

STUDI KOMPREHENSIF MENGENAI DAMPAK DARI AKSELERASI HALAMAN SELULER (AMP) DAN APLIKASI WEB PROGRESIF (PWA)

COMPREHENSIVE STUDY OF THE IMPACT OF ACCELERATED MOBILE PAGE (AMP) AND PROGRESSIVE WEB APPS (PWA)

Septian Cahyadi¹, Edi Nurachmad², Suci Sri Utami Sutjipto³, Katarina Andrea Laurentia⁴
^{1,2,3,4}Progam Studi Teknologi Informasi, Fakultas Pariwisata dan Informatika, Institut Bisnis dan Informatika Kesatuan Bogor

scahyadi@ibik.ac.id, e.nurachmad@ibik.ac.id, suci.sutjipto@ibik.ac.id, 212310008@student.ibik.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan teknologi AMP dan PWA semakin meningkat, namun dalam laporan *Emergent Research*, hanya sekitar 20% dari 100% responden yang sudah atau berencana untuk mengimplementasikan salah satu dari kedua teknologi tersebut pada website yang akan dikembangkan. Hal ini menunjukkan masih tingginya keraguan para pengembang dalam menerapkan teknologi tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji secara mendalam kinerja AMP dan PWA, dengan harapan dapat memberikan pandangan yang netral terhadap kedua teknologi tersebut. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, dengan menganalisis data sekunder tentang dampak PWA dan AMP secara menyeluruh, termasuk pengalaman pengguna, kecepatan memuat, kemampuan akses offline, biaya pengembangan, dukungan perangkat, keamanan, distribusi, penggunaan sumber daya, pemeliharaan dan pembaruan, fungsi-fitur, dan kepuasan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua teknologi efektif dalam meningkatkan kinerja dan pengalaman pengguna, dengan peningkatan performa berkisar 26%-94% dibandingkan dengan web aplikasi tanpa kedua teknologi tersebut. AMP dan PWA memiliki karakteristik dan keunggulan yang berbeda, sehingga dapat digunakan bersamaan untuk memperkaya aplikasi web. Hal ini menunjukkan bahwa kedua teknologi tersebut tidak saling bertentangan, melainkan dapat saling melengkapi.

Kata kunci: *Accelerate Mobile Page, Progressive Web Application, User Experience, Web Performance, Web Technology*

ABSTRACT

The utilization of AMP and PWA technologies is increasing; however, only approximately 20% of the 100% of respondents who have already implemented or plan to implement one of these technologies on their upcoming websites, as indicated in the Emergent Research report. This shows that there is still considerable uncertainty among developers when it comes to adopting these technologies. The objective of this research is to conduct a comprehensive of the performance of AMP and PWA technologies, with the hope of providing an impartial perspective on both technologies. This study employs a methodology that combines literature review and ethnographic analysis to comprehensively assess the impact of PWA and AMP, including user experience, loading speed, offline access capabilities, development costs, device support, security, distribution, resource utilization, maintenance and updates, feature functionalities, and user satisfaction. The research results show that both technologies are effective in improving performance and user experience, with performance increases ranging from 26% -94% compared to web applications without these two technologies. An intriguing finding is that AMP and PWA can be used simultaneously in one application, which shows that these two technologies are not mutually exclusive but rather complementary.

Keywords: *Accelerate Mobile Page, Progressive Web Application, User Experience, Web Performance, Web Technology*

PENDAHULUAN

Progressive Web Apps (PWA) dan *Accelerated Mobile Page* (AMP) merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan kinerja situs web. Kedua teknologi ini memiliki beberapa perbedaan yang signifikan, sehingga untuk penggunaannya perlu disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. AMP digunakan untuk mengoptimalkan halaman web agar dapat memuat lebih cepat pada perangkat seluler dan memilah konten yang layak untuk ditampilkan. Sedangkan PWA digunakan untuk meningkatkan pengalaman pengguna, karena dengan mengimplementasikan PWA, pengunjung website dapat merasakan beberapa fitur yang ada pada aplikasi mobile. Baik PWA maupun AMP saat ini dapat digunakan oleh berbagai perusahaan maupun instansi dalam menghadapi era 4.0 untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pada website yang sedang dikembangkan[22].

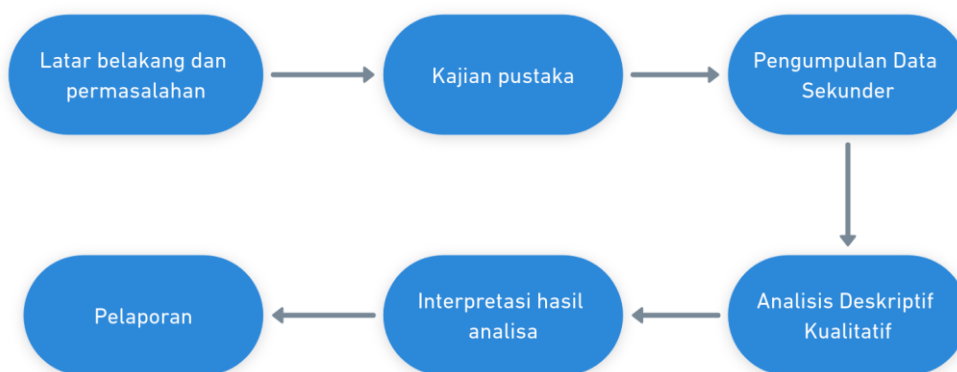
Progressive Web Application (PWA) merupakan suatu teknologi berbasis website yang dirancang berdasarkan teknologi Web Modern dan dapat dijadikan sebuah mobile app, serta dapat berjalan pada sistem operasi Android maupun iOS [16]. Berdasarkan penelitian yang berjudul *Progressive Web Apps: the Definite Approach to Cross-Platform Development* menyatakan, jika teknologi PWA dapat dijadikan solusi untuk mengatasi kesenjangan antara Aplikasi *Native* dengan Web Standar. Ada pun persoalan yang terdapat pada penggunaan teknologi PWA saat ini, diantaranya masih belum memiliki komparabilitas yang baik dengan semua jenis *browser*, proses pengembangan PWA yang lebih kompleks dibandingkan dengan aplikasi web pada umumnya, masih rentan diserang oleh XSS dan CSRF apabila web tidak dikembangkan dan dilakukan pemeliharaan dengan baik [10].

Accelerated Mobile Page (AMP) merupakan *library open-source* yang memberikan cara mudah untuk membuat halaman yang menarik, lancar, dan dimuat secara instan bagi pengguna atau dengan kata lain mengoptimalkan tampilan dari website yang dibuat. Dalam implementasinya, AMP tidak mendukung adanya iklan, karena prinsip kerjanya, AMP hanya bisa digunakan untuk menampilkan konten – konten yang dianggap berguna atau relevan dengan website yang dibuat. Meskipun terdapat banyak keunggulan, teknologi AMP juga masih memiliki beberapa persoalan di dalamnya, seperti keterbatasan pada desain dan fitur situs web yang menerapkan teknologi ini, karena AMP membatasi ukuran dan kompleksitas halaman. Selain itu, kecepatan memuat halaman masih bergantung dengan spesifikasi perangkat yang digunakan.

Dikutip dari laporan *Emergent Research*, penggunaan teknologi AMP dan PWA semakin meningkat. Peningkatan penggunaan kedua teknologi ini didukung oleh beberapa faktor, seperti peningkatan penggunaan perangkat seluler, kemajuan teknologi, dan kebutuhan akan pengalaman pengguna yang lebih baik. Meskipun demikian, hanya sekitar 20% dari 100% responden yang sudah atau berencana untuk mengimplementasikan salah satu dari kedua teknologi tersebut pada website yang akan dikembangkan. Data tersebut menunjukkan masih tingginya keraguan para pengembang dalam menerapkan teknologi tersebut.

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk membahas secara komprehensif mengenai seberapa baik kinerja dari teknologi AMP dan PWA berdasarkan 11 aspek yang diuji, diantaranya pengalaman pengguna, kecepatan memuat, kemampuan akses *offline*, biaya pengembangan, dukungan perangkat, keamanan, distribusi, penggunaan sumber daya, pemeliharaan dan pembaruan, fungsional dan fitur, dan kepuasan pengguna. Data yang diperoleh pada penelitian ini, berasal dari sejumlah artikel penelitian yang menerapkan salah satu dari kedua teknologi yang dibahas. Dari pembahasan tersebut diharapkan mampu memberikan pandangan objektif tentang kedua teknologi tersebut.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Metode Penelitian

Jenis metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kualitatif. Penulis mengidentifikasi masalah yang ditemukan pada topik penelitian berdasarkan observasi dan analisis data. Penulis mengumpulkan literasi guna mendapatkan data dan memecahnya menjadi aspek-aspek yang mempengaruhi performa pada aplikasi PWA dan AMP. Data yang telah dikelompokkan kemudian dihubungkan untuk membangun kerangka teori. Pengujian dilakukan dengan mengevaluasi dampak PWA dan AMP secara komprehensif melalui pengujian beberapa aspek yang meliputi pengalaman pengguna, kecepatan memuat, kemampuan akses *offline*, biaya pengembangan, dukungan perangkat, keamanan, distribusi, penggunaan sumber daya, pemeliharaan dan pembaruan, fungsi-fitur, dan kepuasan pengguna. Sehingga penulis, dapat lebih mudah dalam memperoleh informasi yang lebih lengkap dan akurat mengenai topik penelitian yang sedang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan pada bagian ini akan dibagi menjadi 11 aspek yang menjadi sorotan dalam penggunaan PWA maupun AMP. Kesebelas aspek ini dit Aspek yang dimaksud meliputi pengalaman pengguna, kecepatan memuat halaman, kemampuan akses *offline*, biaya pengembangan, dukungan perangkat, keamanan, distribusi, penggunaan sumber daya, pemeliharaan dan pembaruan, fungsi dan fitur, dan kepuasan pengguna. Berikut pembahasan

Tabel 1. Tabel pembahasan teknologi PWA dan AMP

Aspek	Pembahasan
Pengalaman Pengguna	PWA menawarkan pengalaman pengguna yang superior dibandingkan dengan aplikasi web dan aplikasi native. Teknologi PWA memiliki kemampuan untuk memuat dengan lebih cepat (peningkatan rata-rata 307%), berfungsi secara <i>offline</i> , dan dapat diakses melalui berbagai perangkat seluler [15]. Selain itu, PWA juga memiliki desain responsif yang dapat beradaptasi dengan sempurna terhadap berbagai ukuran layar, menciptakan pengalaman yang mulus dan nyaman bagi pengguna [3]. Studi menunjukkan bahwa umumnya website yang mengimplementasikan PWA, dianggap memiliki <i>User Experience</i> yang baik, meskipun di beberapa kondisi terdapat beberapa masalah dengan elemen antarmuka tertentu. Perbandingan dengan aplikasi native menunjukkan variasi emosi dalam

interaksi pengguna dengan elemen antarmuka PWA. Penting untuk memperhitungkan berbagai tantangan, termasuk kompatibilitas *browser*, masalah fungsional saat mengintegrasikan pengembangan akhir pengguna dengan PWA, dan perlu adanya desain UI yang mengikuti pedoman desain web responsif [4].

Accelerated Mobile Pages (AMP) adalah teknologi yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja halaman web seluler dengan mengoptimalkan struktur dan konten halaman tersebut. Hal ini bertujuan untuk menciptakan pengalaman pengguna yang lebih baik di perangkat seluler. Hasil studi menunjukkan bahwa AMP dapat meningkatkan kecepatan muat halaman (2,000ms lebih cepat) dan performa secara signifikan (60% lebih efisien) [9]. Meskipun demikian, di sisi lain penggunaan AMP juga dapat menghasilkan konsumsi data tambahan [9]. Oleh karena itu, perlu mempertimbangkan manfaat berbagai fitur AMP dan membandingkannya dengan teknik lain yang bertujuan untuk meningkatkan pengalaman penjelajahan web seluler yang dikembangkan. Ada pun, pendekatan yang menggunakan saluran yang memiliki kapasitas lebar (untuk mentransfer data dengan cepat) dan memiliki waktu tunda yang rendah (untuk mengurangi keterlambatan dalam respons) secara bersamaan dapat meningkatkan pengalaman pengguna dalam aplikasi seluler. Salah satu sektor yang menerapkan AMP adalah e-commerce, dimana pada sektor ini pengalaman pengguna memegang peranan penting dalam kesuksesan situs web toko online. Faktor-faktor seperti kecepatan muat halaman, kualitas pengalaman, penjelajahan web seluler, dan pemanfaatan teknik pembelajaran mesin dapat digunakan untuk menciptakan pengalaman pengguna yang positif dan menarik, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kepuasan pengguna dan hasil yang lebih baik (88,07% dari 46 responden) [17]. Sehingga dapat disimpulkan, jika AMP menawarkan solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan pengalaman pengguna di aplikasi seluler melalui optimalisasi struktur dan konten halaman web.

Kecepatan Memuat Halaman	Teknologi AMP merupakan pendekatan yang signifikan dalam meningkatkan kecepatan muat halaman pada website. AMP mengurangi waktu yang dirasakan oleh pengguna saat halaman dimuat dengan berbagai optimasi. Salah satunya adalah dengan menerapkan pembatasan ketat pada halaman yang lebih sederhana, penggunaan lazy loading, <i>caching</i> melalui AMP CDN, dan pra-rendering hasil pencarian Google [5][9][17][18][19]. Dengan melakukan hal ini, AMP mengurangi jumlah objek yang perlu dimuat, yang pada gilirannya memperbaiki kecepatan muat halaman dengan menghilangkan objek yang menghambat DOM. Namun, perlu diingat bahwa penggunaan AMP <i>pra-rendering</i> dapat meningkatkan penggunaan data, yang perlu diperhatikan, terutama bagi pengguna dengan paket data terbatas.
--------------------------	---

	<p>Pada salah satu jurnal, menekankan jika penggunaan AMP terbukti efektif dalam meningkatkan kecepatan muat halaman dalam industri <i>e-commerce</i>, hingga menghasilkan peningkatan tampilan situs, keterlibatan pelanggan, dan monetisasi situs web [23]. Kecepatan muat halaman menjadi elemen kunci dalam meningkatkan pengalaman pengguna, terutama di perangkat seluler, di mana kecepatan memainkan peran penting dalam menentukan efektivitas bisnis online [23].</p> <p>Ada pun <i>Progressive Web Apps</i> (PWA) yang dirancang untuk memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik dengan meningkatkan kecepatan muat halaman aplikasi web. Hal ini dikarenakan adanya teknologi seperti <i>service workers</i> dan <i>caching</i>, sehingga PWA dapat mempercepat muat halaman dengan menghindari permintaan jaringan yang lambat, terutama saat koneksi buruk. Hal ini membuat pengguna dapat berinteraksi dengan aplikasi tanpa penundaan yang berarti. Dalam pengujian dan penelitian, PWA telah terbukti menghasilkan waktu muat halaman yang lebih singkat dibandingkan dengan aplikasi web tradisional [8].</p> <p>Secara keseluruhan, baik AMP maupun PWA memiliki fokus yang sama, yaitu meningkatkan kecepatan muat halaman untuk meningkatkan pengalaman pengguna. Masing-masing teknologi memiliki metode dan pendekatan yang berbeda untuk mencapai tujuan ini, dan dapat menjadi solusi yang efektif tergantung pada kebutuhan dan tujuan pengembangan web.</p>
<p>Kemampuan Akses Offline</p>	<p>PWA (<i>Progressive Web App</i>) memiliki keunggulan dalam <i>offline access capability</i> yang memungkinkan pengguna untuk tetap berinteraksi dengan aplikasi bahkan dalam kondisi jaringan yang tidak terkoneksi. Fitur ini dimungkinkan karena penggunaan <i>service worker</i> dan mekanisme <i>caching</i>. Dengan <i>offline access capability</i>, PWA dapat dijadikan pilihan yang layak untuk aplikasi yang memerlukan akses dan fungsionalitas yang andal, bahkan dalam situasi konektivitas yang rendah atau tidak ada.</p> <p>Berbeda dengan PWA, AMP tidak dapat diakses saat <i>offline</i> atau memerlukan jaringan internet. Meskipun AMP memberikan kecepatan dalam memuat halaman, teknologi ini tidak memiliki kemampuan <i>offline access capability</i>, yang dimiliki oleh PWA. Sehingga, AMP lebih cocok untuk konten yang tergantung pada koneksi internet dan tidak menyediakan pengalaman <i>offline</i> kepada pengguna.</p>
<p>Biaya pengembangan</p>	<p>PWA menghadirkan alternatif yang lebih ekonomis dibandingkan dengan pengembangan aplikasi <i>native</i>. Dari beberapa jurnal mencatat bahwa biaya pengembangan aplikasi <i>native</i> cenderung tinggi karena memerlukan bahasa pemrograman dan SDK khusus untuk berbagai <i>platform</i> [2]. Sebaliknya, biaya pengembangan aplikasi <i>hybrid</i> yang dibangun dengan teknologi web cenderung lebih rendah. Untuk mengatasi permasalahan ini, teknologi PWA memberikan manfaat dengan memungkinkan pengalaman pengguna yang mirip dengan aplikasi <i>native</i> tanpa harus mengeluarkan biaya besar</p>

untuk mengembangkan aplikasi terpisah untuk iOS dan Android. Penggunaan PWA dapat menghindari biaya implementasi native yang tinggi, yang khususnya signifikan dalam pengembangan aplikasi untuk platform iOS dan Android [4]. Dengan demikian, PWA dapat menjadi alternatif yang lebih ekonomis untuk membawa aplikasi ke berbagai *platform* tanpa mengesampingkan nilai dari pengalaman pengguna.

Di sisi lain, berbeda dengan PWA, AMP memiliki biaya tersembunyi yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah biaya konsumsi data tambahan yang terkait dengan *prefetching* AMP. Beberapa jurnal mencatat bahwa *prefetching* AMP dapat mengonsumsi tambahan data, yang dapat menjadi beban besar bagi pengguna dengan paket data terbatas. Biaya pengembangan AMP juga disoroti, termasuk biaya *pilot/proof-of-concept*, pelatihan dan peningkatan, pengembangan situs, serta pengujian kinerja dan analisis [9][18]. Dapat disimpulkan, jika PWA memiliki biaya pengembangan yang lebih rendah dibandingkan AMP.

Dukungan Perangkat

PWA, memberikan fleksibilitas akses pada berbagai perangkat, mulai dari smartphone, tablet, hingga desktop komputer, karena memanfaatkan teknologi web yang dapat diakses melalui berbagai platform. Dukungan perangkat untuk PWA bervariasi tergantung pada *browser* yang digunakan, dengan beberapa browser utama seperti Google Chrome dan Mozilla Firefox memberikan dukungan penuh. Keunggulan utama PWA adalah memiliki dukungan perangkat yang lebih luas dibandingkan dengan aplikasi *native*, yang terbatas pada platform tertentu.

Di sisi lain, fokus AMP adalah mendukung berbagai perangkat mobile, termasuk smartphone dan tablet, untuk mengakses konten web dengan lebih efisien. AMP dapat digunakan pada perangkat yang mendukung penelusuran web, tanpa batasan platform tertentu. Penting juga untuk dicatat bahwa AMP telah diterima secara luas oleh pemilik situs web dan penyedia layanan web, menegaskan fleksibilitasnya dalam mendukung berbagai perangkat mobile. Dari beberapa jurnal yang dijadikan acuan tidak memberikan rincian khusus tentang dukungan perangkat untuk AMP, namun saat ini, pengembangan AMP dirancang dengan kompatibilitas yang baik terhadap beragam perangkat mobile dan telah mendapatkan adopsi yang signifikan dalam industri [9][13][18][23].

Keamanan

Dalam konteks keamanan PWA memprioritaskan aspek keamanan untuk melindungi data pengguna dan untuk memberikan pengalaman menjelajah yang aman. Hal ini dikarenakan penggunaan protokol HTTPS dalam PWA memberikan tingkat enkripsi data antara pengguna dan aplikasi, yang merupakan langkah kunci dalam melindungi informasi sensitif seperti kredensial login dan data pribadi. Selain itu, PWA menerapkan prinsip-prinsip keamanan umum seperti validasi input dan perlindungan terhadap kerentanan web seperti XSS dan CSRF [8].

Sama seperti PWA, AMP memiliki tingkat keamanan yang relatif tinggi. Hal ini dikarenakan AMP memiliki beberapa fitur bawaan yang membantu melindungi pengguna dari serangan siber, seperti *Content Security Policy* (CSP), Sanitasi input pengguna, dan HTTPS [17].

Sehingga dapat disimpulkan, secara keseluruhan, baik PWA maupun AMP memiliki pertimbangan keamanan yang krusial dengan fokus pada perlindungan data pengguna dan mitigasi risiko keamanan potensial.

Distribusi

PWA merupakan sebuah solusi yang sangat fleksibel untuk mendistribusikan aplikasi web kepada pengguna. Salah satu keunggulan utama PWA adalah kemampuannya untuk didistribusikan melalui berbagai saluran, termasuk toko aplikasi resmi dan website. PWA juga menonjolkan kompatibilitas lintas platform yang menghadirkan pengalaman pengguna yang hampir identik dengan aplikasi *native* [21]. PWA dapat diakses langsung melalui peramban web, sehingga tidak diperlukan unduhan atau instalasi melalui toko aplikasi. Fleksibilitas distribusi PWA bahkan memungkinkan penyesuaian sesuai kebutuhan serta preferensi pengguna dan pengembang aplikasi [2]. Dengan begitu, PWA telah membuka beragam peluang untuk mendistribusikan aplikasi web secara efisien dan merata ke seluruh pengguna.

Sebaliknya, AMP menggunakan pendekatan yang bertujuan meningkatkan kinerja situs web seluler. Dalam proses distribusinya, AMP hadir dalam beberapa versi, termasuk versi non-AMP, versi AMP URL asli, versi AMP cache URL, dan versi AMP *viewer* URL. Distribusi AMP mengungkapkan bahwa versi AMP cache URL menampilkan kinerja terbaik, sementara versi AMP *viewer* URL mempertahankan kinerja yang lebih stabil di antara semua varian tersebut [9][20]. Terdapat peningkatan dalam adopsi AMP, yang sebagian besar didorong oleh upaya promosi dan insentif dari Google. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa AMP juga telah menimbulkan kontroversi sehubungan dengan kekhawatiran terhadap pengaruh Google dan isu-isu atribusi konten. Lebih lanjut, analisis data eksploratori menyoroti adanya ketidakseimbangan yang signifikan antara kelas situs web AMP dan non-AMP, yang mengharuskan penggunaan teknik *oversampling* atau *undersampling* untuk meningkatkan kinerja model klasifikasi [13]. Dengan demikian, meskipun AMP menjadi solusi yang sangat diminati untuk meningkatkan performa situs web seluler, tantangan dalam distribusinya serta perhatian terhadap isu-isu tertentu tetap relevan dalam ekosistem AMP.

Penggunaan sumber daya

PWA dirancang dengan fokus pada efisiensi energi dan pengalaman pengguna yang baik. PWA menggunakan teknologi seperti Service Workers dan App Shell untuk meminimalkan konsumsi daya perangkat. Selain itu, PWA memiliki kemampuan untuk bekerja secara offline, mengurangi ketergantungan pada koneksi internet aktif, dan membantu

menghemat daya baterai perangkat. PWA juga dirancang untuk memuat dengan cepat bahkan di jaringan yang tidak stabil, yang berarti waktu dan sumber daya yang dibutuhkan untuk mengunduh dan menginisialisasi aplikasi menjadi lebih efisien. Meskipun penggunaan cache dalam PWA tidak berdampak signifikan pada konsumsi daya, variabilitas konsumsi daya dapat terjadi tergantung pada berbagai faktor, termasuk platform pengembangan dan teknologi yang digunakan.

Di sisi lain, AMP adalah inisiatif Google untuk mempercepat kinerja halaman web mobile. AMP berhasil meningkatkan metrik *Speed Index* (SI) dengan SI rata-rata menjadi 60% lebih rendah dibandingkan dengan halaman web non-AMP [9]. Ini berarti halaman AMP dapat memuat lebih cepat, memberikan pengalaman pengguna yang lebih responsif. Namun, penggunaan *prefetching* dalam AMP, meskipun meningkatkan kinerja, juga mengunduh data tambahan, dengan rata-rata lebih dari 1,4 MB, yang dapat memengaruhi pengguna dengan paket data terbatas [9]. Untuk meningkatkan kinerja halaman web mobile, AMP menggunakan berbagai teknik optimasi 0, termasuk penggunaan data URLs, *caching*, pengambilan data sesuai permintaan, minifikasi kode, transcoding gambar, penggunaan elemen HTML5 `<picture>`, kompresi Gzip, teknik *pre-connect* dan *pre-fetch*, serta penggunaan *Content Delivery Network* (CDN). Semua teknik itu membutuhkan paket data lebih besar dari web normal, sehingga mempengaruhi konsumsi sumber daya pada web dengan kompleksitas tinggi yang menerapkan AMP.

Pemeliharaan dan pembaruan

Untuk menjaga kinerja PWA maupun AMP memerlukan perawatan rutin. Pemeliharaan pada PWA mencakup pemantauan aplikasi untuk masalah atau bug, perbaikan tautan yang rusak, penyelesaian masalah kompatibilitas, dan pembaruan konten sesuai kebutuhan [21]. Selain itu, pembaruan juga diperlukan untuk mengimplementasikan fitur-fitur baru, meningkatkan fungsionalitas, dan meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Pembaruan ini bisa didasarkan pada umpan balik pengguna, perkembangan teknologi, atau perubahan dalam standar industri [6]. Tim yang bertanggung jawab untuk mengelola pemeliharaan dan pembaruan harus memiliki alur kerja yang terdefinisi dengan baik dan mengikuti proses pengujian dan jaminan kualitas secara rutin untuk memastikan bahwa pembaruan tidak mengenalkan masalah baru atau mempengaruhi kinerja aplikasi.

Sementara pada AMP, untuk mempertahankan optimalisasi kinerjanya, pemeliharaan dan pembaruan juga diperlukan. Proyek AMP telah mendorong penggunaan AMP di berbagai domain aplikasi, seperti Gmail dan AMP Stories. Google memberikan insentif kepada penyedia konten melalui mesin pencari dan browser populer mereka, seperti menempatkan halaman AMP di puncak halaman hasil pencarian. Ini telah mendorong tren adopsi yang meningkat di kalangan penyedia konten. Namun, AMP juga

telah menarik kritik terutama terkait dengan pengaruh Google, masalah atribusi konten, dan beban prefetching yang berlebihan [9]. Penggunaan data dan daya tambahan dari *prefetching* AMP dapat menjadi beban besar bagi pengguna dengan paket data terbatas. Untuk masa depan, penting untuk melakukan uji coba dengan kondisi jaringan yang berbeda untuk mengevaluasi dampak kinerja AMP.

Fungsionalitas dan fitur

PWA memanfaatkan *service worker*, yang merupakan skrip JavaScript yang berjalan di latar belakang dan memungkinkan fitur-fitur seperti *caching*, akses offline, dan notifikasi *push*. Salah satu fitur utama PWA adalah kemampuannya untuk memberikan pengalaman "*offline-first*," yang berarti pengguna dapat mengakses aplikasi tersebut bahkan tanpa koneksi internet. *Caching* juga berperan penting dalam PWA dengan menyimpan data dan konten secara lokal untuk akses yang cepat. Secara keseluruhan, PWA bertujuan menjadi alternatif teknis yang lebih berkelanjutan dibandingkan dengan aplikasi web standar dan aplikasi *mobile native*.

Di sisi lain, AMP menyediakan alat pengembangan web yang disederhanakan dan dioptimalkan kepada para pembuat konten, yang menghasilkan halaman web yang lebih cepat dimuat. Hal ini terutama terlihat dari penurunan signifikan pada Speed Index (SI), dengan halaman AMP mencapai rata-rata SI yang 60% lebih rendah dibandingkan halaman non-AMP. Google secara aktif mempromosikan adopsi AMP dengan memperkenalkan domain aplikasi baru, seperti Gmail dan AMP Stories, serta mendorong standarisasi industri [9]. Dalam hasil pencarian Google, halaman AMP mendapatkan prioritas penempatan, meningkatkan visibilitasnya di mata pengguna. Secara ringkas, AMP bertujuan untuk meningkatkan kinerja web mobile melalui optimasi efisien halaman web dan mendapatkan dukungan kuat dari Google dalam hal promosi dan prioritas hasil pencarian.

Kepuasan Pengguna

PWA memiliki potensi untuk meningkatkan kepuasan pengguna dengan menawarkan fitur-fitur seperti *offline functionality*, *fast loading*, dan *push notifications*. Walaupun masih ada tantangan terkait dukungan browser yang bervariasi, PWA memiliki potensi untuk menjadi masa depan web mobile dan lebih meningkatkan kepuasan pengguna. Penerapan PWA dapat memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik dengan akses yang stabil bahkan dalam kondisi jaringan rendah atau tidak ada jaringan. PWA juga mendukung optimasi performa dengan mempercepat waktu pemuatan halaman, mengurangi ukuran file dan cache, serta memungkinkan akses mudah melalui fitur "*add to homescreen*." Selain itu, PWA mendukung fitur seperti *push notifications* dan otentikasi media sosial yang dapat meningkatkan keterlibatan pengguna. Beberapa studi menekankan pentingnya kepuasan pengguna dalam keberhasilan PWA.

Ada pun keunggulan dari AMP yang ditekankan pada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa AMP dapat signifikan meningkatkan metrik

Speed Index (SI), yang mencerminkan kecepatan yang dirasakan oleh pengguna saat mengakses halaman web. Selain itu, pengambilan data awal (*prefetching*) halaman AMP juga meningkatkan kinerja, meskipun penggunaan AMP dapat mengakibatkan konsumsi data tambahan yang perlu diperhatikan terutama oleh pengguna dengan paket data terbatas. Untuk mengoptimalkan performa halaman web mobile, teknik seperti minifikasi, penggunaan format gambar WebP, dan kompresi Gzip dapat membantu mengurangi ukuran halaman web dan mempercepat waktu pemuatan [5]. Penggunaan antarmuka yang ramah pengguna dan pemuatan data sesuai permintaan juga dapat meningkatkan pengalaman pengguna. Kepuasan pengguna adalah faktor kunci dalam kesuksesan aplikasi mobile, dan penting untuk mempertimbangkan hal ini dalam desain dan pengembangan AMP dan PWA serta teknik optimasi lainnya.

Tabel 2 menyajikan analisis kinerja PWA dan AMP berdasarkan 11 aspek yang dibahas di Tabel 1. Analisis ini bertujuan membantu pengembang memilih teknologi yang tepat untuk kebutuhan pengembangan aplikasi.

Tabel 2. Analisa kinerja PWA & AMP

No	Aspek	Analisa
1	Pengalaman Pengguna	Secara keseluruhan, PWA menawarkan pengalaman pengguna yang lebih baik daripada AMP. PWA memiliki kinerja yang lebih baik dan memberikan pengalaman yang lebih responsif dan hemat baterai. Namun, perlu dicatat bahwa penggunaan AMP dapat meningkatkan kecepatan muat halaman, tetapi juga dapat menghasilkan konsumsi data tambahan.
2	Kecepatan Memuat	AMP dan PWA keduanya memiliki fokus pada meningkatkan kecepatan memuat halaman web mobile. AMP menggunakan berbagai teknik optimasi untuk mempercepat waktu pemuatan halaman, sementara PWA menggunakan teknologi seperti <i>Service Workers</i> dan <i>App Shell</i> untuk meminimalkan konsumsi daya perangkat dan memungkinkan bekerja secara <i>offline</i> . Jika berpegang pada aspek ini, maka AMP bekerja lebih baik.
3	Kemampuan Akses Offline	PWA menggunakan teknologi <i>service worker</i> untuk menyimpan <i>cache</i> halaman web dan konten lainnya, sehingga pengguna masih dapat mengakses aplikasi tersebut tanpa koneksi internet. AMP juga memiliki kemampuan untuk memuat halaman lebih cepat, tetapi tidak secara eksplisit disebutkan apakah AMP dapat berfungsi secara <i>offline</i> . Oleh karena itu, berdasarkan informasi yang ada, PWA mungkin lebih baik dalam hal kemampuan akses <i>offline</i> memuat halaman dibandingkan dengan AMP.
4	Biaya Pengembangan	Dalam mempertimbangkan biaya pengembangan, PWA memberikan solusi yang lebih ekonomis karena dapat dikembangkan secara lintas platform. Di sisi lain, AMP, meskipun meningkatkan kecepatan muat halaman, dapat menghasilkan biaya tambahan dalam konsumsi data dan pengembangan. Oleh karena itu, pemilihan teknologi harus mempertimbangkan aspek biaya sebagai faktor penting dalam pengambilan keputusan.
5	Dukungan Perangkat	Baik AMP maupun PWA memiliki dukungan perangkat yang luas, dengan PWA memberikan fleksibilitas akses pada berbagai platform dan AMP fokus pada

		mendukung perangkat mobile. Pemilihan antara keduanya harus disesuaikan dengan kebutuhan proyek dan prioritas pengembangan.
6	Keamanan	Baik AMP maupun PWA memiliki pertimbangan keamanan yang penting, tetapi perlu penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi potensi masalah keamanan di PWA. Namun karena fokus AMP adalah mempercepat akses halaman dengan teknik <i>prefetching</i> sehingga celah keamanan belum menjadi <i>issue</i> , maka dari aspek ini, AMP dirasakan lebih baik.
7	Distribusi	Dalam hal distribusi, PWA memiliki keunggulan karena dapat diakses melalui berbagai platform dan dukungan penuh dari beberapa <i>browser</i> utama seperti Google Chrome dan Mozilla Firefox. AMP juga telah diterima secara luas oleh pemilik situs web dan penyedia layanan web, menegaskan fleksibilitasnya dalam mendukung berbagai perangkat mobile. Tidak ada jawaban yang pasti tentang mana yang lebih baik pada aspek ini, karena tergantung pada kebutuhan dan prioritas pengembangan proyek.
8	Penggunaan Sumber Daya energi	PWA menggunakan teknologi seperti <i>Service Workers</i> dan <i>App Shell</i> untuk meminimalkan konsumsi daya perangkat. Selain itu, PWA memiliki kemampuan untuk bekerja secara <i>offline</i> , mengurangi ketergantungan pada koneksi internet aktif, dan membantu menghemat daya baterai perangkat. Sementara itu, AMP, meskipun meningkatkan kecepatan muat halaman, menggunakan <i>prefetching</i> yang mengunduh data tambahan, yang dapat memengaruhi pengguna dengan paket data terbatas. Oleh karena itu, dalam hal penghematan energi baterai, PWA lebih unggul daripada AMP.
9	Pemeliharaan dan Pembaruan	Kedua teknologi ini memerlukan pemeliharaan dan pembaruan untuk menjaga kinerja yang optimal. Namun, fokus dan karakteristik pemeliharaan dan pembaruan keduanya berbeda. PWA lebih berfokus pada pengembangan aplikasi web yang responsif dan efisien, sementara AMP lebih berfokus pada peningkatan kecepatan pemuatan halaman <i>web mobile</i> . Tidak ada yang lebih baik secara mutlak; pilihan tergantung pada kebutuhan dan tujuan pengembangan web mobile.
10	Fungsi-fitur	<p>AMP dan PWA adalah dua pendekatan berbeda untuk meningkatkan pengalaman pengguna pada platform mobile. AMP lebih fokus pada peningkatan kecepatan muat halaman, sementara PWA berusaha memberikan pengalaman yang lebih serupa dengan aplikasi <i>native</i>.</p> <p>Pilihan antara AMP dan PWA tergantung pada kebutuhan dan tujuan pengguna. Jika kecepatan muat halaman menjadi prioritas utama, AMP dapat menjadi pilihan yang baik. Namun, jika pengguna menginginkan akses cepat dan fitur seperti notifikasi push, PWA dapat menjadi pilihan yang lebih baik.</p>
11	Kepuasan Pengguna	Penelitian menunjukkan bahwa pengguna umumnya memiliki pengalaman positif dengan PWA, meskipun terdapat beberapa masalah dengan elemen antarmuka tertentu. Sementara itu, AMP telah berhasil meningkatkan kecepatan muat halaman dan performa secara signifikan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa baik AMP maupun PWA memiliki potensi untuk memberikan pengalaman pengguna yang baik, tetapi penelitian lebih lanjut diperlukan untuk membandingkan secara langsung kepuasan pengguna dari kedua teknologi ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

PWA dikenal memiliki kinerja yang superior dibandingkan dengan aplikasi web dan aplikasi *native*. Faktor-faktor yang berkontribusi pada kinerja yang lebih baik ini termasuk penggunaan teknologi dan teknik optimasi terbaru, kemampuan untuk bekerja secara offline, ukuran berkas yang lebih kecil, dan jumlah permintaan yang lebih sedikit. Studi dan penelitian telah mengkonfirmasi bahwa PWA memiliki waktu pemuatan halaman yang

lebih cepat dan responsivitas yang lebih baik daripada alternatifnya. Contoh kasus aplikasi Shopee dan pengembangan aplikasi *blended learning* menunjukkan bahwa PWA dapat memberikan kinerja yang sangat baik.

Di sisi lain, AMP, terbukti secara signifikan meningkatkan waktu pemuatan halaman *web mobile*, terutama pada perangkat seluler. AMP juga memengaruhi biaya dukungan pelanggan dan meningkatkan kinerja iklan. Ada bukti yang menunjukkan bahwa penerapan AMP dapat meningkatkan visibilitas situs, keterlibatan pelanggan, dan monetisasi situs web. Kemajuan jaringan 5G juga berpotensi mempercepat waktu pemuatan halaman web. AMP memiliki algoritma pembelajaran mesin untuk mengevaluasi kinerjanya, dan sejumlah faktor, seperti jenis *server*, optimasi CSS dan JS, *cache*, dan penggunaan HTTPS, mempengaruhi kinerja AMP. Validitas halaman AMP dapat diuji menggunakan AMP Validator. Baik PWA maupun AMP adalah pilihan yang efektif untuk meningkatkan kinerja dan pengalaman pengguna dalam halaman web mobile.

AMP dan PWA adalah dua teknologi yang berperan penting dalam meningkatkan pengalaman pengguna dalam aplikasi web. Keduanya memiliki karakteristik dan keunggulan masing-masing yang dapat memperkaya aplikasi web.

Apa yang menarik adalah bahwa AMP dan PWA dapat digunakan bersama-sama dalam satu aplikasi. Mereka tidak saling bertentangan, sebaliknya, mereka dapat saling melengkapi. Berdasarkan fungsionalitas, AMP dapat digunakan untuk memastikan halaman berita atau katalog produk sebuah dimuat dengan cepat, sementara PWA digunakan untuk memberikan pengguna pengalaman offline dan notifikasi push yang lebih baik.

Namun penggabungan keduanya juga memiliki potensi masalah, karena menggabungkan dua teknologi yang berbeda dapat menambah kompleksitas pengembangan dan pemeliharaan aplikasi, kompatibilitas, dan performa. Karena jika tidak diterapkan dengan benar, penggabungan AMP dan PWA justru berpotensi menurunkan performa aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Assiroj P. 2022. Implementasi Metode Search Engine Optimization (Seo) Pada Situs Web Imigrasi Wonosobo. *INFOTECH journal*. 8(1): 41-52.
- [2] Biørn-Hansen A., Majchrzak T, Grønli T. *Progressive Web Apps: The Possible Web-native Unifier for Mobile Development*. Proceedings of the 13th International Conference on Web Information Systems and Technologies. 2017; 344-351.
- [3] Cardieri GA, Zaina LM. *Analyzing User Experience in Mobile Web, Native and Progressive Web Applications: A User and HCI Specialist Perspectives*. In Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. 2018; 1-11.
- [4] Fauzan R, dkk. 2022. A Systematic Literature Review on Progressive Web Application Practice and Challenges. *IPTEK The Journal for Technology and Science*. 33(1): 43.
- [5] Gunjan, dkk. 2019. Performance Optimization For Mobile Web. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 9(1): 5032-5037.
- [6] Haryanto D, Saputra Elsi ZR. 2021. Analisis Performance Progressive Web Apps Pada Aplikasi Shopee. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*. 12(2).
- [7] Hudianti, dkk. 2023. Implementasi Progressive Web Apps untuk Sistem Pengelolaan Potensi Desa Wisata Kali Opak Tujuh Bulan. *Journal of Information System Management (JOISM)*. 4(2).
- [8] Jodi S, Amin R. 2021. Implementation of Progressive Web Apps-Based Click Profile on Social Media. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)*. 7(1).
- [9] Jun B, Bustamante F, E Whang SY, Bischof ZS. *AMP Up Your Mobile Web Experience: Characterizing the Impact of Google's Accelerated Mobile Project*. Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, MOBICOM. 2019: 1-14.
- [10] Majchrzak T, Hansen A, Gronli T. *Progressive Web Apps: The Definite Approach to Cross-Platform Development*. Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. 2018.
- [11] Malavolta I, dkk. *Evaluating the Impact Of Caching on the Energy Consumption And Performance of Progressive Web Apps*. Proceedings of the IEEE/ACM 7th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems. 2022:109-119.

- [12] Matiini G, Setiyadi R., Setiawan A, & Ramli M. 2021. Pengembangan Aplikasi Progressive Web Application (PWA) Untuk Pembelajaran dan Evaluasi Kelas English Grammar Online Course. *Jurnal Pendidikan Edutama (JPE)*. 8(2):984.
- [13] Tel B. 2019. Evaluate the performance of AMP and non-AMP websites using machine learning algorithms (MSc Research Project Data Analytics). [*master's thesis, National College of Ireland*].
- [14] Putra H B. 2020. Studi Literatur Pengembangan E-Commerce Sekolah Menggunakan Progressive Web Apps (PWA). *Jurnal IT-EDU*. 5(1): 454-467.
- [15] Ramadani A, Syafar A, Akbar M. 2022. Aplikasi Blended Learning Pusat Pengembangan dan Penyaluran Potensi Mahasiswa Menggunakan Progressive Web App. *Information Management for Educators and Professionals*. 6(2): 163-172.
- [16] Santoso, H. Membangun Aplikasi Mobile dengan PROGRESSIVE WEB APP (PWA). Yogyakarta: Lokomedia. 2019.
- [17] Saputra DD, Ilhamsyah, & Prawira D. 2020. Implementasi framework Accelerated Mobile Pages pada pengembangan website program studi sistem informasi. *Jurnal Komputer dan Aplikasi*. 08(02):67-78.
- [18] Schlegel A, & Brown B. 2017. The Total Economic Impact™ Of Accelerated Mobile Pages (AMP): A Forrester Total Economic Impact™ Study Commissioned By Google November.
- [19] Sentosa W, dkk. *Accelerating Mobile Applications with Parallel High-bandwidth and Low-latency Channels*. Proceedings of the 22nd International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications. 2021; 1-7.
- [20] Silwal Sashank. 2023. Accelerating Mobile Web Performance through JavaScript Classification on the Browser. *Capstone Project 2, Spring 2023, Abu Dhabi, UAE*.
- [21] Thakur P. 2018. Evaluation and Implementation of Progressive Web Application [Bachelor's thesis, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences].
- [22] Tjut AZ, Halimah TS, Eky H. 2021. Pengembangan Learning Management System (LMS) Pelatihan SDM Menggunakan PHP Dan MySQL. *Jurnal Aplikasi Bisnis dan Komputer*. 1(2): 78-88.
- [23] Wibowo A, Aryotejo G, & Mufadhol M. 2018. Accelerated Mobile Pages from JavaScript as Accelerator Tool for Web Service on E-Commerce in the E-Business. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 8(4): 2399-2405.