

DAMPAK PROGRESSIVE WEB APPLICATION (PWA) TERHADAP PENINGKATAN ENGAGEMENT DAN DWELL TIME PADA APLIKASI E-COMMERCE

Dwi Purnomo Putro^{1*}, Joko Suprianto², Puput Eka Suryani³

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Safin Pati, Pati, Indonesia

³Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Safin Pati, Pati, Indonesia

Email: ^{1*}dwipp2019@gmail.com, ²dwi_purnomo@usp.ac.id, ³puput_eka@usp.ac.id

(*: coresponding author)

Abstrak- Perkembangan teknologi digital mendorong pelaku usaha untuk menggunakan aplikasi daring seperti *e-commerce*. Namun, keberhasilan penerapan aplikasi *e-commerce* masih menghadapi tantangan pada indikator peningkatan keterlibatan (*engagement*) dan waktu penggunaan (*dwell time*) pengguna. Adanya Progressive Web App (PWA) menawarkan solusi teknologi dengan performa cepat, stabilitas tinggi, dan kemudahan akses di berbagai perangkat, yang diharapkan mampu menjawab tantangan indikator aplikasi *e-commerce* tersebut. Banyak aplikasi *e-commerce* tersedia, tetapi belum semuanya menggunakan PWA didalamnya. Sebagai contohnya, aplikasi *e-commerce* milik PT Jaringan Tokobako Nusantara yang belum menggunakan PWA. Meskipun PWA berpotensi menjawab tantangan indikator tersebut, penelitian PWA terhadap *engagement* dan *dwell time* belum banyak diteliti, terutama yang menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis data analitik web. Penelitian PWA sebelumnya lebih banyak berfokus pada aspek teknis dan pengukuran survei pengalaman pengguna secara umum. Penelitian ini bertujuan mengukur dampak penerapan PWA terhadap *engagement* dan *dwell time* pengguna aplikasi *e-commerce*. Studi ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan *quasi-experimental*, melibatkan 50 partisipan yang dibagi menjadi kelompok eksperimen (pakai PWA) dan kelompok kontrol (tanpa PWA). Data dikumpulkan melalui Google Analytics dan dianalisis menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk serta analisis parametrik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PWA secara signifikan meningkatkan *engagement* dan *dwell time*, dengan jumlah *pageviews* naik 48,79%, durasi sesi meningkat 67,26%, dan *dwell time* bertambah 55,56%. Temuan ini membuktikan bahwa PWA tidak hanya membuat aplikasi lebih efisien, tetapi juga meningkatkan pengalaman pengguna. Penelitian ini berkontribusi dalam literatur *e-commerce* dan merekomendasikan pengadopsian PWA untuk mendukung interaksi pengguna yang lebih optimal serta perkembangan bisnis secara berkelanjutan.

Kata Kunci: aplikasi web progresif, jual beli elektronik, keterlibatan, PWA, waktu tunggu.

Abstract- The advancement of digital technology encourages businesses to adopt *e-commerce* applications. However, the successful implementation of *e-commerce* applications still faces challenges in improving key indicators such as user engagement and dwell time. Progressive Web App (PWA) offers a technological solution with fast performance, high stability, and easy access across various devices, which is expected to address these challenges in *e-commerce*. While many *e-commerce* applications are available, not all of them have adopted PWA. Although PWA has the potential to address these challenges, its impact on engagement and dwell time has not been widely studied, particularly using a quantitative approach based on web analytics data. Previous research on PWA has largely focused on technical aspects and general user experience surveys. This study aims to measure the impact of PWA on user engagement and dwell time in *e-commerce* applications. It employs a quantitative method with a quasi-experimental approach, involving 50 participants divided into an experimental group (using PWA) and a control group (without PWA). Data were collected through Google Analytics and analyzed using the Shapiro-Wilk normality test and parametric analysis. The results show that PWA significantly increases engagement and dwell time, with pageviews rising by 48.79%, session duration increasing by 67.26%, and dwell time growing by 55.56%. These findings demonstrate that PWA not only enhances application efficiency but also improves user experience. This study contributes to the *e-commerce* literature and recommends the adoption of PWA to optimize user interaction and support sustainable business growth.

Keywords: *e-commerce*, progressive web app, PWA, engagement, dwell time.

1. PENDAHULUAN

Peluang usaha di era digital saat ini tidak lagi terbatas pada aktivitas luring (tatap muka) seperti yang lazim dilakukan sebelumnya. Dengan kemajuan teknologi dan konektivitas internet, pelaku usaha kini dapat memanfaatkan platform daring untuk menjalankan bisnis mereka. Salah satu bentuk aplikasi daring yang paling populer adalah *e-commerce*, yang dirancang untuk mendukung aktivitas transaksi jual beli secara luring [1], [2]. Aplikasi *e-commerce* menawarkan fleksibilitas dan kemudahan yang tidak dimiliki oleh metode konvensional, memungkinkan pelaku usaha untuk menjangkau konsumen [2], di berbagai lokasi tanpa batasan geografis.

Penerapan *e-commerce* telah terbukti mampu memperluas pangsa pasar secara signifikan [3], [4]. Jika sebelumnya jangkauan pasar hanya mencakup area lokal atau regional, *e-commerce* memungkinkan produk dan layanan dapat diakses oleh konsumen di tingkat nasional bahkan internasional. Selain itu, model bisnis ini juga memberikan peluang besar untuk meningkatkan laba secara optimal [2]. Dengan segala keunggulan ini, *e-commerce*

menjadi pilihan strategis bagi pelaku usaha yang ingin beradaptasi dengan perkembangan zaman, memperluas jangkauan bisnis, dan meraih keuntungan maksimal di tengah persaingan pasar yang semakin ketat.

E-commerce memungkinkan transaksi jual beli dilakukan secara daring, memungkinkan perluasan pasar tanpa kendala geografis dan memberikan kemudahan akses bagi konsumen di berbagai daerah [5]. Menurut Sandryones [6], pengembangan *e-commerce* dengan internet tidak hanya memberikan keuntungan dalam hal kecepatan dan kenyamanan bagi konsumen, tetapi juga meningkatkan peluang laba bagi penjual dengan menjangkau pasar yang lebih luas. Penggunaan aplikasi *e-commerce* di Indonesia, seperti Shopee, Tokopedia, dan Bukalapak, menunjukkan peningkatan signifikan dalam adopsi teknologi digital oleh masyarakat, didukung pula dengan penetrasi internet yang semakin merata.

Dalam upaya pemasaran melalui aplikasi *e-commerce*, terdapat beberapa modal tambahan yang perlu dimiliki oleh penjual agar dapat bersaing dan sukses. Modal ini mencakup keterampilan, pengetahuan, dan pengalaman yang relevan dengan pengelolaan bisnis secara daring [2]. Penjual harus memiliki kemampuan untuk menggunakan berbagai platform e-commerce populer seperti Shopee, Tokopedia, Bukalapak, Blibli, atau Lazada [3]. Selain itu, jika penjual memiliki aplikasi *e-commerce* khusus, mereka juga perlu memahami alur kerja dan fitur-fitur yang tersedia di aplikasi tersebut. Penguasaan ini memungkinkan penjual untuk mengoptimalkan penggunaan aplikasi *e-commerce* sebagai alat untuk memperluas jangkauan pasar dan meningkatkan penjualan.

Tidak hanya itu, penjual juga perlu memiliki pengetahuan yang mendalam tentang target pasar dan perilaku konsumen [3], [7]. Pemahaman ini sangat penting agar produk yang ditawarkan dapat sesuai dengan kebutuhan dan preferensi konsumen, sehingga meningkatkan peluang sukses dalam penjualan. Dengan memahami perilaku konsumen, penjual dapat menyesuaikan strategi pemasaran mereka untuk menarik perhatian lebih banyak pelanggan. Oleh karena itu, aplikasi *e-commerce* versi website kini menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kegiatan bisnis di era digital. Keberadaannya tidak hanya mempermudah proses transaksi, tetapi juga menjadi alat strategis dalam membangun hubungan dengan konsumen dan meningkatkan daya saing di pasar.

PWA diperkenalkan pada tahun 2015 oleh Alex Russel dan Frances Berriman [8], sebagai solusi *hybrid* yang menggabungkan keunggulan aplikasi web dan aplikasi *native mobile*[9]. Pada penelitian Mena dkk. [10] tahun 2019 melaporkan PWA sebagai solusi *hybrid* yang memungkinkan pengaksesan aplikasi dilakukan di berbagai lintas media *device*. Disusul oleh penelitian Santos tahun 2019 dengan melaporkan bahwa PWA dimanfaatkan pada sistem iOS dan Android untuk memudahkan pengguna menjalankan berbagai fitur [11] dan memudahkan proses penginstalan [12]. Selanjutnya terdapat laporan penelitian Huber dkk.[13] tahun 2021 yang telah membandingkan PWA dengan pendekatan pengembangan seluler lainnya dan menunjukkan bahwa PWA merupakan pengganti praktis untuk pengembangan lintas aplikasi seluler.

Penelitian yang ada tidak hanya membahas pengembangan dan penerapan PWA, tetapi juga membahas terkait pengalaman pengguna. Misalnya penelitian dari Alvarado-Uribe et al.[14] ditambahkan oleh penelitian Erra et al [15], melaporkan bahwa PWA meningkatkan pengalaman wisatawan dengan Point of Interest(POI), terutama dalam jaringan internet kondisi terbatas. Selanjutnya penelitian Mukhopadhyay et al.[16] ditambah penelitian Iskandar et al. [17] melaporkan bahwa PWA menawarkan keamanan dan kenyamanan pelanggan dalam transaksi keuangan. Kemudian penelitian dari Whitemore et al.[18] tahun 2015 dan penelitian dwi et al [19] tahun 2023 juga menyimpulkan bahwa PWA memberikan pengalaman terbaik dalam penggunaan aplikasi persuratan dengan website walaupun dalam koneksi internet yang minim atau luring sekalipun. Namun, hingga saat ini, penelitian PWA sebagian besar masih berfokus pada aspek teknis dan pengalaman pengguna secara umum, tanpa secara spesifik mengeksplorasi pengaruhnya terhadap *engagement* dan *dwell time* pengguna pada aplikasi e-commerce.

Engagement dan *dwell time* adalah dua metrik penting yang dapat digunakan menilai keberhasilan penggunaan aplikasi *e-commerce* dalam menarik dan mempertahankan perhatian pengguna. *Engagement* mengacu pada tingkat keterlibatan pengguna terhadap konten aplikasi, yang dapat diukur melalui berbagai indikator seperti durasi sesi, interaksi, dan frekuensi kunjungan atau *pageviews* [20], [21]. Sementara itu, *dwell time* menggambarkan lamanya waktu yang dihabiskan pengguna di aplikasi, yang sering kali menjadi indikator ketertarikan dan kepuasan mereka terhadap konten atau fitur yang ditawarkan [22]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengalaman pengguna yang cepat, stabil, dan menarik dapat secara signifikan meningkatkan kedua metrik ini [23]. Dalam konteks ini, PWA menawarkan keunggulan performa yang lebih cepat, stabilitas yang tinggi, serta kemudahan akses di berbagai perangkat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi sejauh mana penerapan PWA dalam aplikasi *e-commerce* dapat memengaruhi *engagement* dan *dwell time* pengguna, sekaligus memberikan tambahan wawasan baru bagi pengembang aplikasi.

Pada penelitian ini, jumlah partisipan yang digunakan sangat penting untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil penelitian. Menurut Jeff Sauro dan James Lewis [24], menyebutkan bahwa 40 partisipan adalah jumlah yang tepat untuk sebagian besar studi kuantitatif, tetapi dalam beberapa kasus jumlah partisipan yang lebih dari itu juga dapat meningkatkan kekuatan statistik. Pada penelitian ini telah ditentukan 50 partisipan yang merupakan pengguna aktif pada aplikasi e-commerce milik PT. Jaringan Tokobako Nusantara wilayah kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Perusahaan ini merupakan salah satu grosir sembako terbesar di Semarang dengan rata-rata transaksi tahun

2024 per bulan berkisar 6 miliar rupiah. Kategori produk yang sering terjual dalam aplikasi e-commerce milik perusahaan ini seperti aneka beras, gula, minyak, tepung dan berbagai bumbu masakan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi pengembang aplikasi dan pemilik bisnis *e-commerce* dalam memahami bagaimana penerapan aplikasi *e-commerce* berbasis Progressive Web App (PWA) dapat memengaruhi *engagement* dan *dwell time* pengguna. Dengan memahami dampak penelitian ini, para pelaku bisnis dapat membuat keputusan yang lebih tepat dalam merancang strategi pengembangan aplikasi tersebut yang lebih efektif dan relevan di masa mendatang. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi dasar untuk menentukan langkah-langkah strategis yang bertujuan meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Pengetahuan yang diperoleh dari riset ini tidak hanya bermanfaat untuk meningkatkan loyalitas pengguna, tetapi juga membantu pelaku usaha dalam meningkatkan tingkat konversi, seperti penjualan atau tindakan lain yang diinginkan. Pada akhirnya, wawasan ini dapat mendukung pelaku bisnis dalam menghadapi persaingan yang semakin ketat di era digital, sekaligus memberikan panduan untuk menciptakan aplikasi yang lebih menarik, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pendekatan dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (quasi-experimental) untuk mengevaluasi pengaruh penerapan PWA terhadap *engagement* dan *dwell time* pengguna dalam aplikasi e-commerce. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk membandingkan efek perlakuan tertentu, yaitu penerapan PWA, dalam situasi yang mendekati eksperimen nyata. Dengan metode ini, penelitian dapat memberikan data yang lebih terukur dan objektif dalam menganalisis bagaimana PWA dapat memengaruhi tingkat keterlibatan dan durasi waktu yang dihabiskan pengguna di aplikasi *e-commerce*.

Desain penelitian ini melibatkan dua kelompok pengguna, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, dengan total 50 partisipan. Kelompok eksperimen menggunakan aplikasi *e-commerce* yang telah menerapkan PWA, sedangkan kelompok kontrol menggunakan aplikasi *e-commerce* tanpa penerapan PWA. Selama periode tertentu, kedua kelompok diamati untuk mengumpulkan data sebelum dan sesudah perlakuan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk membandingkan perubahan pada metrik *engagement*, seperti jumlah kunjungan halaman (*pageviews*) dan durasi sesi, serta metrik *dwell time*. Dengan desain ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang manfaat penerapan PWA dalam meningkatkan pengalaman pengguna pada aplikasi *e-commerce*.

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup pengguna aktif aplikasi *e-commerce* yang terlibat selama periode penelitian berlangsung. Untuk menentukan partisipan, penelitian ini menggunakan teknik purposive sampling, yaitu metode pengambilan sampel yang dilakukan berdasarkan kriteria tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya. Teknik ini memastikan bahwa partisipan yang dipilih memiliki karakteristik relevan dengan tujuan penelitian, sehingga data yang diperoleh dapat lebih fokus dan sesuai untuk dianalisis. Kriteria yang digunakan dalam pemilihan sampel mencakup aspek-aspek sebagai berikut:

- Pengguna merupakan pelanggan tetap dan telah mengakses aplikasi e-commerce milik PT Jaringan Tokobako Nusantara wilayah kota Semarang, Jawa Tengah ([url: https://tokobako.id/mitra/](https://tokobako.id/mitra/)) selama minimal 3 bulan terakhir. Perkembangan aplikasi e-commerce tersebut dengan penambahan konsep PWA dan script alat analitik web (*Google Analytic*) telah dilakukan tim peneliti dan disetujui oleh PT Jaringan Tokobako Nusantara.
- Pengguna yang digunakan dalam penelitian ini dipilih yang memiliki aktivitas cukup signifikan, seperti melakukan pencarian produk, menambahkan produk ke keranjang, atau menyelesaikan transaksi.

2.3 Variabel dan Instrumen Penelitian

Penelitian penerapan pwa terhadap peningkatan *engagement* dan *dwell time* pada aplikasi *e-commerce* ini melibatkan 2 variabel yang digunakan yaitu

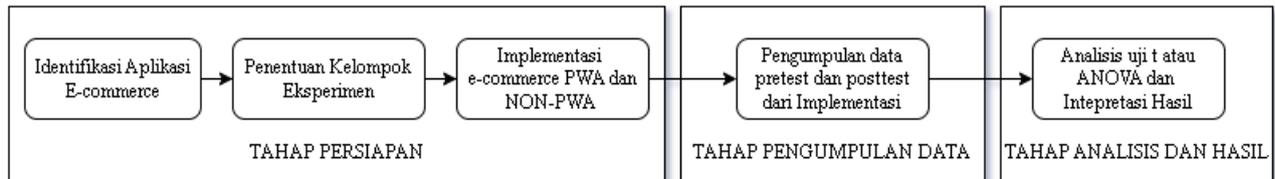
- Variabel Bebas (Independent Variable): Penerapan PWA.
- Variabel Terikat (Dependent Variables): *Engagement* pengguna, diukur melalui metrik seperti jumlah interaksi (klik melihat halaman), dan durasi sesi. *Dwell time*, diukur berdasarkan waktu rata-rata yang dihabiskan pengguna di aplikasi.

Sedangkan Instrumen Penelitian dilakukan dengan pengumpulan data, menggunakan alat analitik web (*Google Analytics*) dengan fokus pengambilan data terkait pada pendukung pengukuran *engagement* dan *dwell time*.

2.4 Prosedur Tahapan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan prosedur tahapan yang digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian penerapan pwa terhadap peningkatan *engagement* dan *dwell time* pada aplikasi *e-commerce* ini yang dijelaskan sebagai berikut:

- a. Tahap Persiapan: mengidentifikasi aplikasi *e-commerce* yang akan menjadi objek penelitian, menentukan kelompok eksperimen dan kontrol, dan mengimplementasikan PWA pada kelompok eksperimen.
- b. Tahap Pengumpulan Data: mengukur *engagement* dan *dwell time* pengguna pada 2 kelompok sebelum implementasi PWA (*pre-test*) selama 1,5 bulan dan melakukan pengamatan selama 1,5 bulan setelah implementasi PWA (*post-test*).
- c. Tahap Analisis Data: Menggunakan uji statistik seperti uji t atau ANOVA untuk menguji apakah terdapat perbedaan signifikan antara kelompok sebelum dan sesudah implementasi PWA. Serta menginterpretasikan hasil untuk menentukan pengaruh penerapan PWA terhadap *engagement* dan *dwell time*.

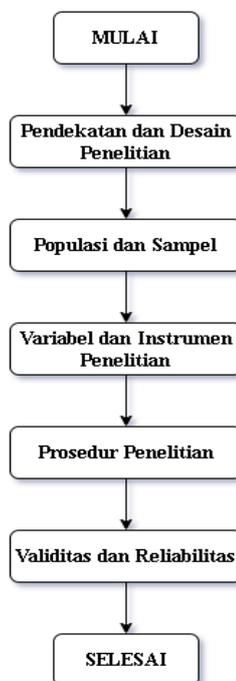


Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Prosedur Penelitian

2.5 Validitas dan Reliabilitas

Untuk memastikan validitas dan reliabilitas data, penelitian ini menggunakan instrumen yang didukung oleh alat analitik yang telah terverifikasi. Alat analitik ini dipilih karena memiliki reputasi yang baik dalam menghasilkan data yang akurat dan dapat dipercaya. Validitas instrumen diuji untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan benar-benar mengukur apa yang dimaksudkan dalam penelitian. Selain itu, reliabilitas instrumen juga diuji untuk memastikan konsistensi data yang dihasilkan. Pengujian reliabilitas dilakukan dengan cara mengukur ulang data pada periode waktu yang berbeda untuk melihat apakah hasilnya tetap konsisten. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan tidak hanya akurat, tetapi juga stabil dari waktu ke waktu. Dengan validitas dan reliabilitas yang terjamin, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang kuat dan dapat diandalkan bagi pengembang aplikasi *e-commerce* dan pelaku bisnis dalam mengoptimalkan strategi mereka.

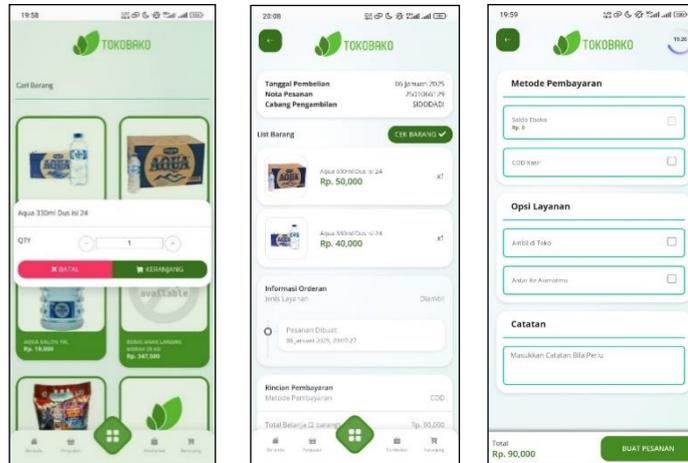
Semua tahapan dari metode penelitian yang telah dijelaskan diatas dapat digambarkan dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Metode Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

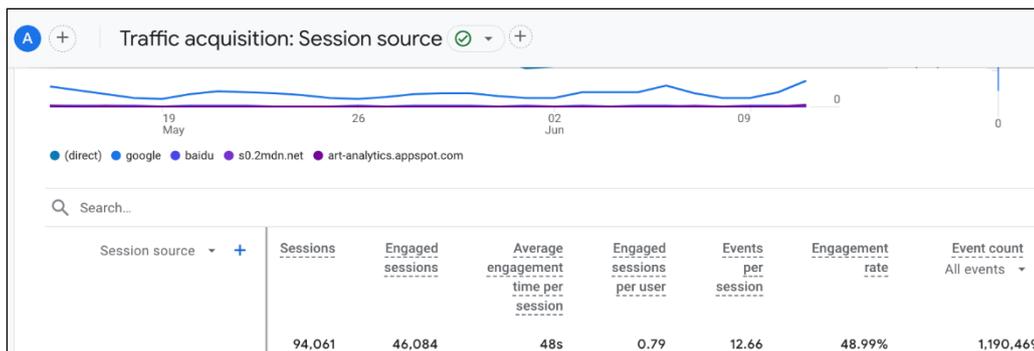


Gambar 3. Tampilan Responsive Mobile E-Commerce dengan PWA

Gambar 3 menunjukkan tampilan aplikasi *e-commerce* PT Jaringan Tokobako Nusantara yang telah diimplementasikan dengan teknologi PWA. Di dalam aplikasi ini, terdapat integrasi *script coding* API dari alat analitik web (*Google Analytic*). Script tersebut berfungsi secara otomatis untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan metrik-metrik penelitian yang menjadi fokus utama studi ini. Penggunaan alat analisis web tersebut memungkinkan pengembang dan peneliti untuk memantau berbagai indikator kinerja aplikasi secara *real-time*, sehingga mempermudah analisis data. Dalam konteks penelitian ini, metrik yang diukur mencakup beberapa aspek penting yang relevan dengan interaksi pengguna, yaitu:

- a. *Engagement*: Jumlah halaman yang dilihat (*pageviews*) dan durasi sesi rata-rata.
- b. *Dwell Time*: Waktu rata-rata yang dihabiskan pada halaman tertentu.

Pada Gambar 4 menunjukkan salah satu tampilan halaman dari fitur alat analisis web (*Google Analytic*) yang sebagian datanya di rekap sebagai pembentuk dataset yang direpresentasi pada tabel 1. Dimana hasil kelompok data pengguna aplikasi tanpa PWA dibuat kode pengguna dari *id_c1* sampai *id_c25* sebanyak 25 pengguna, sedangkan pengguna aplikasi dengan PWA dari *id_c26* sampai *id_c50* juga sebanyak 25 pengguna.



Gambar 4. Tampilan salah satu halaman fitur pada *Google Analytic*

Tabel 1. Representasi dataset penelitian

id_cus	Pageviews	Durasi Sesi	Dwell Time
id_c1	5.09	172.09	36.72
id_c2	7.13	172.34	48.53
id_c3	4.35	201.66	34.03
id_c4	2.06	172.26	38.16
.....
id_c50	5.62	295.27	46.32

Pada Tabel 2 menunjukkan rekap hasil dari data tabel 1 yang telah dikumpulkan selama penelitian. Dari data tersebut, diperoleh informasi mengenai rata-rata nilai yang mewakili aktivitas pengguna. Hasil ini memberikan gambaran umum tentang bagaimana pengguna berinteraksi dengan aplikasi, yang mencakup berbagai metrik yang telah diukur selama periode penelitian. Data rata-rata ini menjadi indikator penting dalam memahami pola penggunaan aplikasi oleh pengguna.

Tabel 2. Data Rata-Rata Pengguna

Kelompok	Pageviews (per sesi)	Durasi Sesi (detik)	Dwell Time (detik)
Tanpa PWA	4.55	179.49	44.73
Pakai PWA	6.77	300.22	69.58

3.2 Uji Normalitas

Pada Tabel 3, hasil Uji Shapiro-Wilk ditampilkan untuk menguji normalitas data yang digunakan dalam penelitian ini. Uji Shapiro-Wilk merupakan metode statistik yang dipilih bertujuan untuk menentukan apakah data berdistribusi normal atau tidak. Dalam analisis ini, uji dilakukan pada kedua kelompok, yaitu kelompok eksperimen (dengan PWA) dan kelompok kontrol (tanpa PWA). Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel, p-value untuk kedua kelompok lebih besar dari 0.05. Nilai p-value yang lebih besar dari 0.05 menunjukkan bahwa tidak ada cukup bukti untuk menolak hipotesis nol, yang menyatakan bahwa data berasal dari distribusi normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data dalam penelitian ini dianggap berdistribusi normal. Distribusi normal pada data merupakan salah satu prasyarat penting untuk menggunakan analisis statistik parametrik, sehingga hasil uji ini memberikan validasi bahwa metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini dapat diterapkan dengan tepat.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas

Kelompok	Statistik W	p-value	Kesimpulan
Tanpa PWA	0.97	0.64	Data berdistribusi normal
Pakai PWA	0.98	0.96	Data berdistribusi normal

3.3 Uji Hipotesis

Pada penelitian ini, uji hipotesis dilakukan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dalam hal engagement dan dwell time pengguna setelah penerapan PWA. Untuk menguji hipotesis tersebut, digunakan uji t (independent t-test), yang bertujuan untuk membandingkan rata-rata metrik antara kedua kelompok. Prosedur ini melibatkan pengujian data dari kelompok eksperimen, yaitu aplikasi *e-commerce* yang menerapkan PWA, dan kelompok kontrol, yaitu aplikasi tanpa penerapan PWA. Uji t dilakukan untuk melihat apakah perbedaan yang diamati dalam metrik engagement (seperti *pageviews* dan durasi sesi) serta *dwell time* antara kedua kelompok bersifat signifikan secara statistik. Dengan pendekatan ini, penelitian dapat mengidentifikasi apakah peningkatan yang terjadi setelah implementasi PWA benar-benar disebabkan oleh perlakuan tersebut atau hanya merupakan hasil dari variasi acak. Hasil uji t menunjukkan perbedaan signifikan pada metrik yang dianalisis, menguatkan kesimpulan bahwa penerapan PWA memiliki dampak positif terhadap engagement dan dwell time pengguna. Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa PWA dapat meningkatkan performa aplikasi *e-commerce* dan mendukung interaksi pengguna secara lebih efektif.

a. Hipotesis:

H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata *engagement* dan *dwell time* antara sebelum dan sesudah penerapan PWA.

H_1 : Ada perbedaan rata-rata *engagement* dan *dwell time* antara sebelum dan sesudah penerapan PWA.

b. Hasil Uji t:

Pada tabel 4 menunjukkan bahwa hasil Uji t dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan.

Tabel 4. Data rata-rata Pengguna

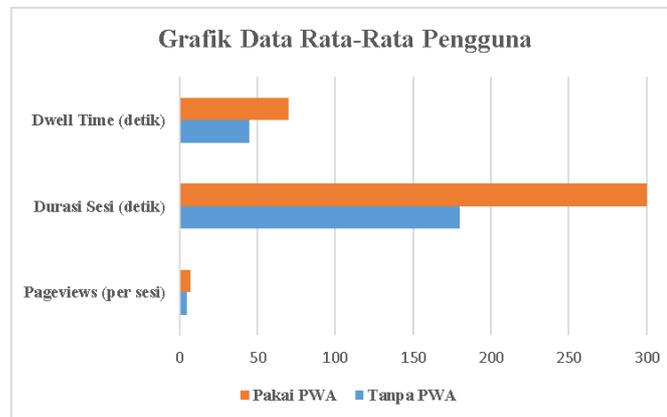
Metrik	t-statistik	p-value	Kesimpulan
Pageviews	5.62	< 0.001	Tolak H_0 , ada perbedaan signifikan
Durasi Sesi	6.03	< 0.001	Tolak H_0 , ada perbedaan signifikan
Dwell Time	5.45	< 0.001	Tolak H_0 , ada perbedaan signifikan

3.4 Analisis dan Visualisasi Data

Pada tabel 5 menunjukkan bahwa Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk tabel untuk mempermudah interpretasi kemudian pada gambar 5 menunjukkan visualisasi data hasil rata-rata pengguna dalam bentuk grafik.

Tabel 5. Ringkasan Hasil

Metrik	Tanpa PWA	Pakai PWA	Kenaikan (%)
Pageviews (per sesi)	4.55	6.77	48.79 %
Durasi Sesi (detik)	179.49	300.22	67.26 %
Dwell Time (detik)	44.73	69.58	55.56 %



Gambar 5. Grafik Rata-Rata Pengguna

Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 5, menunjukkan perubahan signifikan pada tingkat *engagement* dan *dwell time* pengguna setelah penerapan PWA. Salah satu indikator *engagement*, yaitu jumlah pageviews, meningkat dari 4.55 menjadi 6.77, yang mencerminkan kenaikan sebesar 48.79 %. Selain itu, durasi sesi pengguna, yang juga merupakan metrik *engagement*, mengalami peningkatan dari 179.49 detik menjadi 300.22 detik, dengan perubahan sebesar 67.26%. Tidak hanya itu, *dwell time*, yang mengukur waktu rata-rata pengguna berada di aplikasi, bertambah dari 44.73 detik menjadi 69.58 detik, menunjukkan peningkatan sebesar 55.56%. Hasil ini mengindikasikan bahwa penerapan PWA memberikan dampak positif terhadap interaksi pengguna dengan aplikasi *e-commerce*. Dengan performa yang lebih cepat, stabil, dan mudah diakses, PWA mampu menciptakan pengalaman pengguna lebih baik, sehingga meningkatkan keterlibatan pengguna dan waktu yang mereka habiskan di aplikasi. Temuan ini menegaskan potensi PWA sebagai solusi yang efektif untuk meningkatkan kinerja aplikasi *e-commerce* dalam era digital. Hasil penelitian ini memberikan beberapa implikasi praktis yang penting bagi pengembang aplikasi *e-commerce*. Salah satu hal utama yang perlu diperhatikan adalah pentingnya mempertimbangkan penerapan PWA dalam pengembangan aplikasi.

4. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Progressive Web App* (PWA) memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan *engagement* dan *dwell time* pengguna dalam aplikasi *e-commerce* PT Jaringan Tokobako Nusantara, wilayah kota Semarang Provinsi Jawa Tengah. Dengan peningkatan pengalaman pengguna yang ditawarkan melalui konsep PWA, pengguna cenderung lebih terlibat dan menghabiskan lebih banyak waktu dalam menjalankan aplikasi *e-commerce*. Temuan ini memberikan wawasan berharga bagi pengembang aplikasi *e-commerce* untuk mempertimbangkan penerapan PWA sebagai strategi untuk meningkatkan interaksi pengguna dan potensi konversi. Untuk pengembangan penelitian di masa depan, beberapa langkah dapat diambil guna memperluas cakupan dan mendalami temuan ini. Penelitian dapat melibatkan lebih banyak aplikasi dari berbagai sektor untuk meningkatkan generalisasi hasil. Selain itu, durasi pengamatan dapat diperpanjang untuk mengukur dampak jangka panjang dari penerapan PWA terhadap *engagement* dan *dwell time*. Penggunaan metode campuran (kuantitatif dan kualitatif) juga dapat menjadi pendekatan yang bermanfaat untuk menggali lebih dalam pengalaman dan persepsi pengguna terhadap PWA, sehingga memberikan pemahaman yang lebih komprehensif bagi pengembang dan pemilik bisnis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. U. Alena, E. Suswaini, T. Matulatan, D. Amalia Purnamasari, and N. Nurfalinda, "Bisnis Online UMKM melalui Aplikasi E-Commerce untuk Pemasaran di Tengah Pandemi," *J-Dinamika J. Pengabd. Masy.*, vol. 7, no. 3, pp. 351–356, 2022, doi: 10.25047/j-dinamika.v7i3.3405.
- [2] I. Hermawan, D. Reniawaty, P. Pramuditha, and M. I. Fudsyi, "Pelatihan E-Commerce Untuk Mendapatkan Peluang Bisnis Bagi Mahasiswa Politeknik LP3I Bandung Pasca Pandemi Covid 19 (bekerjasama dengan UMKM Kirihuci sebagai pelatih e-commerce)," *J. Adm. Bisnis*, vol. 8, no. 1, pp. 96–106, 2022, [Online]. Available:

- <http://jurnal.plb.ac.id/index.php/atrabis/article/view/932>
- [3] Y. Sugiarti, Y. Sari, and M. A. Hadiyat, "Peranan E-Commerce untuk Meningkatkan Daya Saing Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Sambal di Jawa Timur," *Kumawula J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 2, p. 298, 2020, doi: 10.24198/kumawula.v3i2.28181.
 - [4] W. Windihastuty, T. Fatimah, and S. Samsinar, "Perancangan Sistem E-Commerce Untuk Memperluas Pasar Hasil Olahan Sidat," *J. Mnemon.*, vol. 2, no. 1, pp. 17–21, 2019, doi: 10.36040/mnemonic.v2i1.46.
 - [5] H. Zhang and J. Dong, "Prediction of Repeat Customers on E-Commerce Platform Based on Blockchain," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2020, pp. 1–15, Aug. 2020, doi: 10.1155/2020/8841437.
 - [6] S. Palinggi and E. C. Limbongan, "Pengaruh Internet Terhadap Industri E-Commerce dan Regulasi Perlindungan Data Pribadi Pelanggan di Indonesia," *Semin. Nas. Ris. dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 225–232, 2020, doi: 10.30998/semnasristek.v4i1.2543.
 - [7] C. Yohana *et al.*, "Pelatihan Digital Marketing Di Smkn 3 Jakarta," *Pros. Semin. Nas. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2023, p. 2023, 2023, [Online]. Available: <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snppm>
 - [8] A. A. Chandrawan, F. Al Huda, and K. C. Brata, "Pengembangan Aplikasi Edukasi Seksual untuk Remaja dengan Metode Kuis berbasis Progressive Web App," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2023, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id>
 - [9] A. I. Putra, A. Putra Kharisma, and N. Yudistira, "Implementasi Progressive Web Application dan Framework CodeIgniter pada Sistem Informasi Lomba Karya Tulis Ilmiah Mahasiswa," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 9, pp. 3773–3783, 2021, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
 - [10] M. Mena, A. Corral, L. Iribarne, and J. Criado, "A Progressive Web Application Based on Microservices Combining Geospatial Data and the Internet of Things," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 104577–104590, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2932196.
 - [11] J. M. Santos-Gago *et al.*, "Towards a Personalised Recommender Platform for Sportswomen," *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 930, pp. 504–514, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-16181-1_48.
 - [12] F. Jorge, M. S. Teixeira, and R. Gonçalves, *Trends and Innovations in Information Systems and Technologies*, vol. 1161 AISC. 2020. doi: 10.1007/978-3-030-45697-9_54.
 - [13] S. Huber, L. Demetz, and M. Felderer, "PWA vs the Others: A Comparative Study on the UI Energy-Efficiency of Progressive Web Apps," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 12706 LNCS, no. May, pp. 464–479, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-74296-6_35.
 - [14] K. A. Adhiguna, F. M. Rusli, and H. Irawan, "Building an ID Card Repository with Progressive Web Application to Mitigate Fraud based on the Twelve-Factor App methodology," *2021 9th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2021*, pp. 544–549, 2021, doi: 10.1109/ICoICT52021.2021.9527413.
 - [15] E. Hudianti, D. Maulana, and M. A. Nugroho, "Implementasi Progressive Web Apps Untuk Sistem Pengelolaan Potensi Desa Wisata Kali Opak Tujuh Bulan," *J. Inf. Syst. Manag.*, vol. 4, no. 2, pp. 86–90, Jan. 2023, doi: 10.24076/joism.2023v4i2.964.
 - [16] I. Mukhopadhyay and A. Ghosh, "Banking Transaction Considerations on Standardized Browser Architecture," in *Proceedings of International Conference on Computational Intelligence, Data Science and Cloud Computing, Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, Springer Nature Singapore, 2021, pp. 635–644.
 - [17] E. Iskandar, R. C. Buwono, and S. O. N. Putri, "Implementasi Progressive Web Apps Pada Marketplace," *J. SAINTEKOM*, vol. 12, no. 2, pp. 158–167, Sep. 2022, doi: 10.33020/saintekom.v12i2.265.
 - [18] M. Whittemore, S. Toubeau, Z. Griffin, and L. Deligiannidis, "ActiviX: Noninvasive Solution to Mental Health," *Adv. Comput. Vis. Comput. Biol. Trans. Comput. Sci. Comput. Intell.*, pp. 339–347, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-71051-4_27.
 - [19] D. Purnomo Putro, A. Pramita Widyassari, and D. Salsabilla, "Collaboration of Progressive Web App (PWA) And Firebase Cloud Messaging (FCM) for Optimal Performance Mailing Software," *Int. Conf. Digit. Adv. Tour. Manag. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 586–596, 2023, doi: 10.56910/ictmt.v1i2.126.
 - [20] H. Samuel, S. Wijaya, and C. Alianto, "Pengaruh Usability, Information Quality, Dan Interaction Quality Terhadap Web Revisit Intention Dan Purchase Intention Website Bali Tourism Board," *J. Manaj. Pemasar.*, vol. 15, no. 1, pp. 28–38, 2021, doi: 10.9744/pemasaran.15.1.28-38.
 - [21] Y. Tian, K. Zhou, and D. Pelleg, "What and How long: Prediction of Mobile App Engagement," *ACM Trans. Inf. Syst.*, vol. 40, no. 1, pp. 1–38, 2022, doi: 10.1145/3464301.
 - [22] Z. A. M. Tanjung, D. S. V. L.S, M. B. S. Depari, E. Indra, D. A. Akbari, and R. E. Edison, "Analisis Perbedaan Atensi Visual Customer Shopee Terhadap Produk Flash Sale Dengan Produk Normal Berbasis Eye Tracking," *J. Tekinkom (Teknik Inf. dan Komputer)*, vol. 7, no. 1, pp. 441–450, 2024, doi: 10.37600/tekinkom.v7i1.1368.
 - [23] Z. Epstein, H. Lin, G. Pennycook, and D. Rand, "Quantifying attention via dwell time and engagement in a social media browsing environment," 2022, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.10464>.
 - [24] J. Sauro and J. Lewis, *Quantifying the User: Experience Practical Statistics for User Research*, vol. 11, no. 1. United States of America: Elsevier, 2012.