

Evaluasi Platform Perangkat Keras Sistem Tertanam untuk Unit Kontrol Parkir Otomatis

Wahyu Dewanto¹, Agung Fathurrahman², Agus Bejo³

^{1,2,3} Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta, 55281 INDONESIA, (tel.: 0274-555 225; fax: 0274-4321982, email: ¹wahyud@ugm.ac.id, ²agung.fathurrahman@mail.ugm.ac.id, ³agusbj@ugm.ac.id)

[Diterima: 2 Januari 2023, Revisi: 17 Juli 2023]

Corresponding Author: Agus Bejo

INTISARI — Sistem parkir otomatis merupakan salah satu teknologi manajemen parkir yang saat ini banyak digunakan di berbagai instansi. Sistem parkir otomatis merupakan sistem parkir yang bekerja dengan menempatkan sebuah mesin portal parkir. Mesin portal parkir tersebut kemudian secara otomatis dapat membuka dan menutup portal serta merekam nomor kendaraan saat masuk dan keluar dengan menggunakan sebuah kunci akses berupa *smart card*. Salah satu kendala dalam penerapan sistem parkir otomatis adalah terjadinya kemacetan apabila kondisi lalu lintas sedang tinggi. Hal tersebut terjadi karena unit kontrol pada sistem parkir otomatis memerlukan waktu yang relatif lama saat melakukan proses pengambilan dan penyimpanan citra dari kamera. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian pada beberapa platform sistem tertanam yang nantinya digunakan sebagai unit kontrol pada sistem parkir otomatis, yaitu Raspberry Pi 3B, Raspberry Pi 4B, dan Orange Pi Zero Plus. Tujuan pengujian tersebut adalah untuk mencari platform unit kontrol terbaik dengan beberapa kriteria, yaitu memiliki waktu respons tercepat saat mengambil citra, memiliki waktu respons tercepat saat menyimpan citra, dan memiliki konsumsi daya yang rendah. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa platform Raspberry Pi 4B memiliki waktu respons tercepat untuk mengambil dan menyimpan citra dengan waktu rata-rata sebesar 1.827,9 ms, sedangkan konsumsi daya terendah dicapai oleh platform Orange Pi Zero Plus dengan nilai sebesar 1,9 W. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, Raspberry Pi 4B direkomendasikan sebagai unit kontrol pada sistem parkir otomatis apabila sistem parkir otomatis memerlukan perangkat dengan kinerja tinggi. Sementara itu, jika sistem parkir otomatis memerlukan perangkat yang hemat daya, Orange Pi Zero Plus direkomendasikan sebagai unit kontrol pada sistem parkir otomatis.

KATA KUNCI — Sistem Parkir Otomatis, Sistem Tertanam, *Smart Card*, Kamera.

I. PENDAHULUAN

Sistem parkir merupakan salah satu fasilitas yang wajib disediakan oleh sebuah institusi. Salah satu fungsi sistem parkir adalah untuk meningkatkan keamanan pada institusi tersebut. Pada praktiknya, terdapat dua cara umum yang digunakan pada sistem parkir, yaitu dengan sistem parkir manual dan sistem parkir otomatis. Sistem parkir manual dilakukan dengan menempatkan beberapa petugas di beberapa titik parkir dan memberikan karcis ke pengendara sebagai tanda bukti kendaraan. Pada saat lalu lintas sedang tinggi, sistem parkir manual dapat menyebabkan terjadinya antrean karena pelayanan yang cenderung lambat. Untuk mempercepat proses tersebut, sistem parkir otomatis dapat diterapkan. Sistem parkir otomatis bekerja dengan menggunakan sebuah mesin portal parkir yang akan merekam nomor kendaraan dan memberikan karcis tanda bukti secara otomatis ke pengendara.

Selain menggunakan karcis sebagai tanda bukti akses, sistem parkir otomatis umumnya juga dapat memanfaatkan sebuah *smart card* sebagai tanda bukti akses [1]-[3]. *Smart card* adalah kartu berbahan plastik yang di dalamnya diberi suatu *integrated circuit* (IC) untuk menyimpan informasi dan melakukan pengolahan informasi tersebut. Sistem akses menggunakan *smart card* cukup banyak digunakan di Indonesia. Setidaknya terdapat 13.000 unit mesin *smart card reader* yang beredar di Indonesia dan tercatat oleh Badan Pengembangan dan Pengkajian Teknologi (BPPT) [4]. Sistem parkir otomatis banyak digunakan karena mudah dipakai dan lebih ekonomis. Sistem ini juga sudah diterapkan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM) dengan memanfaatkan kartu dosen, kartu pegawai, dan kartu tanda mahasiswa karena ketiga kartu tersebut sudah berupa sebuah *smart card*.

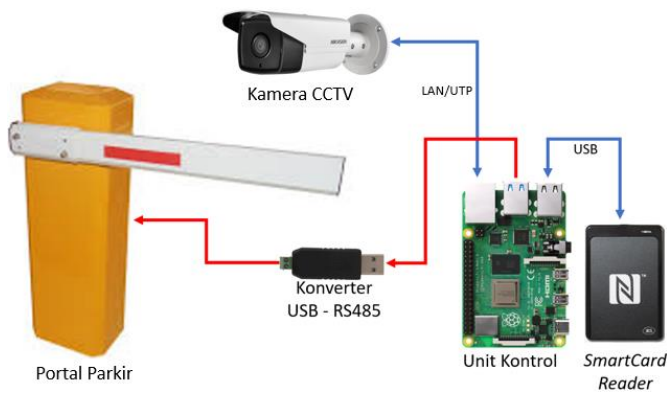
Namun, dalam penerapannya, sistem parkir otomatis terkadang masih memiliki kelemahan, yaitu memerlukan waktu yang lama untuk melakukan proses merekam nomor kendaraan serta membuka dan menutup portal parkir. Ketika lalu lintas sedang tinggi, proses tersebut dapat menyebabkan kemacetan pada saat akan memasuki portal parkir atau keluar dari portal parkir. Waktu proses yang lama disebabkan oleh lamanya waktu yang diperlukan untuk mengambil foto dan menyimpan gambar foto, yang ditentukan oleh platform perangkat keras dan *memory card* yang digunakan.

Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap beberapa unit kontrol pada sistem parkir otomatis yang nantinya digunakan pada lingkungan Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (DTETI) UGM. Unit kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah tiga buah *single board computer* dengan model yang berbeda, yaitu Raspberry Pi 3B, Raspberry Pi 4B, dan Orange Pi Zero Plus. Platform berbasis *single board computer* seperti Raspberry Pi cukup sering digunakan untuk keperluan perancangan sistem berbasis sistem tertanam [5], [6]. Pada setiap unit kontrol dilakukan evaluasi yang bertujuan untuk membandingkan kinerja, baik kecepatan komputasi maupun konsumsi daya, dari setiap unit kontrol yang digunakan. Dari hasil pengujian kinerja dapat direkomendasikan perangkat unit kontrol yang baik untuk digunakan pada sistem parkir otomatis.

II. PERANCANGAN SISTEM

A. PERANCANGAN SISTEM PORTAL PARKIR

Sistem portal parkir umumnya terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu portal parkir, unit kontrol, kamera, dan sebuah *card reader* atau dapat diganti menjadi tombol [7]-[9]. *Card reader* merupakan salah satu jenis *card acceptance device* (CAD), yaitu perangkat yang dapat melakukan komunikasi



Gambar 1. Skema umum sistem portal parkir yang dirancang.

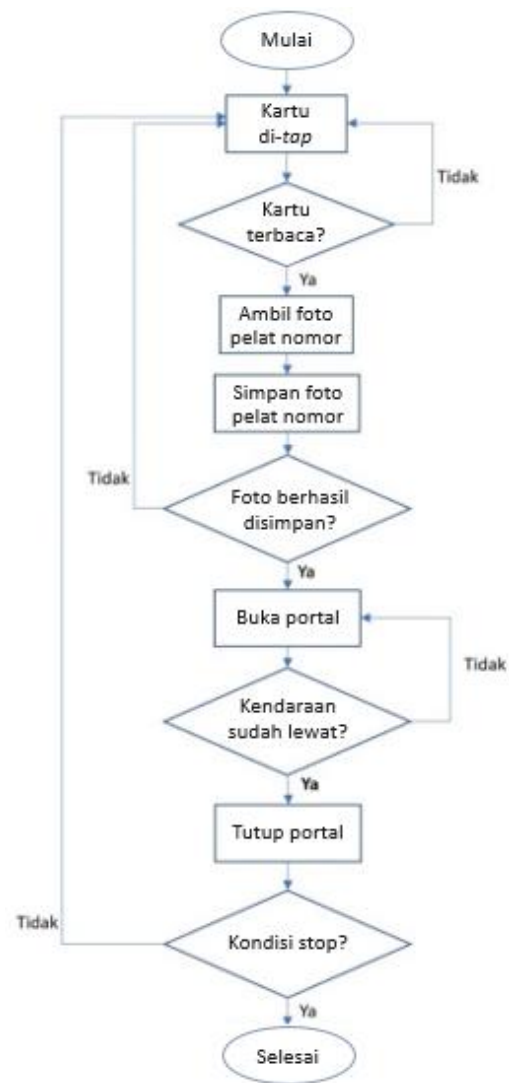
dengan *smart card*. Untuk melakukan komunikasi, *card reader* perlu dihubungkan secara serial dengan komputer *host*. Pada penelitian ini, unit kontrol digunakan sebagai komputer *host*. Sistem portal parkir yang dirancang menggunakan beberapa komponen, yaitu unit kontrol, *smart card reader*, kamera CCTV, konverter USB-RS485, dan sebuah portal parkir. Skema umum untuk sistem yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada penelitian ini, unit kontrol yang digunakan adalah tiga buah sistem tertanam, yaitu Raspberry Pi 3B, Raspberry Pi 4B, dan Orange Pi Zero Plus. Spesifikasi ketiga sistem tertanam yang digunakan adalah sebagai berikut.

- Raspberry Pi 3B menggunakan prosesor Broadcom BCM2837, Quad-core Cortex-A53 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1,2 GHz dengan RAM sebesar 1 GB LPDDR-900.
- Raspberry Pi 4B menggunakan prosesor Broadcom BCM2711, Quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1,5 GHz dengan RAM sebesar 1 GB LPDDR4-3200.
- Orange Pi Zero Plus menggunakan prosesor Allwinner H5, Quad-core Cortex-A53 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.4 GHz dengan RAM sebesar 512 MB DDR3.

Ketiga unit kontrol tersebut menggunakan tiga buah *microSD* dengan merek yang berbeda, yaitu Sandisk dengan kecepatan baca maksimal 98 MB/s, VGEN dengan kecepatan baca maksimal 100 MB/s dan kecepatan tulis maksimal 48 MB/s, dan Maestro yang memiliki kecepatan baca maksimal 52 MB/s dan kecepatan tulis maksimal 25 MB/s. Masing-masing *microSD* tersebut merupakan *microSD* UHS-1 dengan kelas kecepatan 10 yang berkapasitas 16 GB. Nilai kelas pada *microSD* merepresentasikan tingkat kecepatan baca dan tulis minimum yang dapat dilakukan pada *microSD* tersebut. Kelas 10 berarti *microSD* tersebut memiliki kecepatan minimum 10 MB/s [10]. Perangkat *smart card reader* yang digunakan adalah ACR-1252U. Perangkat tersebut sudah mendukung antarmuka USB 2.0 *full speed*. *Smart card reader* tersebut dihubungkan secara serial melalui USB ke unit kontrol [11]. Kamera CCTV yang digunakan adalah kamera CCTV yang mendukung *real time streaming protocol* (RTSP). Unit kontrol dapat mengakses kamera CCTV jenis ini melalui suatu alamat IP khusus [12], [13].

Portal parkir dihubungkan ke unit kontrol menggunakan konverter USB-RS485 dengan protokol Modbus, yaitu salah satu protokol komunikasi yang banyak digunakan dan menjadi standar industri. Protokol ini tidak bergantung pada perangkat keras karena hanya mendefinisikan struktur informasi yang digunakan saat komunikasi antarperangkat [14], [15].



Gambar 2. Diagram alir rancangan sistem portal parkir.

Alur kerja sistem portal parkir yang dirancang adalah sebagai berikut.

- Kartu akses masuk yang berupa kartu dosen, kartu pegawai, atau kartu tanda mahasiswa ditempelkan pada *smart card reader*.
- *Smart card reader* akan membaca informasi nomor *unique identifier* (UID) yang terdapat pada kartu akses dan mengirimkannya ke unit kontrol.
- Apabila kartu akses masuk berhasil dibaca, unit kontrol akan menyimpan nomor UID dari kartu akses masuk ke dalam *buffer* memori internal pada unit kontrol.
- Setelah itu, kamera CCTV akan memotret pelat nomor kendaraan yang akan masuk.
- Unit kontrol kemudian akan membuat *file* dengan nama *file* dari hasil foto dengan format berupa tanggal, waktu, dan nomor UID kartu yang digunakan.
- Hasil foto yang sudah memiliki format nama yang sesuai kemudian akan disimpan pada memori *microSD* yang dipasang pada unit kontrol.
- Apabila foto sudah berhasil disimpan, unit kontrol selanjutnya akan mengirim sinyal perintah ke portal parkir untuk membuka.
- Portal parkir kemudian akan mendeteksi kendaraan, sudah melewati portal atau belum, menggunakan *loop-sensor*. Apabila kendaraan belum melewati portal,

portal akan tetap terbuka. Apabila kendaraan sudah melewati portal, portal parkir akan tertutup dan sinyal tanda dikirimkan ke unit kontrol agar dapat dilakukan proses perulangan kembali seperti yang disebutkan pada poin pertama.

Untuk memperjelas cara kerja sistem portal parkir, Gambar 2 memperlihatkan diagram alir alur kerja sistem portal parkir tersebut.

B. PERANCANGAN SISTEM EVALUASI KINERJA

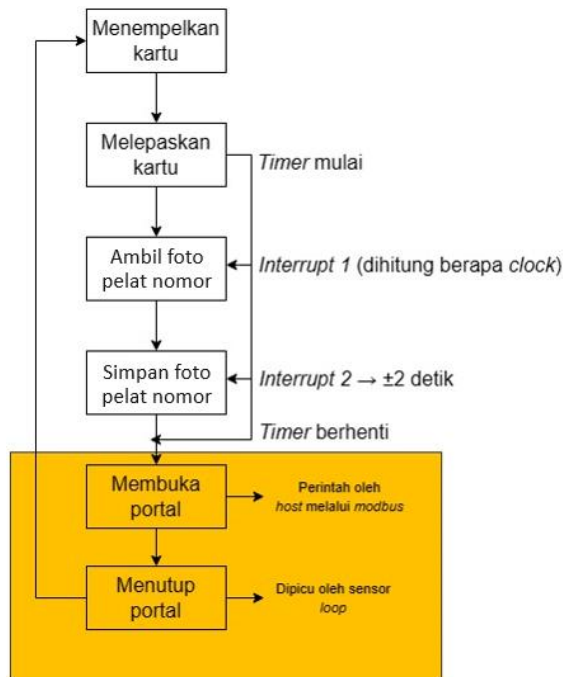
Fokus pada penelitian ini adalah melakukan pengujian untuk membandingkan kinerja setiap unit kontrol yang digunakan. Oleh sebab itu, tidak semua bagian sistem portal parkir diimplementasikan pada proses pengujian dalam penelitian ini. Pada penelitian ini, pengujian hanya dilakukan pada bagian tertentu sistem portal parkir, yaitu mulai dari menempelkan *smart card* hingga menyimpan hasil foto dari kamera CCTV ke dalam memori *microSD* yang terpasang pada unit kontrol.

Menurut penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya [16]-[20], umumnya proses yang memerlukan komputasi relatif tinggi pada sebuah unit kontrol yang berupa sistem tertanam adalah proses pengambilan dan penyimpanan citra dari kamera CCTV. Hal ini terjadi karena pemrosesan data citra dengan resolusi yang tinggi memerlukan komputasi yang cukup berat bagi unit kontrol yang memiliki sumber daya komputasi yang terbatas.

Walaupun demikian, implementasi pengambilan dan penyimpanan citra menggunakan perangkat sistem tertanam sangat mungkin untuk dilakukan. Penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa arsitektur mikroprosesor ARM sangat memungkinkan digunakan untuk melakukan pengambilan dan pemrosesan citra dari kamera [21]. Hal tersebut juga diperkuat dengan penelitian lainnya yang membuktikan bahwa beberapa *single board computer* berbasis arsitektur mikroprosesor ARM, seperti Raspberry Pi dan Orange Pi dapat digunakan untuk melakukan pemrosesan data citra dan pengambilan citra dari kamera [22].

Kemudian, alasan lain hanya dilakukan proses sampai menyimpan hasil foto ke dalam memori internal unit kontrol adalah terdapatnya variabel eksternal pada bagian proses membuka dan menutup portal parkir. Salah satu variabel eksternal yang dimaksud adalah perbedaan waktu yang dibutuhkan oleh pengendara untuk meninggalkan portal parkir setelah portal terbuka. Hal ini menyebabkan durasi antara membuka dan menutup portal memiliki nilai yang berbeda-beda pada implementasinya. Tentu saja apabila seluruh bagian sistem diujikan, hasil penelitian ini menjadi tidak seimbang. Gambar 3 menunjukkan diagram alir dari alur evaluasi kinerja yang digunakan.

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang adil antara unit-unit kontrol yang digunakan, proses evaluasi kinerja dilakukan dengan bantuan sebuah mikrokontroler sebagai pencatat waktu komputasi yang terpasang secara eksternal [23]. Mikrokontroler tersebut perlu dihubungkan dengan unit kontrol dengan menghubungkan *pin general-purpose input/output* (GPIO) pada unit kontrol dengan *pin* GPIO pada mikrokontroler. Selanjutnya, mikrokontroler akan melakukan perhitungan berdasarkan *timer/counter*. Pada saat unit kontrol mulai mengeksekusi tugas, GPIO unit kontrol akan memicu *interrupt* pada mikrokontroler. Saat unit kontrol selesai mengeksekusi tugas, GPIO unit kontrol akan kembali memicu *interrupt* pada mikrokontroler. Dari proses tersebut,



Gambar 3. Proses evaluasi kinerja yang hanya mengambil bagian tertentu (bagian yang tidak diarsir).

TABEL I
 PEMETAAN *Pin* UNTUK MENGHUBUNGKAN UNIT KONTROL DENGAN MIKROKONTROLER

Pin pada Unit Kontrol		Pin pada Mikrokontroler
Raspberry Pi 3B / 4B	Orange Pi Zero Plus	ESP32
Pin 23	Pin 3	Pin 16
Pin 24	Pin 5	Pin 17
Pin 17	Pin 7	Pin 19

mikrokontroler akan menyimpan nilai hasil perhitungan yang sudah berjalan sesuai dengan pemicu *interrupt* yang ada. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 karena menyediakan *pin* GPIO yang juga dapat digunakan sebagai *pin interrupt* [24]. Tabel I menunjukkan pemetaan *pin* antara unit kontrol dan mikrokontroler yang digunakan untuk evaluasi kinerja.

III. HASIL PENGUJIAN

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa skenario. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa perangkat sistem tertanam, yaitu Raspberry Pi 3B, Raspberry Pi 4B, dan Orange Pi Zero Plus. Kemudian, pengujian juga dilakukan dengan menggunakan beberapa *microSD* dengan merek berbeda, yaitu Sandisk, VGEN, dan Maestro. *MicroSD* yang digunakan adalah *microSD* kelas 10, sehingga sudah memiliki kecepatan yang tinggi dan tidak menyebabkan terjadinya *bottleneck* pada saat proses pengujian. *MicroSD* kelas 10 juga sudah mendukung format video yang memiliki resolusi hingga 4K. Masing-masing *microSD* tersebut diuji pada tiap perangkat sistem tertanam yang digunakan.

Pada pengujian ini, resolusi citra yang diambil dari kamera CCTV adalah 720p atau biasa disebut dengan kualitas HD. Setiap pengujian dilakukan dengan menggunakan satu buah CCTV yang sama. Pada setiap pengujian, dilakukan sepuluh kali pengambilan data, lalu rata-rata dari nilai yang diperoleh dihitung.

Sistem operasi yang digunakan pada Raspberry Pi 3B dan Raspberry Pi 4B adalah Raspbian Buster, dengan versi *kernel*

TABEL II
PENGUJIAN DENGAN *MICROSD* SANDISK, VGEN, DAN MAESTRO

Per-coba-an	Total Durasi (ms)			Durasi Mengambil Gambar (ms)			Durasi Menyimpan Gambar (ms)		
	S	V	M	S	V	M	S	V	M
1	1.919	1.835	2.036	1.871	1.786	1.912	48	49	124
2	1.942	1.828	2.066	1.828	1.778	1.953	114	50	113
3	1.934	1.945	1.983	1.869	1.895	1.871	65	50	112
4	1.934	2.016	2.050	1.882	1.904	1.937	52	112	113
5	1.925	1.938	1.980	1.877	1.889	1.867	48	49	113
6	1.942	2.022	2.095	1.849	1.972	1.981	93	50	114
7	1.849	2.039	1.930	1.800	1.925	1.817	49	114	113
8	1.946	1.988	2.101	1.841	1.939	1.987	105	49	114
9	1.813	1.870	1.953	1.764	1.821	1.842	49	49	111
10	1.964	1.966	2.034	1.847	1.882	1.919	117	84	115
Rata-rata	1.917	1.945	2.023	1.843	1.879	1.909	74	65,6	114,2

Ket.: S: Sandisk, V: VGEN, M: Maestro

TABEL III
PENGUJIAN DENGAN *MICROSD* SANDISK, VGEN, DAN MAESTRO

Per-coba-an	Total Durasi (ms)			Durasi Mengambil Gambar (ms)			Durasi Menyimpan Gambar (ms)		
	S	V	M	S	V	M	S	V	M
1	2.045	1.882	2.068	1.961	1.801	1.986	84	81	82
2	2.064	1.847	1.954	1.982	1.765	1.872	82	82	82
3	2.062	1.812	1.985	1.976	1.730	1.902	86	82	83
4	2.006	1.847	2.068	1.922	1.760	1.986	84	87	82
5	2.060	1.778	2.048	1.976	1.745	1.959	84	33	89
6	2.020	1.744	2.099	1.934	1.663	2.016	86	81	83
7	2.046	1.869	2.076	1.963	1.788	1.993	83	81	83
8	2.050	1.836	2.036	1.966	1.754	1.930	84	82	106
9	2.025	1.829	2.065	1.939	1.747	1.981	86	82	84
10	1.941	1.835	2.047	1.858	1.754	1.964	83	81	83
Rata-rata	2.032	1.828	2.045	1.948	1.751	1.959	84,2	77,2	85,7

Ket.: S: Sandisk, V: VGEN, M: Maestro

Linux 5.10, sedangkan pada Orange Pi Zero Plus digunakan sistem operasi Armbian Buster dengan versi *kernel* Linux 5.15. Kedua sistem operasi tersebut berbasis sistem operasi Debian versi 10 (kode nama Buster) yang telah disesuaikan agar dapat berjalan dengan baik pada perangkat sistem tertanam yang memiliki prosesor berbasis ARM. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Python versi 3. Berikut ini adalah hasil pengujian yang telah dilakukan pada beberapa skenario seperti sudah dijelaskan sebelumnya.

A. PENGUJIAN PADA RASPBERRY PI 3B

Pengujian dilakukan menggunakan perangkat keras Raspberry Pi 3B. Tabel II menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengambil foto dan menyimpannya di *memory card* adalah 1.917 ms, 1.945 ms, dan 2.023 ms.

B. PENGUJIAN PADA RASPBERRY PI 4B

Pengujian ini dilakukan menggunakan perangkat keras Raspberry Pi 4B. Tabel III menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengambil foto dan menyimpannya di *memory card* adalah 2.032 ms, 1.828 ms, dan 2.045 ms.

C. PENGUJIAN PADA ORANGE PI ZERO PLUS

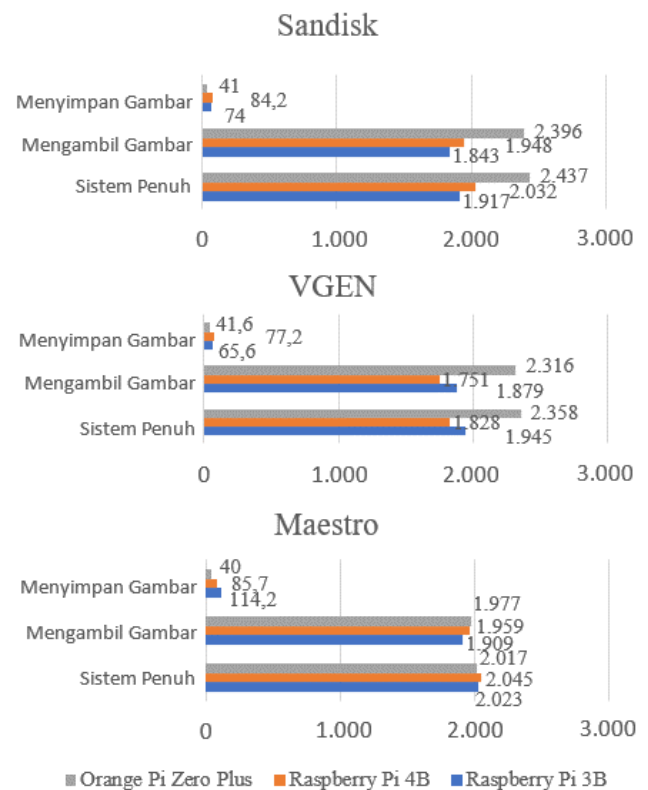
Pengujian ini dilakukan menggunakan perangkat keras Orange Pi Zero Plus. Tabel IV menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengambil foto dan menyimpannya di *memory card* adalah 2.437 ms, 2.358 ms, dan 2.017 ms.

Dari hasil percobaan, dibuat grafik perbandingan antara perangkat yang diujikan, yaitu pertama pengujian

TABEL IV
PENGUJIAN DENGAN *MICROSD* SANDISK, VGEN, MAESTRO

Per-coba-an	Total Durasi (ms)			Durasi Mengambil Gambar (ms)			Durasi Menyimpan Gambar (ms)		
	S	V	M	S	V	M	S	V	M
1	2.165	2.203	2.119	2.124	2.162	2.079	41	41	40
2	2.564	2.632	1.971	2.523	2.589	1.931	41	43	40
3	2.312	2.405	1.997	2.272	2.365	1.957	40	40	40
4	2.610	2.418	2.068	2.567	2.377	2.028	43	41	40
5	2.235	2.489	1.927	2.195	2.446	1.887	40	43	40
6	2.652	2.429	2.113	2.609	2.386	2.073	43	43	40
7	2.455	2.150	1.913	2.415	2.110	1.873	40	40	40
8	2.348	2.254	1.946	2.308	2.213	1.906	40	41	40
9	2.531	2.079	2.071	2.491	2.038	2.031	40	41	40
10	2.498	2.520	2.047	2.456	2.477	2.007	42	43	40
Rata-rata	2.437	2.358	2.017	2.396	2.316	1.977	41	41,6	40

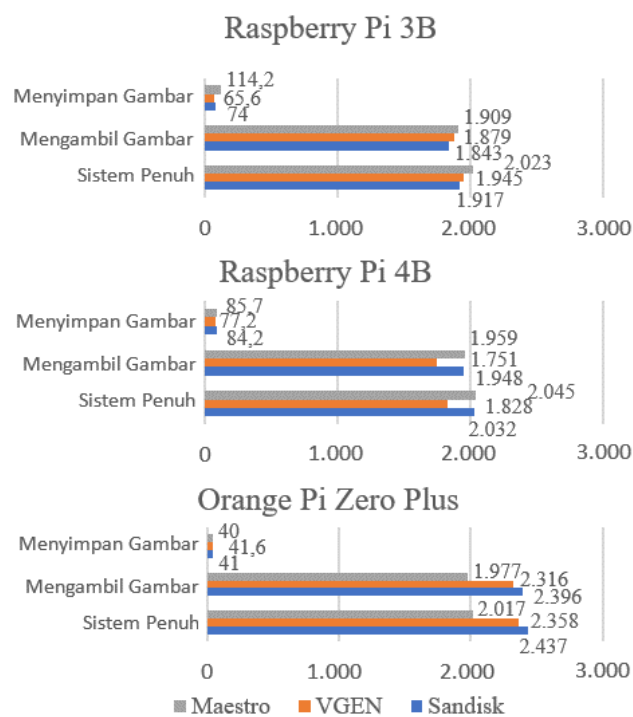
Ket.: S: Sandisk, V: VGEN, M: Maestro



Gambar 4. Perbandingan kecepatan proses antara Raspberry Pi 3B, Raspberry Pi 4B, dan Orange Pi Zero Plus dengan tiga *microSD* yang berbeda.

menggunakan perangkat sistem tertanam yang berbeda dengan *microSD* yang sama dan yang kedua dengan menggunakan sistem tertanam yang sama dengan *microSD* yang berbeda. Gambar 4 menunjukkan hasil perbandingan pengujian pertama dan Gambar 5 menunjukkan hasil perbandingan pengujian kedua.

Dari grafik pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa perangkat Raspberry Pi 3B memiliki waktu rata-rata untuk mengambil citra yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan perangkat Raspberry Pi 4B dan Orange Pi Zero Plus. Akan tetapi, untuk kasus menyimpan citra pada *microSD*, perangkat Orange Pi Zero Plus memiliki waktu rata-rata yang relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan perangkat Raspberry Pi 3B dan Raspberry Pi 4B. Dari grafik tersebut juga terlihat bahwa perangkat Raspberry Pi 4B memiliki kecepatan rata-rata pengambilan citra dan penyimpanan citra yang berada di antara perangkat Raspberry Pi 3B dan Orange Pi Zero Plus.



Gambar 5. Perbandingan kecepatan memori microSD Sandisk, VGEN, dan Maestro pada Raspberry Pi 3B, Raspberry Pi 4B, dan Orange Pi Zero Plus.

Kondisi seperti pada grafik di Gambar 4 dapat disebabkan oleh perbedaan spesifikasi yang dimiliki oleh perangkat sistem tertanam maupun sistem operasi yang digunakan. Waktu komputasi pada Orange Pi Zero Plus hampir selalu menjadi yang terlama jika dilihat dari waktu komputasi gabungan dari proses pengambilan citra dan penyimpanan citra. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh prosesor yang memiliki *base frequency* paling rendah jika dibandingkan dua perangkat sistem tertanam lainnya, yaitu sebesar 400 MHz, walaupun memiliki *turbo frequency* hingga 1,4 GHz. Selain itu, perangkat ini juga memiliki memori RAM yang relatif kecil, yaitu sebesar 512 MB. Perangkat Orange Pi Zero Plus juga menggunakan sistem operasi Armbian yang tidak secara resmi didukung oleh pengembang Orange Pi, sehingga dapat menyebabkan beberapa proses tidak bekerja secara optimal.

Raspberry Pi 4B tercatat memiliki waktu komputasi tercepat pada proses gabungan pengambilan dan penyimpanan citra. Hal tersebut dapat disebabkan oleh spesifikasi perangkat yang lebih baik. Raspberry Pi 4B menggunakan prosesor keluaran terbaru, yaitu pada kuartal kedua tahun 2019. Sebagai perbandingan, prosesor pada Orange Pi Zero Plus mulai dipasarkan pada kuartal keempat tahun 2017, sedangkan prosesor pada Raspberry Pi 3B mulai dipasarkan pada kuartal pertama tahun 2016. Prosesor pada Raspberry Pi 4B memiliki kinerja paling baik karena memiliki *base frequency* tertinggi, yaitu 1,5 GHz. Selain itu, perangkat Raspberry Pi 4B juga sudah didukung oleh memori RAM dengan ukuran paling besar dan bertipe LPDDR4 dengan *clock* sebesar 3.200 MHz, paling tinggi jika dibandingkan dua perangkat sistem tertanam lainnya. Perangkat ini juga sudah menggunakan sistem operasi Raspbian yang didukung secara resmi oleh pengembang Raspberry, sehingga memiliki dukungan dan kompatibilitas yang lebih baik.

Dari grafik pada Gambar 5, tampak bahwa microSD yang berbeda memiliki kecepatan yang relatif sama, tergantung pada perangkat sistem tertanam yang digunakan. Namun, yang menarik dari hasil percobaan ini adalah hasil pada penggunaan

TABEL V
 PERBANDINGAN RATA-RATA WAKTU PERCOBAAN PENGAMBILAN CITRA, PENYIMPANAN CITRA, DAN KONSUMSI DAYA PADA BEBERAPA PLATFORM PERANGKAT KERAS DENGAN JENIS MEMORI YANG BERBEDA

Platform Perangkat Keras	Memori	Komputasi (ms)			Konsumsi Daya (watt)
		Mengambil Citra	Menyimpan Citra	Rata-Rata Total	
Raspberry Pi 3B	Sandisk	1.842,8	74,0	1.916,8	3,9
	VGEN	1.879,1	65,6	1.944,7	
	Maestro	1.908,6	114,2	2.022,8	
Raspberry Pi 4B	Sandisk	1.947,7	84,2	2.031,9	2,9
	VGEN	1.750,7	77,2	1.827,9	
	Maestro	1.958,9	85,7	2.044,6	
Orange Pi Zero Plus	Sandisk	2.396,0	41,0	2.437,0	1,9
	VGEN	2.316,3	41,6	2.357,9	
	Maestro	1.977,2	40,0	2.017,2	

Raspberry Pi 4B dengan microSD VGEN. Pada grafik tersebut, dapat dilihat bahwa jika waktu pengambilan citra dan waktu penyimpanan citra pada microSD dihitung, perangkat Raspberry Pi 4B memiliki waktu rata-rata gabungan paling cepat dibandingkan dua unit kontrol lainnya. Rangkuman hasil percobaan ini disajikan pada Tabel V.

Grafik pada Gambar 5 juga menunjukkan bahwa hasil pengujian microSD yang sama dapat memiliki kecepatan yang berbeda apabila digunakan pada perangkat sistem tertanam yang berbeda. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan tingkat kompatibilitas perangkat sistem tertanam terhadap microSD yang digunakan. Dari ketiga microSD yang diuji, microSD Maestro memiliki kecepatan baca dan tulis terendah. Walaupun microSD tersebut memiliki spesifikasi kecepatan baca dan tulis maksimal yang berbeda-beda, pada pengujian ini terlihat bahwa perbedaan kecepatan tidak signifikan. Kondisi tersebut terjadi karena perangkat sistem tertanam tidak mencapai kecepatan maksimal ketika melakukan proses tulis pada microSD saat menyimpan citra. microSD yang disisipkan pada perangkat sistem tertanam juga digunakan untuk memuat sistem operasi. Hal tersebut ikut memengaruhi kecepatan penyimpanan citra karena sebagian sumber daya microSD juga digunakan untuk sistem operasi.

Perangkat Orange Pi Zero Plus terlihat memiliki waktu penyimpanan citra paling cepat dibandingkan dengan dua perangkat sistem tertanam lainnya. Kondisi tersebut dapat terjadi karena sistem operasi Armbian yang digunakan relatif lebih ringan jika dibandingkan dengan sistem operasi Raspbian yang digunakan oleh perangkat Raspberry Pi 3B dan Raspberry Pi 4B.

Pada penelitian ini, dilakukan juga pengambilan data konsumsi energi dari setiap perangkat sistem tertanam yang digunakan. Data konsumsi energi tersebut diperoleh dari rata-rata energi yang digunakan pada setiap pengambilan data komputasi pengambilan citra dan penyimpanan citra pada microSD. Data konsumsi energi diukur menggunakan kWh meter yang nilainya diambil pada saat sistem melakukan proses pengambilan gambar dan penyimpanan gambar ke *memory card*. Tabel V juga menunjukkan perbandingan penggunaan konsumsi dari setiap perangkat sistem tertanam yang digunakan.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Raspberry Pi 4B yang dikombinasikan

dengan *memory card* VGEN memiliki kemampuan komputasi tercepat dalam proses pengambilan dan penyimpanan citra jika dibandingkan dengan Raspberry Pi 3B dan Orange Pi Zero Plus. Jika dilihat dari konsumsi daya, Orange Pi Zero Plus memiliki konsumsi daya terendah dalam proses pengambilan dan penyimpanan citra jika dibandingkan dengan Raspberry Pi 3B dan Raspberry Pi 4B. Sementara itu, *memory card* yang digunakan tidak terlalu berpengaruh terhadap kecepatan pengambilan dan penyimpanan citra.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tim Penulis menyatakan bahwa artikel yang berjudul “Evaluasi Platform Perangkat Keras Sistem Tertanam untuk Unit Kontrol Parkir Otomatis” ditulis dengan bebas dari konflik kepentingan.

KONTRIBUSI PENULIS

Konseptor, Wahyu Dewanto; penulisan—penyusunan draf asli, Agung Fathurrahman; peninjauan dan penyuntingan, Agus Bejo.

REFERENSI

- [1] N. Jesani dkk., “Smart Card for Various Application in Institution,” *2020 IEEE Int. Stud. Conf. Elect. Electron., Comput. Sci. (SCEECS)*, 2020, hal. 1–5, doi: 10.1109/SCEECS48394.2020.26.
- [2] R. Bankar dkk., “A Review on IoT Based Smart Card System for Students,” *2020 4th Int. Conf. Invent. Syst., Control (ICISC)*, 2020, hal. 1–3, doi: 10.1109/ICISC47916.2020.9171219.
- [3] H. Taherdoost dan M. Masrom, “An Examination of Smart Card Technology Acceptance Using Adoption Model,” *Proc. ITI 2009 31st Int. Conf. Inf. Technol. Interfaces*, 2009, hal. 329–334, doi: 10.1109/ITI.2009.5196103.
- [4] A. Bejo, M.F. Hamzah, dan A. Suwastono, “Perancangan Smart Card Reader Menggunakan STM32F4 Discovery Kit,” *J. Nas. Tek. Elekt., Teknol. Inf.*, Vol. 6, No. 3, hal. 342–351, Agu. 2017, doi: 10.22146/jnteti.v6i3.337.
- [5] A. Suryanto dkk., “Optimalisasi Keluaran Panel Surya Menggunakan Solar Tracker Berbasis Kamera Terintegrasi Raspberry Pi,” *J. Nas. Tek. Elekt., Teknol. Inf.*, Vol. 10, No. 3, hal. 282–290, Agu. 2021, doi: 10.22146/jnteti.v10i3.1142.
- [6] M.R.A. Cahyono, I. Mariza, dan Wirawan, “Sistem Pemantauan dan Pengendalian Sepeda Listrik Berbasis Internet of Things,” *J. Nas. Tek. Elekt., Teknol. Inf.*, Vol. 11, No. 1, hal. 53–60, Feb. 2022, doi: 10.22146/jnteti.v11i1.3183.
- [7] K. Kasym dkk., “Parking Gate Control Based on Mobile Application,” *2018 Jt. 7th Int. Conf. Inform. Electron., Vis. (ICIEV), 2018 2nd Int. Conf. Imag. Vis., Pattern Recognit. (icIVPR)*, 2018, hal. 399–403, doi: 10.1109/ICIEV.2018.8640954.
- [8] R. Yasirandi, Y.A. Setyoko, dan P. Sukarno, “Security Document for Smart Parking Gate based on Common Criteria Framework,” *2019 7th Int. Conf. Inf., Commun. Technol. (ICoICT)*, 2019, hal. 1–8, doi: 10.1109/ICoICT.2019.8835234.
- [9] C.C. How dkk., “Smart Parking Reservation Mobile Application,” *2022 IEEE Int. Conf. Distrib. Comput., Elect. Circuits, Electron. (ICDCECE)*, 2022, hal. 1–5, doi: 10.1109/ICDCECE53908.2022.9792684.
- [10] N.O. Nwazor, “A Raspberry Pi Based Speaker Recognition System for Access Control,” *2019 Int. Res. J. Eng., Technol. (IRJET)*, Vol. 6, No. 3, Mar. 2019, hal. 7412–7419.
- [11] A. Bejo, R. Winata, dan S.S. Kusumawardani, “Prototyping of Class-Attendance System Using Mifare 1K Smart Card and Raspberry Pi 3,” *2018 Int. Symp. Electron., Smart Devices (ISESD)*, 2018, hal. 1–5, doi: 10.1109/ISESD.2018.8605442.
- [12] B.N. Rao dan R. Sudheer, “Surveillance Camera using IoT and Raspberry Pi,” *2020 2nd Int. Conf. Invent. Res. Comput. Appl. (ICIRCA)*, 2020, hal. 1172–1176, doi: 10.1109/ICIRCA48905.2020.9182983.
- [13] A.H.H. Basri, S.N. Ibrahim, N.A. Malik, dan A.L. Asnawi, “Integrated Surveillance System with Mobile Application,” *2018 7th Int. Conf. Comput., Commun. Eng. (ICCCE)*, 2018, hal. 218–222, doi: 10.1109/ICCCE.2018.8539244.
- [14] Z. Jiang, Z. Si, dan C. Luo, “Design & Implementation to an RFID Based Conference Management System,” *2014 10th Int. Conf. Comput. Intell., Secur.*, 2014, hal. 143–147, doi: 10.1109/CIS.2014.29.
- [15] W. You dan H. Ge, “Design and Implementation of Modbus Protocol for Intelligent Building Security,” *2019 IEEE 19th Int. Conf. Commun. Technol. (ICCT)*, 2019, hal. 420–423, doi: 10.1109/ICCT46805.2019.8946996.
- [16] H. Wang, X. You, dan R. Wang, “Design of Image Capture and Transmission Embedded System for Remote Monitoring,” *2012 8th Int. Conf. Inf. Sci., Digit. Content Technol. (ICIDT2012)*, 2012, hal. 661–664.
- [17] K. Loukil dkk., “Design and Test of Smart IP-Camera Within Reconfigurable Platform,” *2017 2nd Int. Conf. Anti-Cyber Crimes (ICACC)*, 2017, hal. 25–29, doi: 10.1109/Anti-Cybercrime.2017.7905257.
- [18] L.M. Fawzi, S.Y. Ameen, S.M. Alqaraawi, dan S.A. Dawwd, “Embedded Real-Time Video Surveillance System Based on Multi-Sensor and Visual Tracking,” *Appl. Math., Inf. Sci.*, Vol. 12, No. 2, hal. 345–359, Mar. 2018, doi: 10.18576/amis/120209.
- [19] T.A. Mounir dkk., “Performance Evaluation of Basic Image Processing Algorithms in CPU, GPU, Raspberry Pi and FPGA,” *Int. J. Comput. Sci. Eng. (IJCSSE)*, Vol. 9, No. 4, hal. 312–325, Jul.–Agu. 2020.
- [20] E. Harwood, *Digital CCTV: A Security Professional’s Guide*. Amsterdam, Netherlands: Butterworth-Heinemann, 2007.
- [21] G. Yang dan K. Shen, “ARM9 Embedded System of the Image Acquisition and Processing,” *2010 Int. Conf. Anti-Counterfeiting Secur., Identif.*, 2010, hal. 138–141, doi: 10.1109/ICASID.2010.5551517.
- [22] A. Mishra dan A. Dixit, “Embedded Image Capturing & Digital Converting Process Using Raspberry Pi System Interfacing and Comparison of Generation 2 Verses Generation 1 Models in Raspberry Pi,” *Int. J. Comput. Sci., Inf. Technol. (IJCSIT)*, Vol. 6, No. 2, hal. 1798–1801, Mar.–Apr. 2015.
- [23] V.B. Vales dkk., “Fine Time Measurement for the Internet of Things: A Practical Approach Using ESP32,” *IEEE Internet Things J.*, Vol. 9, No. 19, hal. 18305–18318, Okt. 2022, doi: 10.1109/JIOT.2022.3158701.
- [24] Espressif Systems, “ESP32 Series Datasheet,” ESP32 Series Datasheet v4.3, 2023.