

## Transformasi Digital Prosedur Penelitian dan Praktikum di Laboratorium Fisika Dasar Menggunakan Model Pengembangan 4D untuk Mendukung Administrasi Paperless

Natalia Erna Setyaningsih\*<sup>1</sup>, Agus Nu'Man<sup>2</sup>, Rodhotul Muttaqin<sup>3</sup>, Fifin Dewi Ratnasari<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>nataliaerna@mail.unnes.ac.id, <sup>2</sup>unnesagus@mail.unnes.ac.id,  
<sup>3</sup>muttaqinfisika@mail.unnes.ac.id, <sup>4</sup>fifin\_fisika@mail.unnes.ac.id

### Abstrak

Meningkatnya ketergantungan pada proses berbasis kertas di laboratorium berkontribusi pada inefisiensi dan masalah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan transformasi digital dalam prosedur penelitian dan praktik di Laboratorium Fisika Dasar dengan memanfaatkan model pengembangan 4D (*Define, Design, Development, Disseminate*). Pendekatan digitalisasi menggabungkan *Linktree*, *Quick Response (QR)-code*, dan *Google Forms* untuk meminjamkan peralatan dan aplikasi penelitian yang efisien. Uji kelayakan yang dilakukan di antara para ahli menghasilkan peringkat persetujuan 89%, sementara uji efektivitas yang melibatkan 40 mahasiswa fisika menunjukkan tingkat kepuasan 89,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa digitalisasi secara signifikan meningkatkan proses administrasi laboratorium, meminimalkan pemborosan kertas, dan mendorong praktik pendidikan yang berkelanjutan.

**Kata Kunci:** *Administrasi Paperless, Prosedur Laboratorium, QR-Code, Transformasi Digital*

### Abstract

*The increasing reliance on paper-based processes in laboratories contributes to inefficiencies and environmental concerns. This study aims to implement a digital transformation in research and practical procedures at the Basic Physics Laboratory by utilizing the 4D development model (Define, Design, Development, Disseminate). The digitalization approach incorporates Linktree, Quick Response (QR) codes, and Google Forms for streamlined equipment lending and research applications. A feasibility test conducted among experts yielded an 89% approval rating, while an effectiveness test involving 40 physics students showed an 89.5% satisfaction rate. These results demonstrate that digitalization significantly enhances laboratory administrative processes, minimizes paper waste, and fosters sustainable educational practices.*

**Keywords:** *Digital Transformation, Laboratory Procedures, Paperless Administration, QR-Code*

## 1. PENDAHULUAN

Kertas banyak sekali digunakan dalam kehidupan sehari-hari terlebih di dunia pendidikan. Penggunaan kertas berlebih akan menimbulkan banyaknya sampah kertas. Pembuangan kertas di tempat pembuangan sampah berakibat terjadinya dekomposisi dalam kondisi *anaerob* yang akan menghasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>) yang menjadi penyebab pemanasan global sehingga berakibat terhadap perubahan iklim (Fauqy Ashari & Ika Meicahayanti, 2024).

Laboratorium adalah penunjang akademik di lembaga pendidikan. Ini dapat berupa ruangan permanen atau bergerak yang diatur secara sistematis untuk tujuan pengujian, kalibrasi, dan produksi skala terbatas (Fatchiyah dkk., 2016). Laboratorium Fisika Dasar merupakan salah satu laboratorium di dunia pendidikan yang melakukan kegiatan praktikum, perkuliahan dan penelitian baik oleh mahasiswa maupun dosen. Di laboratorium Fisika Dasar prosedur meminjamkan atau penggunaan alat selama ini masih manual yaitu mengajukan *hard file* berupa surat meminjamkan alat untuk penelitian atau bon pinjam peralatan untuk praktikum. Dengan sistem manual tersebut, tentu saja akan memperbanyak sampah kertas sehingga diperlukan langkah transformasi digital sebagai upaya meningkatkan *paperless*, yang juga mendukung konservasi lingkungan. Konservasi bertujuan menjaga

sumber daya yang dikelola secara hati-hati untuk memaksimalkan nilainya sehingga memungkinkan generasi mendatang untuk memanfaatkannya (Arif Mu, 2024).

Percepatan adopsi teknologi digital melalui transformasi digital dapat meningkatkan efisiensi biaya dan mendisiplinkan alur proses layanan (Budiyatno, 2022). Implementasi transformasi digital pada suatu bidang keilmuan dapat meningkatkan motivasi dan kemandirian peserta didik (Bonok dkk., 2024). Aktifitas kehidupan sebagian mengalami transformasi ke penggunaan teknologi digital dengan menggunakan metode *document management system*, *electronic invoice*, dan *electronic business process* untuk mengelola administrasi dengan mengurangi penggunaan kertas (*paperless office*) dan beralih ke bentuk dokumen digital dengan tujuan mengurangi sampah karbon yang dihasilkan dari banyaknya kertas yang digunakan untuk mencetak dokumen (Kurnia dkk., 2023).

Selain berfungsi sebagai kegiatan administrasi, *paperless* juga merupakan aplikasi yang memudahkan pengguna untuk berkomunikasi. Sistem ini sudah banyak digunakan oleh universitas di Indonesia (Pyrenia Iskandar & Wardiani, 2020). Tantangan dalam penerapan *paperless office* adalah jika SDM yang tersedia tidak paham terhadap penggunaan internet, sehingga kembali menggunakan kertas sebagai sarana efektif dalam melakukan kegiatan administrasi. Dengan demikian dibutuhkan pelatihan atau pun pendampingan sebagai penunjang *paperless office* (Eka Afri, 2023).

Faktor yang mempengaruhi suatu laboratorium dapat dikelola dengan baik diantaranya adalah pemanfaatan fasilitas yang efektif, efisien, disiplin, dan administrasi laboratorium yang baik. Pengelolaan laboratorium meliputi beberapa aspek antara lain perencanaan, penataan alat dan bahan, pengadministrasian laboratorium, pengamatan, perawatan dan pengawasan laboratorium (Rachmawati & Nisa, 2022). Transformasi digital di laboratorium Fisika Dasar merupakan salah satu aspek pengelolaan laboratorium yaitu pengadministrasian laboratorium yang dapat didefinisikan sebagai proses pencatatan atau inventarisasi fasilitas dan aktifitas laboratorium.

Metode digitalisasi yang digunakan di laboratorium Fisika Dasar adalah dengan penggunaan aplikasi *linktree*, *Quick Response (QR) code*, dan *google formulir*. *Linktree* berfungsi untuk menampung semua tautan penting yang akan dibagikan kepada pengguna laboratorium Fisika Dasar. *Google formulir* merupakan layanan *Google* yang efektif dan praktis untuk memperoleh informasi tertentu berupa data atau pertanyaan yang dibutuhkan. Sedangkan *QR-code* merupakan kode matriks yang dapat dibaca dengan menggunakan kamera *smartphone* atau tablet, dan dapat memberikan informasi terkait dengan objek tertentu.

Salah satu metode digitalisasi adalah pemanfaatan logbook *QR-code* berbasis *Google form* terhadap kepuasan penggunaan laboratorium yang menyatakan bahwa dengan digitalisasi logbook laboratorium, mahasiswa tidak perlu lagi membawa alat tulis ketika menggunakan alat ataupun mencatat kepentingan berkunjung di laboratorium, hal ini menandakan bahwa terjadi peningkatan *paperless* (Sepriadi dkk., 2022). Digitalisasi logbook penggunaan alat pada laboratorium pengujian mineral dan lingkungan juga berbasis pada pemanfaatan *google formulir* dan *QR-code*, yang akan memudahkan akses pengguna sehingga diperoleh data yang tersimpan secara sistematis (Tumanan & Aksan, 2023). Dengan digitalisasi berupa sistem inventarisasi laboratorium *online* juga berpengaruh terhadap ketepatan waktu pelaksanaan persiapan peminjaman dan pengembalian alat dan bahan sesuai jadwal praktikum (Riswanto, 2019).

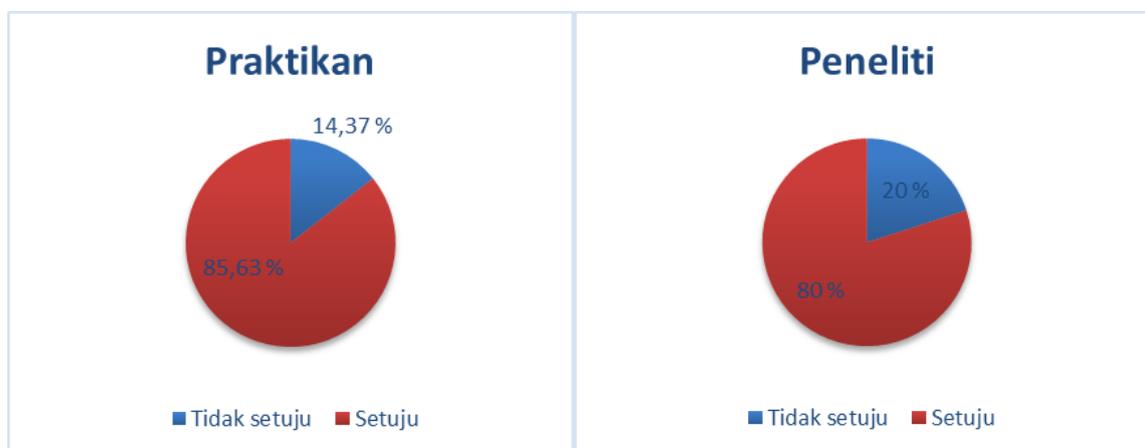
Pemanfaatan *QR-code* yang menampilkan deskripsi produk akan mempermudah dan mempercepat pencarian produk tersebut (Dedy Irawan & Adriantantri, 2018). Produk yang dirubah dalam kode matriks *QR code* dalam penelitian ini berupa *Google formulir* yang memuat identitas pengguna laboratorium Fisika Dasar, jenis kegiatan (praktikum atau penelitian), nama, jumlah dan kondisi peralatan laboratorium yang digunakan, nama dosen pengampu atau dosen pembimbing, dan kontrak penelitian bagi yang melaksanakan kegiatan penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Hanna Nurul Husna, dkk menyimpulkan bahwa penggunaan *QR-code* menimbulkan efisiensi, ketertarikan, *paperless*, dan mudah dalam pendataan peminjaman serta penggunaan peralatan dan ruang (Husna dkk., 2023). Penelitian yang dilakukan oleh Dori Kusuma Jaya, dkk menyatakan bahwa penerapan metode digital berbasis *QR-code*, mampu mengefektifkan dan mengefesienkan rekap penyimpanan data peminjam peralatan laboratorium (Jaya dkk., 2023). Transformasi digital juga dilakukan dalam pembuatan media pembelajaran diantaranya penggunaan *Linktree* untuk meningkatkan literasi Sains dan kemampuan metakognitif (Putu

dkk., 2022). Penggunaan *QR-code* juga telah peneliti lakukan pada penelitian terdahulu untuk mempermudah klasifikasi dan pengoperasian peralatan laboratorium, selain itu juga mempermudah menemukan *Standard Operating Procedure* (SOP) peralatan di laboratorium Fisika Dasar (Erna Setyaningsih dkk., 2024).

Dari penelitian-penelitian tersebut, belum ada yang secara spesifik melakukan transformasi digital dalam menyusun prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium menggunakan aplikasi *linktree*, *google formulir* dan *QR-code*. Namun sudah terdapat adanya transformasi digital dalam pembuatan media pembelajaran, pembuatan logbook peralatan, dan layanan laboratorium secara umum. Peneliti juga secara bertahap melakukan transformasi digital dalam pembuatan modul digital atau *electronic module* pada kegiatan praktikum dengan materi Listrik magnet (Muttaqin dkk., 2023), dan menentukan nilai gravitasi bumi (Setyaningsih dkk., 2022). Oleh karena itu peneliti melakukan penelitian ini untuk meningkatkan efisiensi penelitian laboratorium dan prosedur praktikum dengan mengembangkan sistem berbasis digital yang mengintegrasikan *QR-code*, *Linktree*, dan *Google Forms*. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan administrasi laboratorium sekaligus berkontribusi pada praktik lingkungan yang berkelanjutan.

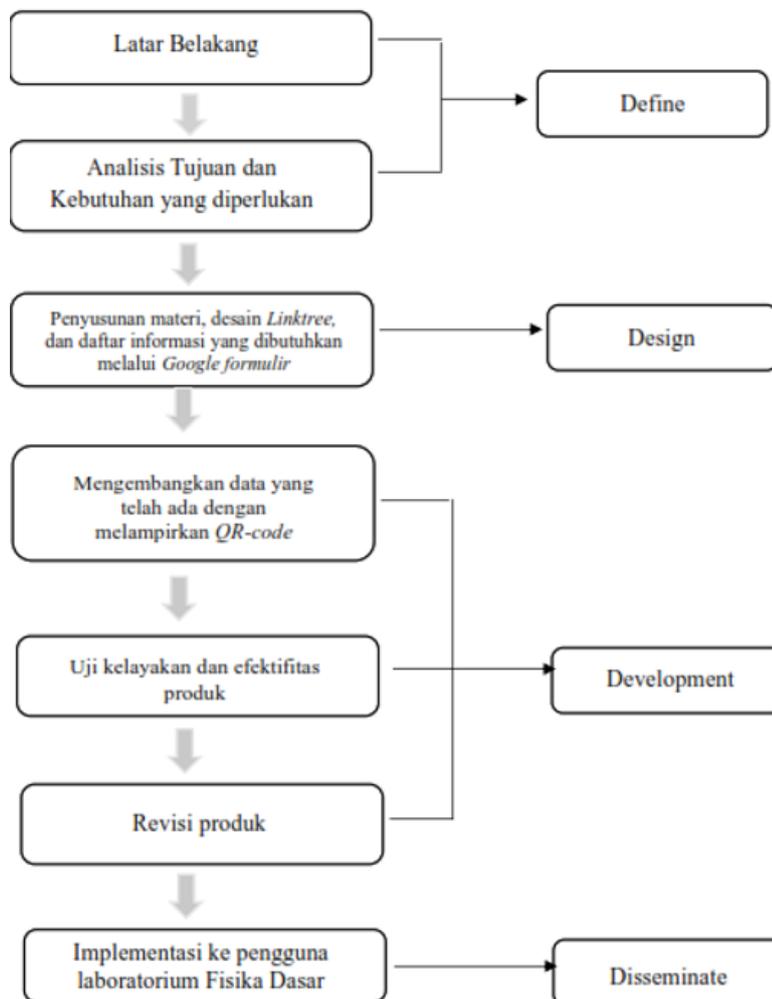
## 2. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data merupakan cara yang digunakan peneliti dalam mengumpulkan data penelitiannya (Malik & Chusni, 2018). Langkah awal pengumpulan data yaitu wawancara kepada mahasiswa praktikan yang terdiri dari 5 kelas dengan jumlah 174 orang. Selain itu wawancara juga dilakukan kepada mahasiswa peneliti yang terdiri dari 5 orang mahasiswa yang berpenelitian di laboratorium Fisika Dasar. Kesimpulan dari hasil wawancara tersebut untuk mengetahui apakah mahasiswa setuju dengan diberlakukannya transformasi digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar, hasilnya dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Diagram hasil wawancara dengan praktikan dan peneliti di laboratorium Fisika Dasar

Penelitian ini menggunakan model pengembangan 4D yaitu yaitu *Define*, *Design*, *Development* dan *Disseminate* (Harjanto dkk., 2022). Tahapan pengembangan 4D dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram alir tahapan pengembangan 4D  
Penjabaran tahap pengembangan 4D adalah sebagai berikut :

### 2.1. Define

Permasalahan yang dihadapi adalah bentuk layanan peminjaman peralatan di laboratorium Fisika Dasar baik penggunaan alat praktikum, perkuliahan dan penelitian masih menggunakan surat peminjaman peralatan dalam bentuk hard file, sehingga perlu dilakukan langkah transformasi digital di laboratorium Fisika Dasar sebagai upaya meningkatkan *paperless*. Kebutuhan yang dianalisa di laboratorium Fisika Dasar antara lain :

- Penggunaan peralatan untuk praktikum Fisika Dasar 1.
- Penggunaan peralatan untuk praktikum Fisika Dasar 2.
- Peminjaman dan pengembalian peralatan yang digunakan untuk mendukung mata kuliah tertentu.
- Peminjaman dan pengembalian peralatan yang digunakan untuk penelitian baik mahasiswa maupun dosen.

### 2.2 Design

Berupa penyusunan materi yang akan dimunculkan dalam suatu produk yaitu membuat desain *Linktree*, dan data informasi yang dibutuhkan melalui Google formulir. Adapun tautan *Linktree* nya adalah [https://linktr.ee/Lab\\_Fisika\\_Dasar\\_FMIPA\\_Unnes](https://linktr.ee/Lab_Fisika_Dasar_FMIPA_Unnes) . Desain *Linktree* dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Desain *Linktree* yang memuat layanan di Laboratorium Fisika Dasar

Daftar informasi melalui Google formulir dapat dilihat melalui tabel 1 berikut :

Tabel 1. *Link Google formulir* pada menu *Linktree*

No.	Menu pada <i>Linktree</i>	<i>Link Google formulir</i>
1.	Praktikum Fisika Dasar 1	<a href="https://bit.ly/Praktikum_FD1">https://bit.ly/Praktikum_FD1</a>
2.	Praktikum Fisika Dasar 2	<a href="https://bit.ly/Praktikum_FD2">https://bit.ly/Praktikum_FD2</a>
3.	Peminjaman alat untuk penelitian	<a href="https://bit.ly/PinjamAlat-Penelitian">https://bit.ly/PinjamAlat-Penelitian</a>
4.	Pengembalian alat untuk penelitian	<a href="https://bit.ly/KembaliAlat-Penelitian">https://bit.ly/KembaliAlat-Penelitian</a>
5.	Peminjaman alat untuk perkuliahan	<a href="https://bit.ly/PinjamAlat_Kuliah">https://bit.ly/PinjamAlat_Kuliah</a>
6.	Pengembalian alat untuk perkuliahan	<a href="https://bit.ly/KembaliAlat-Kuliah">https://bit.ly/KembaliAlat-Kuliah</a>

### 2.3. Development

Mengembangkan data yang telah dibuat ke dalam kode matriks yang disebut *Quick Response (QR)-code* melalui aplikasi <https://app.bitly.com> pada layanan laboratorium Fisika dasar yang tertera pada akrilik poster.



Gambar 4. *QR-code* menuju *Linktree* layanan Laboratorium Fisika Dasar

Tampilan sistem digital yang dikembangkan dapat dilihat pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Tampilan sistem digital layanan laboratorium Fisika Dasar

Pada tampilan sistem digital tersebut memuat jenis-jenis layanan di laboratorium Fisika Dasar, dilampirkan pula QR-code yang akan menuju pada menu Linktree.

Uji kelayakan dan efektifitas digitalisasi prosedur penelitian dan praktikum dengan aplikasi *Linktree*, *QR-code* dan *Google formulir* dianalisa menggunakan (Arikunto, 2014) :

a. *Alpha test*

Merupakan uji kelayakan oleh tim ahli meliputi desain yang digunakan, kelengkapan informasi yang disajikan, serta kemudahan mengakses prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar menggunakan pemindaian *QR-code* pada *smartphone*. Data pertanyaan angket untuk uji kelayakan dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Data angket kelayakan metode digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar

No.	Pertanyaan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Desain <i>Linktree</i>				
2.	Kelengkapan informasi yang disajikan melalui <i>Google formulir</i>				
3.	Kelengkapan informasi yang dibutuhkan melalui <i>Google formulir</i>				
4.	Kemudahan memahami prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar setelah dirubah menjadi metode digital				
5.	Kemudahan mengakses <i>QR-code</i> yang berisi prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar				

Dari angket tersebut, akan dianalisa uji kelayakan metode digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar yang dihitung berdasarkan persentase perolehan skor dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{f}{N} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

- P : angka persentase pada penilai
- f : frekuensi ( jumlah skor yang diperoleh)
- N : *Number of Cases* (jumlah skor maksimal)

Tabel 3 berikut merupakan kriteria uji kelayakan metode digital :

Tabel 3. Kriteria uji kelayakan

Interval persentase skor	Kriteria
$25\% \leq P \leq 44\%$	tidak layak
$45\% \leq P \leq 63\%$	cukup layak
$64\% \leq P \leq 81\%$	layak
$82\% \leq P \leq 100\%$	sangat layak

b. *Beta test*

Untuk mengetahui efektifitas metode digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar, maka angket dibagikan kepada pengguna laboratorium. Data pertanyaan angket untuk uji efektifitas dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Data angket efektifitas metode digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar

No.	Pertanyaan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Kemudahan mengetahui daftar peralatan laboratorium Fisika Dasar				
2.	Kemudahan pelaporan kondisi peralatan laboratorium Fisika Dasar setelah digunakan				
3.	Efisiensi waktu bagi peneliti dan praktikan setelah menggunakan metode digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar				
4.	Kemudahan prosedural peminjaman peralatan laboratorium Fisika Dasar setelah menggunakan metode digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar				
5.	Tercapainya tujuan untuk meningkatkan <i>paperless</i> yang mendukung Unnes konservasi				

Kriteria penerapan uji efektifitas dilakukan dengan menentukan persentase tertinggi dan terendah menggunakan rumus:

$$\text{Persentase tertinggi} = \frac{\text{skor tertinggi}}{\text{skor tertinggi}} \times 100 \% = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\% \quad (2)$$

$$\text{Persentase terendah} = \frac{\text{skor terendah}}{\text{skor tertinggi}} \times 100 \% = \frac{5}{20} \times 100\% = 25\% \quad (3)$$

Sehingga rumus untuk menentukan interval dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Interval kelas} = \frac{\% \text{ tertinggi} - \% \text{ terendah}}{\text{Kelas yang dikehendaki}} \times 100 \% = \frac{100\% - 25\%}{4} \times 100 \% = 18,75 \% \quad (4)$$

$$\text{Tingkat Efektifitas} = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimal}} \times 100\% \quad (5)$$

Dengan demikian akan diperoleh kriteria dalam 4 kategori seperti ditunjukkan pada tabel 5. berikut:

Tabel 5. Kriteria uji efektifitas

Interval Persentase Skor	Kriteria
$25,00\% < x \leq 43,75\%$	Tidak efektif
$43,75\% < x \leq 62,50\%$	Cukup efektif
$62,50\% < x \leq 81,25\%$	Efektif
$81,25\% < x \leq 100\%$	Sangat efektif

Produk dalam hal ini adalah bentuk digital prosedur penelitian dan praktikum diimplementasikan berupa akrilik poster yang tertempel di dinding laboratorium Fisika Dasar sehingga dapat dimanfaatkan mahasiswa yang menggunakan laborototium Fisika Dasar baik sebagai peneliti maupun praktikan.



Gambar 6. Akrilik poster yang tertempel di dinding laboratorium Fisika Dasar

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kelayakan metode digital prosedur penelitian, peminjaman alat dan praktikum di Laboratorium Fisika Dasar ditunjukkan pada tabel 6 berikut :

Tabel 6. Hasil uji kelayakan metode digital prosedur penelitian, peminjaman alat dan praktikum di Laboratorium Fisika Dasar

No	Aspek Penilaian	Jumlah skor	Persentase skor
1.	Desain <i>Linktree</i>	15	75
2.	Kelengkapan informasi yang disajikan melalui <i>Google formulir</i>	20	100
3.	Kelengkapan informasi yang dibutuhkan melalui <i>Google formulir</i>	18	90
4.	Kemudahan memahami prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar setelah dirubah menjadi metode digital	16	80
5.	Kemudahan mengakses <i>QR-code</i> yang berisi prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar	20	100
<b>Rata-rata skor</b>			<b>89</b>

Dari analisa tersebut diketahui bahwa persentase skor rata-rata yang diperoleh dari hasil evaluasi uji kelayakan oleh 5 ahli adalah 89%. Hal ini menyatakan bahwa metode digital prosedur penelitian dan

praktikum di laboratorium Fisika Dasar sangat layak digunakan sesuai kriteria kelayakan yang tercantum pada tabel 3.

Metode digital prosedur penelitian dan praktikum di Laboratorium Fisika Dasar juga diujicobakan kepada 40 mahasiswa pengguna Laboratorium Fisika Dasar untuk mengetahui tingkat efektifitasnya.

Hasil uji efektifitas metode digital prosedur penelitian, peminjaman alat dan praktikum di Laboratorium Fisika Dasar ditunjukkan pada tabel 7 berikut :

Tabel 7. Hasil uji efektifitas metode digital prosedur penelitian, peminjaman alat dan praktikum di Laboratorium Fisika Dasar

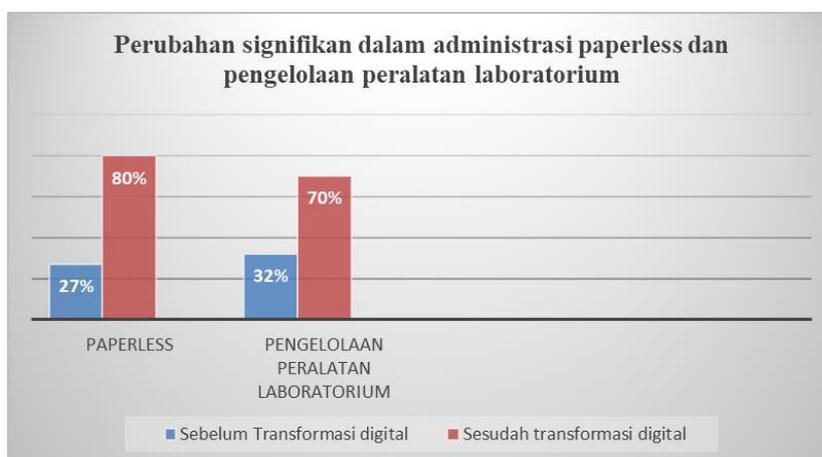
No	Aspek Penilaian	Jumlah skor	Persentase skor
1.	Kemudahan mengetahui daftar peralatan laboratorium Fisika Dasar	139	86.875
2.	Kemudahan pelaporan kondisi peralatan laboratorium Fisika Dasar setelah digunakan	139	86.875
3.	Efisiensi waktu bagi peneliti dan praktikan setelah menggunakan metode digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar	144	90
4.	Kemudahan prosedural peminjaman peralatan laboratorium Fisika Dasar setelah menggunakan metode digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar	146	91.25
5.	Tercapainya tujuan untuk meningkatkan <i>paperless</i> yang mendukung Unnes konservasi	148	92.5
<b>Rata-rata skor</b>			<b>89.5</b>

Dari data tersebut diketahui bahwa persentase skor rata-rata yang diperoleh dari hasil evaluasi uji efektifitas adalah 89,5%. Berdasarkan kriteria uji efektifitas pada tabel 5, maka hasil uji efektifitas masuk dalam kriteria sangat efektif.

Implikasi hasil transformasi digital secara umum di dunia pendidikan telah mengubah pola pikir dalam mengakses, mengelola dan menyebarkan informasi (Suryaningrat dkk., 2025). Transformasi digital di laboratorium Fisika Dasar telah membawa mahasiswa pengguna laboratorium Fisika Dasar untuk melakukan hal-hal tersebut.

Penerapan transformasi digital di laboratorium Fisika Dasar juga merupakan cara agar mahasiswa terbiasa dengan kemajuan teknologi dan selalu beradaptasi dengan hal-hal baru (Yanti & Radian, t.t.).

Transformasi digital ini juga memberikan perubahan yang signifikan dalam mendukung administrasi *paperless*. Dokumen yang biasanya tercetak, kini cukup tersimpan secara aman dalam bentuk *file* digital (Agus Setianto & Rianto Rahadi, 2023). Tentu saja hal ini akan mempermudah dalam mengakses dan mengelola data mengenai peralatan laboratorium yang digunakan oleh praktikan maupun peneliti. Perubahan ini dapat dilihat pada gambar 7 berikut :



Gambar 7. Perubahan signifikan dalam administrasi *paperless* dan pengelolaan peralatan laboratorium

Secara umum akan terjadi perbedaan secara signifikan antara metode yang dilakukan secara konvensional dan digital (Nooviar, 2024). Dari gambar 7 dapat diamati, sebelum transformasi digital, administrasi *paperless* mencapai 27 % dan pengelolaan peralatan laboratorium mencapai 32%, namun ketika dilakukan transformasi digital terdapat peningkatan administrasi *paperless* 80% dan pengelolaan peralatan laboratorium 70 %.

Transformasi digital di laboratorium Fisika Dasar juga merupakan salah satu teknologi di dunia pendidikan untuk merencanakan, menggunakan peralatan laboratorium dengan memanfaatkan sumber daya teknis dan manusia serta interaksi diantara keduanya (Riska Rahman Tanjung dkk., 2024). Transformasi digital ini juga akan mengoptimalkan layanan laboratorium Fisika Dasar terutama terkait dengan kegiatan praktikum dan penelitian, seperti halnya adanya sistem informasi yang akan menghasilkan pelayanan yang optimal (Siswanto & Cipto, 2023).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, diperoleh kesimpulan bahwa dengan adanya transformasi digital tersebut kegiatan praktikum dan penelitian di laboratorium Fisika Dasar berjalan efektif dan dapat meningkatkan *paperless*, rata-rata uji kelayakan yang diperoleh sebesar 89 % dan rata-rata uji efektifitas 89,5%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa transformasi digital prosedur penelitian dan praktikum di laboratorium Fisika Dasar secara signifikan meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan kertas, dan meningkatkan aksesibilitas. Penelitian ini berkontribusi pada kemajuan sistem manajemen laboratorium berbasis digital. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan lebih mengeksplorasi integrasi kecerdasan buatan untuk pelacakan peralatan otomatis dan pemeliharaan prediktif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setianto, R., & Rianto Rahadi, D. (2023). PENERAPAN PAPERLESS (DIGITALISASI) DISTRIBUTION DRAWING SYSTEM PADA PERUSAHAAN PATRIA. Dalam *JIPETIK : Jurnal Ilmiah Penelitian Teknologi Informasi & Komputer* (Vol. 4, Nomor 1).
- Arif Mu, R. (2024). PERAN KONSERVASI SUMBERDAYA ALAM TERHADAP SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs) AIR BERSIH DAN SANITASI LAYAK. Dalam *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia* (Vol. 1, Nomor 3).
- Arikunto, S. (2014). *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik / Suharsimi Arikunto* (14 ed.). Rineka Cipta.
- Bonok, Z., Prodi, S. A., Elektro, T., Mohamad, Y., Putri, A. P., & Prodi, J. (2024). Transformasi Digital Media Pembelajaran Pada Jurusan Teknik Elektro dan Komputer. *Jambura Journal of Electrical and Electronic Engineering*, 6, 98–102. <http://labtte.ft.ung.ac.id/virtual/laboratory/2>
- Budiyatno, K. C. (2022). Transformasi Digital ebagai Bagian dari Strategi Pemasaran di Rumah Sakit Siloam Palangkaraya Tahun 2020. *Jurnal Administrasi Rumah Sakit Indonesia*, 8, 66–73.
- Dedy Irawan, J., & Adriantantri, E. (2018). PEMANFAATAN QR-CODE SEGABAI MEDIA PROMOSI TOKO. Dalam *Jurnal MNEMONIC* (Vol. 1, Nomor 2).
- Eka Afri, L. (2023). Pendampingan Digitalisasi Arsip sebagai Penunjang Paperless Office di SMP Negeri 4 Satu Atap Rambah Samo. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 1387–1396. <https://doi.org/10.31949/jb.v4i2.4871>
- Erna Setyaningsih, N., Nu'man, A., Muttaqin, R., & Dewi Ratnasari, F. (2024). Katalog Klasifikasi dan Standard Operating Procedure (SOP) Pengoperasian Peralatan Laboratorium Fisika Dasar Berbasis Quick Response (QR)-Code. Dalam *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan* (Vol. 6, Nomor 2). <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jplp.6.2.72-81>
- Fatchiyah, P., Kes, M., Pak, T., & Ub, P. L. P. (2016). *Kebijakan Pemerintah tentang Laboratorium Pendidikan dan Jabatan Fungsional PLP*.

- Fauqy Ashari, A., & Ika Meicahayanti, dan. (2024). Potensi Pengurangan Sampah Kertas dan Emisi Karbon dari Implementasi Digitalisasi Inspeksi Kendaraan Ringan di Perusahaan Tambang Batubara. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 09, 21–30. <https://doi.org/10.29244/jsil.9.1.21-30>
- Harjanto, A., Rustandi, A., & Caroline, J. A. (2022). *Implementasi Model Pengembangan 4D Dalam Mengembangkan Media Pembelajaran Berbasis Online Pada Mata Pelajaran Pemrograman Web di SMK Negeri 7 Samarinda* (Vol. 5, Nomor 2). <https://smkn7-smr.sch.id/media/>.
- Husna, H. N., Nursiswanti, S., Rahmawati, I., Nurpatonah, C., Yulianti, A. M., Milataka, I., & Fitriani, N. Z. J. (2023). PELAYANAN PENGELOLAAN LABORATORIUM MENGGUNAKAN QR CODE BERBASIS GOOGLE FORM. *Jurnal Abdi Insani*, 10(3), 1803–1812. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i3.1022>
- Jaya, D. K., Susilowati, L. E., & Akhdiyat, H. R. (2023). SISTEM INFORMASI QUICK RESPONSE CODE (QR CODE) SEDERHANA UNTUK MENGOPTIMALKAN INVENTARISASI PEMINJAMAN DAN PENGGUNAAN ALAT-ALAT LABORATORIUM DI JURUSAN ILMU TANAH, UNIVERSITAS MATARAM. *Jurnal Abdi Insani*, 10(2), 771–783. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i2.951>
- Kurnia, D., Lidia Aprilia, R. A., Farozi, M., Studi, P., Informasi, S., Komputer, I., Teknologi, I., Sains, D., Sriwijaya, N. U., & Selatan, S. (2023). PERENCANAAN GREEN COMPUTING MELALUI DIGITALISASI DOKUMEN AKADEMIK PADA ITS NUS SUMATERA SELATAN. 2'ND MDP STUDENT CONFERENCE (MSC), 596–603.
- Malik, A., & Chusni, M. (2018). Statistika Pendidikan Teori dan Aplikasi. *A psicanalise dos contos de fadas. Tradução Arlene Caetano, CV Budi Utama*, 466.
- Muttaqin, R., Setyaningsih, N. E., & Nurbaiti, U. (2023). Pengembangan Modul Praktikum Fisika Dasar Digital pada Materi Listrik Magnet sebagai Upaya Adaptasi Kebiasaan Baru. Dalam *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan* (Vol. 5, Nomor 1). <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jplp.1.1.20-29>
- Nooviar, Muh. S. (2024). Studi Komparatif antara Metode Pembelajaran Konvensional dan E-Learning pada Pendidikan Tinggi di Institut Teknologi dan Bisnis Nobel Indonesia. *EDUKATIF : JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 6(4), 3346–3355. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i4.7310>
- Putu, I., Andika, W., & Yudiana, K. (2022). Aktivitas Pembelajaran Berbantuan Media Linktree Meningkatkan Literasi Sains dan Kemampuan Metakognitif pada Materi Macam-Macam Gaya Muatan IPA Kelas IV A R T I C L E I N F O. *Jurnal Edutech Undiksha*, 10(1), 52–60. <https://doi.org/10.23887/jeu.v10i1.47635>
- Pyrenia Iskandar, T., & Wardiani, W. (2020). Penerapan Paperless Sebagai Media Komunikasi Digital. Dalam *Jurnal Ilmiah LISKI (Lingkar Studi Komunikasi)* (Vol. 6, Nomor 2). <http://journals.telkomuniversity.ac.id/liski93JurnalIlmiahLISKI>
- Rahmawati, W., & Nisa, F. S. (2022). *SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN LABORATORIUM KOMPUTER JURUSAN ADMINISTRASI NIAGA POLITEKNIK NEGERI MALANG*.
- Riska Rahman Tanjung, Annida Azhari Ritonga, Bintang Mahrani Abdullah, Nita Afriani Siregar, & Armilah Armilah. (2024). Transformasi Digital dalam Pendidikan: Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Melalui Teknologi. *Sinar Dunia: Jurnal Riset Sosial Humaniora dan Ilmu Pendidikan*, 3(2), 211–217. <https://doi.org/10.58192/sidu.v3i2.2195>
- Riswanto, R. (2019). Efektivitas Dan Efisiensi Sistem Inventaris Laboratoium Online. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 255. <https://doi.org/10.24127/jpf.v7i2.2332>
- Sepriadi, S., Akhriani, D., Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, U., Diklat Keagamaan Padang, B., Litbang dan Diklat, B., & Agama, K. (2022). Pemanfaatan Logbook QR Code Berbasis Google Form Terhadap Kepuasan Penggunaan Laboratorium Pendidikan. *Integrated Lab Journal*, 10(02).
- Setyaningsih, N. E., Nu'man, A., Ratnasari, F. D., & Kawuryan, D. S. H. (2022). Fundamental Physics Practicum e-module to determine the value of the Earth's gravitational acceleration based on

- recorded experiments. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 9(2), 61–67.  
<https://doi.org/10.12928/jrkpf.v9i2.185>
- Siswanto, A. T., & Cipto, J. (2023). Optimalisasi sistem informasi pelayanan laboratorium keperawatan. *Teknosains: Media Informasi dan Teknologi*, 17(3), 341–366.  
<https://doi.org/10.24252/teknosains.v17i3.40904>
- Suryaningrat, Alfiansyah, M., Khoirunnisa, D., Nurjanah, E., & Suraya, G. (2025). Transformasi Digital Inovasi untuk Pendidikan Berkelanjutan. *Journal on Education*, 07, 10458–10466.  
<https://jonedu.org/index.php/joe/article/download/8066/6284/>
- Tumanan, K. Y., & Aksan, A. A. (2023). *DIGITALISASI LOGBOOK PENGGUNAAN ALAT PADA LABORATORIUM PENGUJIAN MINERAL DAN LINGKUNGAN*.
- Yanti, Y., & Radian, U. (t.t.). *TRANSFORMASI DIGITAL DALAM MENGEMBANGKAN SDM UNGGULAN DI DUNIA PENDIDIKAN*