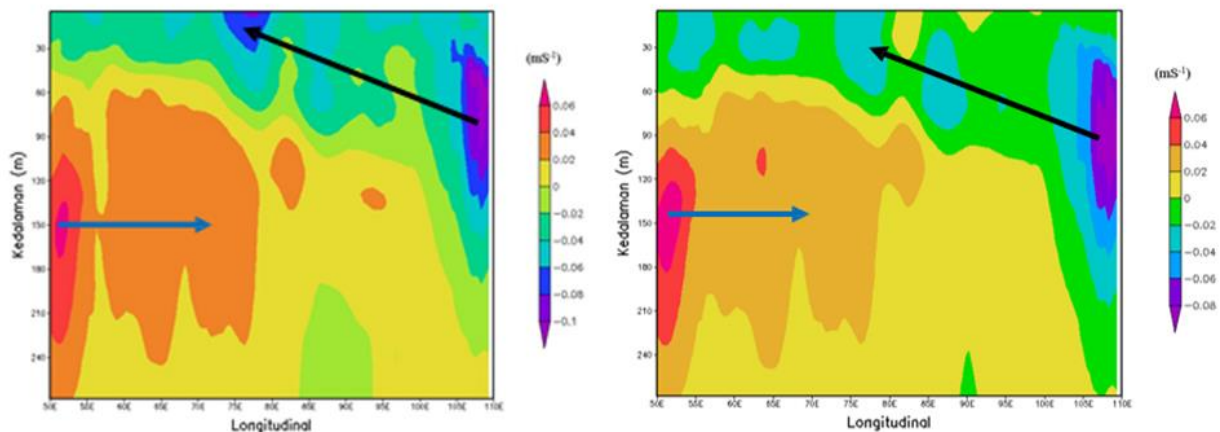
METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Daerah penelitian adalah wilayah Provinsi Bengkulu yang berada pada posisi $-6^{\circ}S$ hingga $-1^{\circ}S$ dan $98^{\circ}E$ hingga $106^{\circ}E$. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data arus zonal perkedalaman, data temperature perkedalaman dan data salinitas yang didapat dari situs <https://data.marine.copernicus.eu/products> dengan resolusi data $0.083^{\circ} \times 0.083^{\circ} \times 50$ levels. Untuk melihat peta sebaran, data ini kemudian diolah menggunakan software GrADS (*The Grid Analysis and Display System*). Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah Analisis diagram Hövmuller. Hövmuller merupakan analisis yang merata-ratakan data pada tiap grid sepanjang latitude dan longitude terpilih untuk melihat masing-masing fenomena.

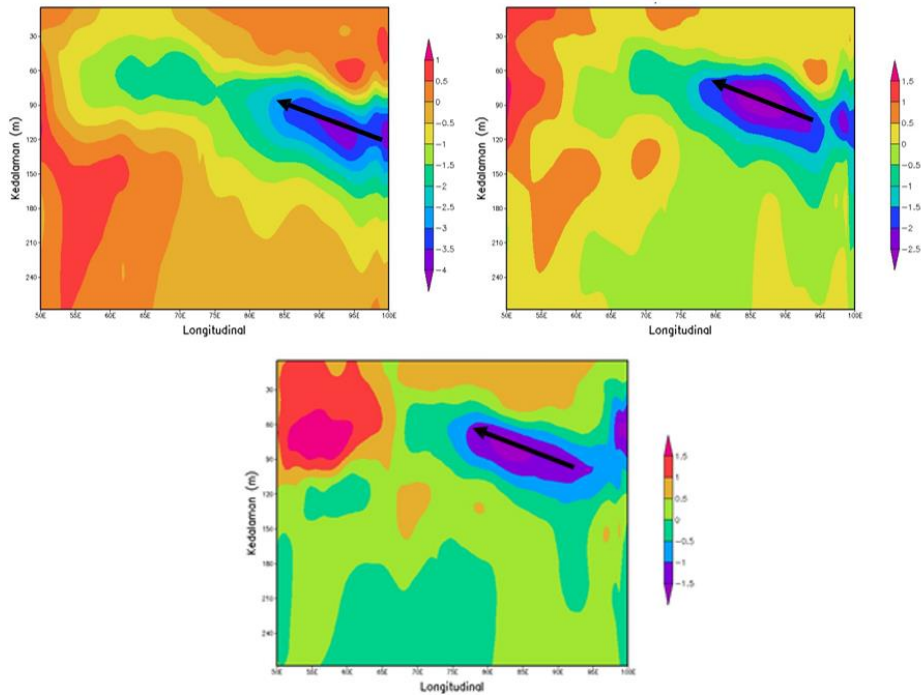
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian Johan, S (2016) selama periode terjadinya IOD positif pada bulan Mei-Desember, pantai barat sumatera didominasi oleh nilai SSHA yang rendah, hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan tinggi permukaan laut (kekosongan massa air). Kekosongan massa air dipermukaan menyebabkan naiknya massa air dari lapisan dalam menuju lapisan permukaan. Kejadian ini dinamakan *upwelling*. Pada saat *upwelling* terjadi massa air dari lapisan bawah memiliki temperatur yang rendah naik ke lapisan atas. Adanya

pergerakan massa air ini disebabkan karena adanya pergerakan arus zonal per kedalaman yang ditunjukkan oleh Gambar 3 di bawah ini. Berdasarkan arus zonal perkedalaman pada Gambar 3, arus zonal bergerak ke arah barat Samudera Hindia yang kemudian turut mempercepat evolusi IOD positif pada tahun 2019. Pergerakan arus zonal ini turut membawa massa air dari lapisan bawah menuju lapisan permukaan karena adanya proses *upwelling*, dimana massa air ini memiliki temperatur yang rendah seperti yang terlihat pada Gambar 4 dibawah ini. Selama kejadian IOD positif pada tahun 2019 pada kedalaman 60 meter hingga 150 meter terlihat adanya pergerakan massa air dengan kecepatan maksimum -1 mS^{-1} yang bergerak dari lapisan bawah menuju lapisan permukaan. Batas antara lapisan permukaan dan lapisan bawah permukaan merupakan lapisan termoklin dimana pada lapisan tersebut terjadi penurunan temperatur yang cepat terhadap kedalaman (Nontji, 1993). Pergerakan massa air dengan temperature yang rendah terlihat pada Gambar 4 dengan temperatur massa air terendah sebesar $-1,5^{\circ}\text{C}$ selama IOD positif tahun 2019. Massa air bertemperatur rendah ini naik melalui proses *upwelling*.

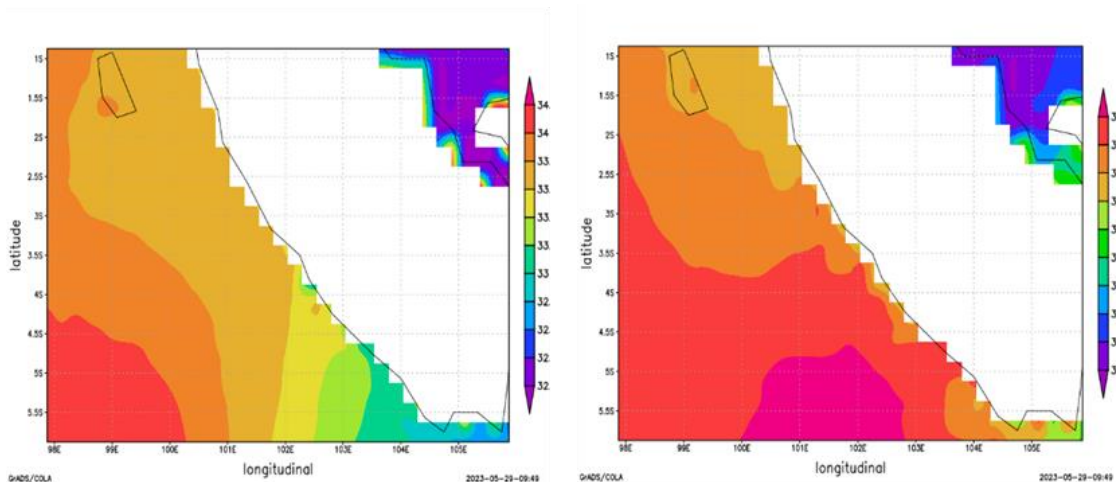


Gambar 3. Sebaran Arus Zonal Perkedalaman pada saat IOD positif tahun 2019

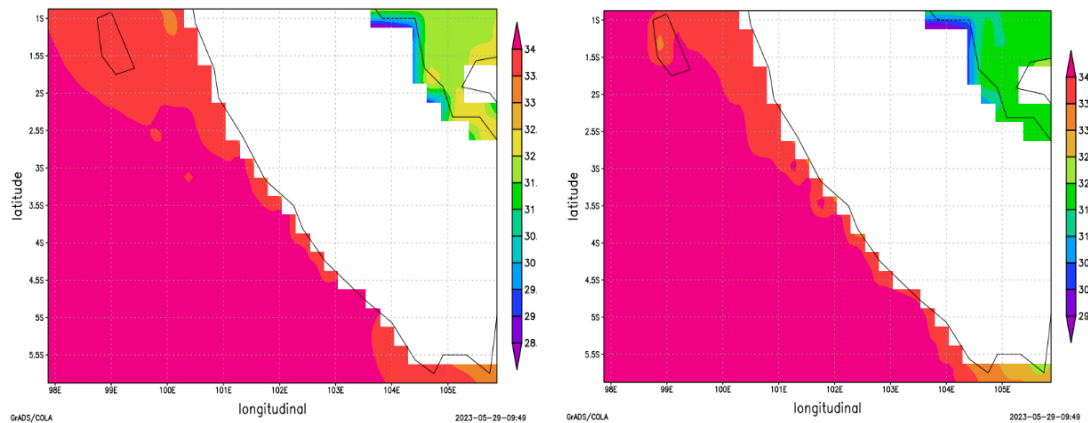


Gambar 4. Sebaran Temperatur Perkedalaman pada saat IOD positif tahun 2019

Salinitas berbanding terbalik dengan suhu. Distribusi salinitas menunjukkan nilai salinitas dipengaruhi oleh kedalaman, semakin dalam maka nilai salinitas semakin tinggi. Pada saat terjadi upwelling, massa air bersuhu rendah memiliki salinitas yang tinggi. Berdasarkan sebaran salinitas yang ditunjukkan oleh Gambar 5 berikut ini, pada saat bulan maret-april sebaran salinitas di perairan Provinsi Bengkulu memiliki nilai yang bervariasi yaitu $32 - 33 ‰$ dan pada saat terjadi IOD positif yang dimulai pada bulan Mei-Desember nilai salinitas di wilayah perairan Provinsi Bengkulu naik menjadi $34 ‰$ dan memiliki nilai yang hampir seragam yang ditunjukkan pada Gambar 6



Gambar 5. Sebaran salinitas di perairan Provinsi Bengkulu pada saat bulan Maret-April



Gambar 6. Sebaran salinitas di perairan Provinsi Bengkulu pada saat terjadi IOD positif tahun 2019

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, didapati beberapa kesimpulan yaitu:

1. Selama IOD positif terjadi terlihat adanya pergerakan arus zonal perkedalaman.
2. Arus zonal ini membawa massa air bertemperatur rendah dari lapisan dalam menuju lapisan permukaan.
3. Sebelum terjadi IOD positif nilai salinitas di perairan Provinsi Bengkulu bervariasi antara $32 - 33^{\circ}/_{00}$
4. Pada saat terjadi IOD positif nilai salinitas di perairan Provinsi Bengkulu naik menjadi $34^{\circ}/_{00}$ dan hampir seragam.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melihat profil vertikal dari sebaran salinitas yang nantinya bisa dijadikan acuan untuk melihat sebaran ikan di perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini baik dalam pengambilan data dan pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Atsari, R., .(2013). *Studi Variabilitas Tinggi Muka Air Laut di Perairan Selatan Indonesia*. Tugas Akhir Program Sarjana. Program Studi Oseanografi: Institut Teknologi Bandung.
- Iskandar, I.(2012). *The Role of Equatorial Oceanic Wave in the Activation of the 2006 Indian Ocean Dipole*, J.Sci, Vol: 44A, No: 2,113-128.

- Iskandar, I., Mardiansyah, W., Setiabududaya, D., Poerwono, P., Kurniawati, N., Syamsudin, F. dan Nagura, M. (2014). *Equatorial Oceanic Waves and the Evolution of 2007 Positive Indian Ocean*. *Terr. Atmos. Ocean. Sci*, Vol: 25, No:6, 847-856.
- Johan, S.(2016).*evolusi indian ocean dipole (iod) positif tahun 2006 di lapisan bawah permukaan*. Tesis. Program Studi Oseanografi: Institut Teknologi Bandung.
- Rao, S.A., Behera, S.K., Masumoto, Y, dan T.Yamagata. (2002). *Interannual Subsurface Variability in the Tropical Indian Ocean with a Special Emphasis on the Indian Ocean Dipole*, *Deep-Sea Res.*, **49**, pp.1549-1572.
- Rao, S. A. and T. Yamagata. (2004). *Abrupt termination of Indian Ocean dipole events in response to intraseasonal disturbances*. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L19306, doi: 10.1029/2004GL020842.
- Vinayachandran, P. N., Lizuka, S, and T. Yamagata.(1999).*Indian Ocean Dipole event in an Ocean General Circulation Model*. *Deep-Sea Research II*. No:49, 1573-1596.
- Vinayachandran, P. N., N. H. Saji, and T. Yamagata.(2002).*Response of the Equatorial Indian Ocean to an unusual wind event during 1994*. *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 1613-1616, doi: 10.1029/1999GL900179.

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF POWER POINT BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING PADA MATERI SUHU DAN KALOR**Puspita Prima Tri Handayani¹**Author Address; puspitaprima.2020@student.uny.ac.id¹Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia**Received:** 30 Desember 2022 **Revised:** 24 Januari 2023**Accepted:** 30 April 2023

Abstract: *This research aims to develop problem-based learning-based interactive learning media on temperature and heat materials for eleventh grade students. The research method carried out is a type of research and development with a 4D model (define, design, development, disseminate). Data were obtained from the validation assessment of physics educators of SMA N 1 Minggir and SMA N 1 Godean. feasibility of problem-based learning-based interactive learning media on temperature and heat material using ideal standard deviation (S_{Bi}) with an average result of 3.75 with a very decent category. The developed media attracts students' attention and can increase students' knowledge and motivate students to learn physics. In addition, problem-based learning-based powerpoint interactive learning media on temperature materials can instill a deep understanding of concepts.*

Keyword: *learning media, powerpoint, Problem based learning, temperature and heat*

Abstrak: *Penelitian ini mempunyai tujuan mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis problem based learning pada materi suhu dan kalor untuk siswa kelas sebelas semester satu. Metode penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian research and development dengan model 4D (define, design, development, disseminate). Teknik pengumpulan data dilakukan dengan membagikan instrumen penilaian berupa kuisisioner validasi ahli yaitu pendidik pendidik fisika SMA N 1 Minggir dan SMA N 1 Godean. Kelayakan media pembelajaran interaktif berbasis problem based learning pada materi suhu dan kalor menggunakan simpangan baku ideal (S_{Bi}) dengan hasil rata rata 3,75 dengan kategori sangat layak. Media yang dikembangkan menarik perhatian siswa dan dapat menambah pengetahuan siswa serta memotivasi siswa untuk belajar fisika. Selain itu, media pembelajaran interaktif powerpoint berbasis problem based learning pada materi suhu dapat menanamkan pemahaman konsep yang mendalam.*

Kata kunci: *media pembelajaran, problem based learning*

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan wadah untuk berproses dalam melakukan perubahan sikap dan tingkah laku setiap individu tau kelompok dengan cara pelatihan, pengajaran, dan kegiatan yang bersifat mendidik (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, 2016). Didalam dunia pendidikan dengan pendidikan yang berkualitas sumber daya manusia yang dihasilkan akan berkualitas juga. Proses dalam dunia pendidikan mempunyai tujuan untuk membentuk sumber daya manusia yang cerdas, terampil, bermoral demokratis, dan mempunyai kemampuan berkompetisi (Amin, 2021; Ariani, T, 2020). Sumber daya manusia yang berkompeten perlu mengikuti perkembangan zaman yang semakin modern ini. Di industry

4.0 dengan kemajuan yang sangat pesat membawa beberapa perubahan, perubahan-perubahan ini tidak hanya terjadi dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) saja, tetapi dalam dunia pendidikan juga. Oleh karena itu, seorang pendidik harus senantiasa mengasah dan mengeksplor kemampuan dalam diri dalam mengajar peserta didik.

Cabang ilmu pengetahuan alam yang beragam salah satunya fisika dapat membantu terbentuknya sumber daya manusia yang memiliki kemampuan dan mahir dalam mengikuti perkembangan zaman terutama dalam perkembangan teknologi sehingga diharapkan siswa dapat menghadapi tantangan pendidikan. Namun, dalam proses pembelajaran fisika sering terjadi masalah kurangnya motivasi siswa dalam belajar siswa karena banyak siswa menganggap bahwa fisika rumit untuk dipelajari (Miswati et al., 2020). Salah satu bab pada pembelajaran fisika yang cukup sulit adalah bab suhu dan kalor kelas sebelas semester satu kurangnya pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis . Hal ini mengakibatkan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor menjadi rendah (Garira, 2020). Tentu saja Guru dituntut untuk kreatif dalam mengajar dengan mengembangkan dan membuat media pembelajaran yang sesuai dengan perkembangan zaman supaya siswa dapat tertarik belajar fisika dan benar benar mengerti konsep fisika yang dianggap sulit tersebut (Maryam & Fahrudin, 2020).

Perkembangan dan kemajuan IPTEK dan pendidikan yang terus berjalan beriringan ini diharapkan dapat mengubah kerangka berpikir guru untuk menyediakan kebutuhan belajar siswa, yang salah satunya dengan media pembelajaran berbentuk multimedia (Ekayani, 2017). Kelebihan aplikasi multimedia yang interaktif dapat menjadikan siswa lebih eksplor untuk mencoba dan menggali konsep dan prinsip yang ada pada mata pelajaran sehingga siswa dapat lebih cepat memahami konsep materi karena terpadunya unsur unsur seperti animasi, gambar, video, teks dan suara yang dapat membantu memaksimalkan fungsi indera dalam tubuh untuk menerima informasi dan meneruskan ke otak (Ekayani, 2017).

Berdasarkan penelitian Indrawati (2021), media yang dipakai di sekolah masih belum banyak variasinya yaitu masih dengan media grafis dan media visual. Media tersebut dalam penyampaian materi atau pesan masih terbatas yang hanya dapat dirasakan oleh indera penglihatan. Sehingga dalam kegiatan belajar mengajar tidak dapat menuntut siswa untuk menggunakan indera lainnya. Media yang berkembang saat ini sangat bervariasi, salah satunya media berbasis computer (Santhalia & Sampebatu, 2020). Salah satu jenis media berbasis komputer adalah *power point* . Power point adalah media yang efektif untuk melakukan presentasi (Rafmana et al., 2018). Di dalam power point dapat menggabungkan

semua unsur seperti gambar, video, teks, audio, animasi yang dapat menjadikan *power point* yang menarik dan *power point* dapat menghasilkan media yang interaktif. Penyampaian materi dapat dilakukan dengan berbagai model, strategi, dan metode terutama dalam pelajaran fisika (Rohmani et al., 2015). Supaya media *powerpoint* menunjang keaktifan dan meningkatkan pemecahan masalah dapat dibuat dengan model pembelajaran *problem based learning*.

Problem based learning adalah model pembelajaran dengan menerapkan masalah dalam kehidupan nyata agar dapat menjadi suatu keadaan untuk peserta didik dalam pembelajaran terkait berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pemahaman konsep yang baik dari pembelajaran (Elizabeth & Sigahitong, 2018). Media pembelajaran interaktif dengan model pembelajaran *problem based learning* harapannya juga dapat mengajak siswa untuk aktif dan berpikir kritis. Langkah pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *problem based learning* yaitu (1) pendidik dan peserta didik memufakati definisi, istilah dan konsep yang belum jelas, (2) pendidik memberikan masalah dan meminta peserta didik untuk memberikan fakta-fakta, (3) peserta didik menganalisis masalah, (4) peserta didik memberikan penjelasan menjadi solusi sementara, (5) peserta didik menghasilkan tujuan pembelajaran, (6) peserta didik menyelidiki dan (7) peserta didik melaporkan kembali dan menerapkan informasi baru ke masalah awal (Richardson, 2009).

Media pembelajaran yang dikembangkan peneliti sudah dilengkapi dengan komponen video, gambar, dan animasi yang akan membagikan pengetahuan yang langsung kepada peserta didik. Hal ini sesuai dengan penelitian (Oktaviani et al., 2017) yang menyatakan pembelajaran dengan model *problem based learning* dengan berbasis multimedia akan lebih baik digunakan daripada berbasis modul. Penelitian serupapula telah dilakukan oleh (Ridwan et al., 2021) pengembangan media pembelajaran multimedia interaktif berbasis model *problem based learning* telah memenuhi kriteria layak atau valid, efektif, dan memiliki pengaruh positif dalam pembelajaran fisika. Berdasarkan masalah yang telah diuraikan di atas penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran yang interaktif dengan model pembelajaran *problem based learning*.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian *research and development* dengan model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel. Tahapan dalam penelitian ini ada empat *define* (pendefinisian), *design*

(perancangan), *development* (pengembangan), dan *desseminate* (penyebaran) (Sugiono, 2017). Tahap define dilakukan analisis kebutuhan guru dan siswa, dalam pengembangan produk berupa media pembelajaran ini mengacu kepada syarat pengembangan, menganalisa, dan mengumpulkan informasi untuk mengetahui sejauh mana produk dikembangkan. Tahap design dilakukan pemilihan media yaitu powerpoint dan perancangan slide powerpoint serta pembuatan instrument penilaian. Tahap development dilakukan dengan validasi pendidik. Tahap terakhir yaitu disseminate dilakukan untuk mempromosikan produk hasil dari pengembangan. Tahap disseminate dilakukan penyebaran produk media yang dikembangkan kepada guru fisika kelas sebelas di Kabupaten Kulon Progo secara online melalui grup fisika kab kulon progo.

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan informasi dan pengambil data menggunakan berupa lembar validasi. Lembar validasi berupa pertanyaan tertulis yang perlu ditanggapi oleh validator dengan cara memilih alternatif jawaban yang sudah ada. Instrumen tersebut digunakan untuk mengetahui kelayakan pengembangan media pembelajaran interaktif power point berbasis problem based learning pada materi suhu dan kalor untuk siswa kelas sebelas semester satu.

Pada tahap analisis kelayakan media pembelajaran interaktif berbasis problem based learning pada materi suhu dan kalor menggunakan simpangan baku ideal (S_{Bi}) dengan beberapa tahap sebagai berikut :

- a. Menghitung rata-rata skor aspek penilaian

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

(Mardapi, 2012)

Dimana :

\bar{X} = skor rata-rata

$\sum x$ = jumlah skor

n = jumlah penilai

- b. Mengkonversikan skor menjadi skala 4

Panduan perubahan skor menjadi skala 4 adalah dengan menghitung rata-rata ideal (M_i) dengan rumus :

$$M_i = \frac{1}{2} (\text{skor max ideal} + \text{skor min ideal}) \quad (2)$$

Setelah menemukan nilai dari M_i, dilanjutkan dengan mencari nilai dari S_{Bi} dengan rumus:

$$SBI = \frac{1}{6} (\text{skor max ideal} - \text{skor min ideal}) \quad (3)$$

c. Menentukan Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian berdasarkan perhitungan Sbi dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1. Rentang skor kuantitatif

Rentang Skor Kuantitatif	Kategori
$X \geq Mi + 1,5 Sbi$	Sangat Layak
$Mi + 1,5 Sbi \geq X \geq Mi$	Layak
$X > M \geq Mi - 1,5 Sbi$	Kurang Layak
$Mi - 1,5 Sbi > X$	Tidak Layak

Perhitungan kriteria penilaian tersebut diubah dalam rentang skala 1-4 dengan cara sebagai berikut :

$$Mi = \frac{1}{2} (4 + 1) = 2,5$$

$$Sbi = \frac{1}{6} (4-1) = 0,5$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh kriteria penilaian untuk penelitian yaitu pada tabel berikut :

Rentang Skor Kuantitatif	Kategori
$X \geq 3,25$	Sangat Layak
$3,25 \geq X \geq 2,5$	Layak
$2,5 > X \geq 1,75$	Kurang Layak
$1,75 > X$	Tidak Layak

(Mardapi, 2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mempunyai tujuan mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis problem based learning pada materi suhu dan kalor untuk siswa kelas sebelas. Dilakukan dengan empat tahapan, yaitu *define, design, development, disseminate*. Tahap *define* (pendefinisian) dilakukan analisis kebutuhan peserta didik, berdasarkan hasil penelitian (Indrawati, 2021a) sekolah memiliki sarana dan prasarana yang mampu mendukung proses pembelajaran, tetapi media pembelajaran disekolah belum bervariasi dan cenderung tidak memanfaatkan sarana dan prasarana disekolah serta menggunakan metode ceramah yang membuat kelas gaduh dan tidak menarik terkhusus pada materi suhu dan kalor dengan materi yang cukup kompleks. Dapat diketahui berdasarkan hal tersebut bahwa siswa memerlukan media pembelajaran yang menarik perhatian. Media pembelajaran interaktif dalam bentuk *powerpoint* berbasis *problem based learning* pada materi suhu dan kalor menjadi salah satu alternatif yang dapat di terapkan dalam pembelajaran di kelas.

Tahap *design* atau perancangan pada media pembelajaran dilakukan dengan mencari materi suhu dan kalor terlebih dahulu, mengumpulkan gambar, memasukkan teks, membuat suara, memasukkan video, dan memberikan *hyperlink*.

Tabel 2. Tampilan slide

	
<p>Tampilan Slide Menu Utama</p>	<p>Tampilan slide sintaks pbl berupa video</p>
	
<p>Tampilan slide sintaks PBL</p>	<p>Tampilan slide materi suhu dan kalor</p>
	
<p>Tampilan slide quis dengan jawaban benar</p>	<p>Tampilan slide quis dengan jawaban salah</p>

Rancangan instrumen yang dibuat memuat empat aspek yaitu isi materi, model dan metode, penyajian materi, dan bahasa. Isi materi dengan tiga indikator, model dan metode dengan satu indikator, penyajian materi dengan empat indikator, dan bahasa dengan dua indikator.

Tahap development penelitian ini berupa media pembelajaran interaktif. Media pembelajaran ditingkatkan berdasarkan saran dan kritik yang membangun peneliti dari validator pendidik. Kelayakan media pembelajaram *powerpoint* berbasis *problem based learning* pada materi suhu dan kalor untuk kelas sebelas ini dihitung dengan simpangan baku

ideal dengan skala satu hingga empat. Analisis kelayakan media pembelajaran interaktif berbasis *problem based learning* pada materi suhu dan kalor menunjukkan aspek isi materi, metode dan model, penyajian materi, dan bahasa.

Hasil analisis kelayakan media pembelajaran interaktif berbasis *problem based learning* pada materi suhu dan kalor sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil analisis kelayakan media pembelajaran

Aspek	Rata – rata aspek	Kategori
Isi Materi	3,67	Sangat layak
Metode dan Model	4	Sangat layak
Penyajian Materi	3,83	Sangat layak
Bahasa	3,5	Sangat layak

Hasil analisis kelayakan media pembelajaran interaktif berbasis *problem based learning* mendapat rata rata nilai aspek keseluruhan adalah 3,75 dengan kategori sangat layak.

Data penelitian ini adalah data kualitatif, yang diperoleh dari penilaian validasi pendidik fisika SMA N 1 Minggir dan SMA N 1 Godean. Pada aspek isi materi memiliki indikator yaitu kesesuaian indikator pembelajaran dengan kurikulum, kompetensi inti, dan kompetensi dasar, kesesuaian materi dan penerapan dalam meningkatkan literasi teknologi dan kemampuan pemecahan masalah, dan keberadaan latihan soal yang membantu pemecahan masalah. Pada aspek model dan metode mempunyai indikator kesesuaian materi dengan model pembelajaran *problem based learning*. Aspek penyajian materi memiliki indikator kesesuaian penyajian materi fisika dengan media yang dikembangkan, kejelasan video penjelasan materi, kesesuaian pemilihan gambar terkait contoh penerapan fisika dalam materi, dan keefektifan media yang dikembangkan. Pada aspek bahasa indikatornya yaitu kesesuaian penggunaan bahasa Indonesia, kekomunikatifan kalimat yang digunakan.

Pada aspek isi materi kesesuaian indikator pembelajaran dengan kurikulum, kompetensi inti, dan kompetensi dasar mendapat nilai rata rata 3 dengan kategori layak dengan saran indikator pembelajaran diurutkan dari mengkonstruksi permasalahan baru menjelaskan. Kesesuaian materi dan penerapan dalam meningkatkan literasi teknologi dan kemampuan pemecahan masalah mendapat rata rata 4 dengan kategori sangat layak sehingga indikator tersebut sudah sesuai dengan media yang dikembangkan. Keberadaan latihan soal yang membantu langkah pemecahan masalah mendapat rata rata 4 dengan kategori sangat layak, sehingga Latihan soal tersebut dapat membantu siswa dalam pemecahan masalah. Berdasarkan nilai validator pendidik aspek isi materi mendapat rata rata 3,67 dengan kategori sangat layak.

Kesesuaian materi dengan model pembelajaran *problem based learning* mendapat rata-rata 4 dengan kategori sangat layak sehingga media pembelajaran yang dikembangkan sudah sesuai dengan sintaks *problem based learning*. Pada aspek penyajian materi mendapat rata-rata 3,83 dengan kategori sangat layak. Kesesuaian penyajian materi fisika dengan media yang dikembangkan sudah baik dan mendapat saran untuk diberikan pengantar kompetensi dasar ketrampilan pada kategori ini mendapat rata-rata 3,33 dengan kategori sangat layak. Kejelasan video penjelasan materi sudah sesuai dengan mendapat rata-rata 4 dengan kategori sangat layak. Kesesuaian pemilihan gambar dan keefektifan media yang dikembangkan mendapat rata-rata 4 dengan kategori sangat layak.

Aspek bahasa dengan indikator kesesuaian penggunaan bahasa Indonesia masih terdapat kalimat yang tidak sesuai dan salah pengetikan rata-rata indikator ini adalah 3 dengan kategori sangat layak. Kekomunikatifan kalimat yang digunakan sudah komunikatif dan mendapat rata-rata 4 dengan kategori sangat layak.

Media pembelajaran interaktif *powerpoint* berbasis *problem based learning* pada materi suhu dan kalor dapat menarik perhatian siswa dan dapat menambah pengetahuan siswa serta memotivasi siswa untuk belajar fisika. Selain itu, media pembelajaran interaktif *powerpoint* berbasis *problem based learning* pada materi suhu dapat menanamkan pemahaman konsep yang mendalam, sehingga sesuai dengan (Indrawati, 2021a) bahwa media pembelajaran interaktif *powerpoint* berbasis *problem based learning* pada materi suhu dapat membantu siswa melatih kemampuan dalam memahami materi.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan tahap *define, design, development, disseminate* media pembelajaran interaktif *powerpoint* berbasis *problem based learning* pada materi suhu dan kalor menjadi solusi yang dapat membantu siswa dalam menanamkan pemahaman konsep yang mendalam dan pemecahan masalah. Dapat dilihat dari hasil analisis validasi dengan empat aspek yaitu isi materi, metode dan model, penyajian materi, dan bahasa diperoleh rata-rata seluruh aspek 3,75 dengan kategori sangat layak. Sehingga sebaiknya media pembelajaran yang telah dikembangkan dapat dilanjutkan ke dalam sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

Ariani, T. (2020). Analysis of Students' Critical Thinking Skills in Physics Problems. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(1), 1-17.

- Amin, A. (2021). *Pengembangan Handout Fisika Berbasis Contextual Teaching And Learning (Ctl) Untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Fisika Siswa SMA*. <https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jjpf.v1i1.33436>
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. (n.d.). *Pedoman umum ejaan bahasa Indonesia*.
- Ekayani, P. (2017). *Pentingnya Penggunaan Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa*. <https://www.researchgate.net/publication/315105651>
- Elizabeth, A., & Sigahitong, M. M. (2018). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik SMA. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 6(2). <https://doi.org/10.33394/j-ps.v6i2.1044>
- Garira, E. (2020). A Proposed Unified Conceptual Framework for Quality of Education in Schools. *SAGE Open*, 10(1). <https://doi.org/10.1177/2158244019899445>
- Indrawati, N. (2021a). *Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Pada Materi Suhu Dan Kalor Di Sma Muhammadiyah 1 Unismuh Makassar*.
- Indrawati, N. (2021b). *Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Pada Materi Suhu Dan Kalor Di Sma Muhammadiyah 1 Unismuh Makassar*.
- Mardapi, D. (2012). Pengukuran penilaian dan evaluasi pendidikan. *Yogyakarta: Nuha Medika*, 45.
- Maryam, E., & Fahrudin, A. (2020). Pengembangan Sound Card Laptop sebagai Alat Praktikum Fisika untuk Penentuan Percepatan Gravitasi Bumi. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 2(1), 29–40. <https://doi.org/10.31540/sjpif.v2i1.926>
- Miswati, M., Amin, A., & Lovisia, E. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Power Point Macro Berbasis Problem Based Learning Materi Besaran dan Pengukuran Sebagai Sumber Belajar Siswa Kelas X. *SILAMPARI JURNAL PENDIDIKAN ILMU FISIKA*, 2(2), 77–91. <https://doi.org/10.31540/sjpif.v2i2.984>
- Oktaviani, P., Hartono, H., & Marwoto, P. (2017). Pengembangan Multimedia Interaktif Bervisi SETS sebagai Alat Bantu Model Problem Based Learning (PBL) dalam Pembelajaran IPA di SMP untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Keterampilan Sosial Peserta Didik. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 2(2). <https://doi.org/10.24905/psej.v2i2.746>
- Rafmana, H., Chotimah, U., & Alfiandra. (2018). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Articulate Storyline untuk Meningkatkan Motivasi SMA Srijaya Negara Palembang. *Jurnal Bhinneka Tunggal Ika*, 5(1).
- Richardson, J. C. (2009). Book Review: A Practical Guide to Problem-Based Learning Online. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1089>
- Ridwan, Y. H., Zuhdi, M., Kosim, K., & Sahidu, H. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan

Kemampuan Berpikir Kreatif Fisika Peserta Didik. *Orbita: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 7(1). <https://doi.org/10.31764/orbita.v7i1.3832>

Rohmani, Sunarno, W., & Sukarmin. (2015). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Multimedia Interaktif Terintegrasi Dengan LKS Pokok Bahasan Hukum Newton Tentang Gerak Kelas X SMA/MA. *Jurnal Inkuiri*, 4(1).

Santhalia, P. W., & Sampebatu, E. C. (2020). Pengembangan Multimedia Interaktif Fisika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Siswa pada Era Pandemi Covid-19. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(2).

Sugiono. (2017). Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta. *Metode Penelitian*.