

Jurnal Politeknik Caltex Riau

Terbit Online pada laman <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>

| e- ISSN : 2460-5255 (Online) | p- ISSN : 2443-4159 (Print) |

## Sistem Terintegrasi untuk Mendeteksi Perubahan Lingkungan dengan Algoritma *Frame Difference* dan *Dynamic - Adaptive Template Matching* menggunakan *Raspberry Pi* dan *Virtual Private Network (VPN)*

Ardianto Wibowo<sup>1</sup>, M Ihsan Zul<sup>2</sup>, M Arif Fadly Ridha<sup>3</sup>, dan M Mahrus Zain<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Teknik Informatika, Politeknik Caltex Riau, email: ardie@pcr.ac.id

<sup>2</sup> Teknik Informatika, Politeknik Caltex Riau, email: ihsan@pcr.ac.id

<sup>3</sup> Teknik Informatika, Politeknik Caltex Riau, email: fadhly@pcr.ac.id

<sup>4</sup> Sistem Informasi, Politeknik Caltex Riau, email: mahrus@pcr.ac.id

### [1] Abstrak

Perubahan lingkungan diartikan terjadi perubahan kondisi dari sebuah kondisi ideal. Kondisi orang masuk ke dalam rumah kosong serta kendaraan parkir di tempat yang tidak seharusnya merupakan contoh kondisi perubahan lingkungan, serta marak terjadi di masyarakat. Untuk itu, diperlukan sebuah solusi yang bisa memberikan alarm / notifikasi secara otomatis apabila terjadi kondisi tersebut kepada pengguna terdaftar. Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem terintegrasi yang mempunyai kemampuan mendeteksi adanya perubahan kondisi lingkungan, seperti adanya orang asing di dalam rumah ataupun terjadinya parkir liar, melalui pemantauan kamera IP yang terhubung dengan server. Citra yang ditangkap melalui Kamera IP diolah menggunakan algoritma *Frame Difference*, untuk selanjutnya diputuskan apakah termasuk sebuah kondisi lingkungan berubah ataupun tidak. Dibandingkan dengan Kamera IP konvensional ataupun Kamera IP yang didalamnya sudah terdapat fitur *motion detection*, sistem hasil penelitian ini mempunyai keunggulan dari sisi fleksibilitas bentuk notifikasi serta fleksibilitas koneksi internet.

**Kata kunci:** perubahan lingkungan, parkir liar, *frame differences*, kamera IP

### [2] Abstract

*Environmental change means a change in conditions from an ideal condition. The condition of people entering empty houses and parking vehicles in places that are not supposed to be examples of conditions of environmental change, as well as rife in society. For this reason, we need a solution that can provide an alarm / notification automatically in the event of this condition to registered users. This research develops an integrated system that has the ability to detect changes in environmental conditions, such as the occurrence of illegal parking or the presence of strangers in the house, through monitoring of connected IP cameras. The image captured through an IP camera is processed using the *Frame Difference* algorithm, to further be decided*

*whether it includes an environmental condition changes or not. Compared to conventional IP cameras or IP cameras that include motion detection features, this research system has advantages in terms of notification form flexibility and internet connection flexibility.*

**Keywords:** *environmental changes, illegal parking, frame differences, IP cameras*

---

## 1. Pendahuluan

Retribusi parkir merupakan salah satu potensi yang dimiliki oleh setiap daerah untuk meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD). Biasanya, daerah mengatur retribusi parkir dalam bentuk PERDA. Apabila retribusi parkir dikelola dengan baik dan benar, kebocoran PAD dari sektor ini dapat diminimalisir. Apabila permasalahan parkir liar tidak ditangani secara serius dan semakin menjamur di setiap daerah di Indonesia, maka selain kerugian PAD semakin tinggi, masyarakat juga dibuat resah.

Selain parkir liar, pencurian rumah kosong merupakan salah satu kejadian yang sering terjadi di masyarakat. Ketika pemilik rumah pergi, pencuri bisa dengan leluasa masuk ke dalam rumah dan mengambil barang-barang milik korban. Frekuensi pencurian rumah kosong biasanya meningkat pada waktu-waktu sekitar lebaran, dimana pemilik rumah sedang mudik.

Salah satu usaha yang bisa dilakukan adalah dengan memasang Kamera IP / CCTV konvensional. Akan tetapi, prinsip kerja dari Kamera IP / CCTV konvensional adalah sebagai perekam kejadian. Dimana ketika tindak parkir liar atau pencurian terjadi, pengguna hanya bisa melihat rekaman Kamera IP / CCTV tersebut sebagai barang bukti ke polisi. Dengan kata lain, Kamera IP / CCTV konvensional tidak bisa memberitahukan kepada pengguna ketika aktivitas pencurian sedang terjadi, sehingga tidak bisa dilakukan tindakan pencegahan. Apabila permasalahan parkir liar sesuai uraian diatas tidak segera ditangani dan semakin menjamur di setiap daerah di Indonesia, maka selain kerugian PAD semakin tinggi, masyarakat juga dibuat resah. Salah satu solusi yang bisa dilakukan adalah dengan memasang kamera CCTV di area yang dicurigai terjadi parkir liar. Akan tetapi solusi tersebut memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah kamera CCTV memerlukan kabel yang lebih banyak untuk power, data dan video, serta lebih mudah dipengaruhi noise dan interferensi. Sebuah kamera CCTV merekam semua kegiatan kedalam sebuah media penyimpanan berupa kaset pada alat decoder atau DVR (Digital Video Recorder) Namun hal ini sangat rawan dan bisa dimanfaatkan oleh oknum yang tidak bertanggung jawab dengan mengambil rekaman dan menghilangkan barang bukti. Selain itu, CCTV harus dipantau secara terus menerus oleh aparat terkait selama 1x24 jam agar bisa segera bertindak apabila terjadi parkir liar.

Terkait dengan permasalahan tersebut, CCTV mulai digantikan dengan kamera IP. Beberapa kamera IP telah dilengkapi oleh fitur deteksi gerak. Hanya saja, menurut [1] disampaikan bahwa pendeteksian gerak bawaan pada kamera IP tersebut dikomunikasikan dengan menggunakan protocol FTP. Sehingga, setiap citra objek yang dianggap bergerak, dikirimkan ke FTP server melalui protocol FTP. Proses ini tergolong mudah karena hanya membutuhkan beberapa pengaturan sederhana di sistem IP Camera. Akan tetapi pemanfaatan FTP ini tidak memungkinkan dilakukan pengaturan pola pemantauan dan deteksi gerak yang disesuaikan dengan kondisi area atau objek yang dipantau. Keadaan ini terjadi karena pendeteksian yang akan dirancang untuk keperluan pemantauan dan keamanan. Sehingga, perlu dikembangkan sebuah metode pendeteksian gerak dengan menggunakan web server yang dipasang aplikasi pendeteksi gerak.

Menurut [2], terdapat beberapa metode deteksi gerak yang bisa diterapkan, yaitu background subtraction, optical flow, dan temporal difference (frame difference). Agar deteksi gerak lebih bisa adaptif terhadap perubahan lingkungan, beberapa penelitian lain juga telah dikembangkan.

Penelitian [3] memanfaatkan konsep Sum of Absolute Difference (SAD) untuk mendeskripsikan kombinasi background subtraction dan frame difference. Kemudian [4] menggunakan kombinasi Frame Difference dan Frame Substraction. Algoritma Frame Difference digunakan untuk memeriksa objek-objek pada citra. Apabila objek terdeteksi, maka diterapkan algoritma Frame Substraction untuk mendeteksi posisi objek dimana data posisi dikumpul menjadi gerakan. Kombinasi antara frame difference dan dynamic template matching dilakukan oleh [5], dimana citra referensi bisa berubah secara dinamis sesuai dengan perubahan kondisi. Tingkat akurasi yang sudah diuji mencapai 95.5 dengan lingkungan implementasi masih dibatasi di dalam ruangan yang telah dikondisikan stabil.

Dari beberapa penelitian yang telah disampaikan, salah satu hal yang belum tercakup adalah terkait implementasi arsitektur sistem di lingkungan operasional yang sesuai dengan masalah yang dipecahkan. Penerapan di lingkungan operasional memerlukan lebih dari 1 titik pemantauan, dimana karakter setiap titik mempunyai perbedaan. Sehingga, pengaturan parameter deteksi juga berbeda dan harus ada penyesuaian setiap saat. Potensi masalah yang timbul adalah diperlukannya usaha lebih dari pengguna untuk mengatur parameter deteksi tersebut dengan datang ke setiap titik pemantauan secara berkala untuk meminimalisir tidak akuratnya proses deteksi. Untuk itu, perangkat deteksi yang ditempatkan di setiap titik pemantauan harus bisa berkomunikasi 2 arah dengan server menggunakan jaringan GSM, dimana perangkat deteksi bisa ditempatkan secara fleksibel sesuai kebutuhan pengguna.

Terkait dengan fokus permasalahan yang telah disampaikan, penelitian pada paper ini menawarkan sebuah arsitektur sistem terintegrasi yang bisa diterapkan pada lingkungan operasional. Arsitektur ini memanfaatkan algoritma yang telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya dan mengkombinasikan dengan Raspberry Pi dan VPN (Virtual Private Network). Raspberry Pi dipergunakan untuk menjalankan algoritma deteksi pada setiap titik pantau. Sedangkan VPN dipergunakan untuk menjaga komunikasi 2 arah antara server dengan setiap titik pantau. Algoritma yang dijadikan acuan dan dipergunakan adalah kombinasi antara frame difference serta dynamic-adaptive template matching, seperti yang telah dikembangkan oleh [5].

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Frame Difference

Mengacu pada [5], penggunaan frame difference dilakukan dengan cara membandingkan rata-rata komponen RGB pada setiap piksel. Persamaan 1 dan persamaan 2 berikut digunakan pada proses Kalibrasi:

$$g_o(x, y) = \frac{g_R(x, y) + g_G(x, y) + g_B(x, y)}{3} \quad (1)$$

$$f_o(x, y) = \frac{f_R(x, y) + f_G(x, y) + f_B(x, y)}{3}$$

$$(g_o(x, y) - T) \leq f_o(x, y) \leq (g_o(x, y) + T) \quad (2)$$

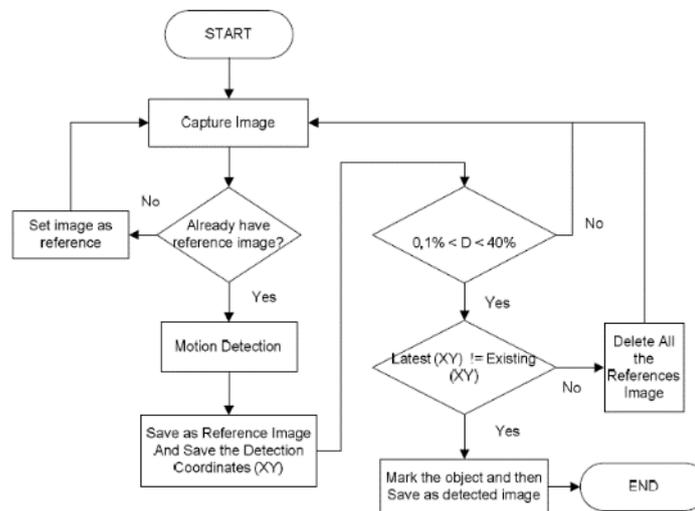
Dimana  $g_R$ ,  $g_G$ , dan  $g_B$  merupakan komponen dari gambar RGB yang ditangkap pada waktu  $t$ ,  $f_R$ ,  $f_G$ , dan  $f_B$  dari referensi citra. Kemudian  $f_o$ , dan  $g_o$  merupakan rata-rata nilai dari jumlah komponen warna RGB.  $T$  adalah threshold dari nilai RGB dalam perhitungan piksel obyek yang terdeteksi. Proses deteksi menggunakan persamaan 3 berikut:

$$D = \frac{\sum f_i^R(x, y) + \sum f_i^G(x, y) + \sum f_i^B(x, y)}{\sum f_R + \sum f_G + \sum f_B} \times 100\% \quad (3)$$

D merupakan total persentase perbedaan yang terdeteksi, dimana  $\sum f_i^R(x,y), \sum f_i^G(x,y), \sum f_i^B(x,y)$  merupakan jumlahan piksel yang terdeteksi oleh komponen warna RGB yang berbeda. Lalu  $\sum f_R, \sum f_G, \sum f_B$  merupakan jumlah total piksel dari sebuah citra yang diambil dari 3 komponen warna.

**2.2 Dynamic and Adaptive Template Matching**

Referensi citra yang digunakan merupakan referensi kombinasi pada waktu t-1, t-n, dan citra referensi baru jika scene (area yang tertangkap kamera) mengalami perubahan yang signifikan. Perubahan yang terjadi dapat berupa: (1) perubahan tingkat kecerahan obyek, pada kasus seperti nyala lampu hidup atau mati; (2) modikasi area yang tertangkap kamera, pada kasus kamera berpindah arah; (3) perubahan lingkungan, pada kasus terdapat obyek baru berada pada area yang tertangkap kamera, kemudian tetap berada di titik tersebut. Sesuai dengan [5], flowchart algoritma ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



**Gambar 1. Dynamic and Adaptive Template Matching**

**2.3 Raspberry Pi (RPi)**

**2.3.1 Hardware**

Menurut [6], salah satu keuntungan besar penggunaan RPi adalah biaya yang lebih murah dengan kinerja yang mencukupi dibandingkan dengan PC komputer di rentang harga yang sama. Model RPi yang digunakan dalam penelitian ini adalah model B, dimana mempunyai spesifikasi 512 MB RAM (Random Access Memory) dengan clock speed 700MHz. Bentuk RPi model B ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Raspberry Pi tipe B

### 2.3.2 Sistem Operasi

Sistem Operasi pada RPi bisa kita pasang pada sebuah kartu microSD yang kita pasang pada slot RPi. Kemudian, perintah-perintah berikut bisa dijalankan untuk menginstall Sistem Operasi tersebut [6]:

```
$ sudo apt-get update,  
$ sudo apt-get upgrade,  
$ sudo apt-get install,  
$ sudo startx.
```

Terdapat 2 model pengoperasian sistem operasi pada RPi, yaitu menggunakan GUI (Graphical User Interface) dan CLI (Command Line Interface). Kedua model pengoperasian tersebut berbasis Linux.

## 2.4 Virtual Private Network (VPN)

Berdasarkan [7], VPN merupakan sebuah jaringan yang menggunakan jaringan telekomunikasi public untuk keperluan jaringan private. VPN menyediakan akses jarak jauh ke jaringan internal suatu organisasi.

VPN mempunyai 3 jenis, yaitu: 1) Remote access VPN; 2) Site to site intranet based VPN; 3) Site to site extranet based VPN. Remote access VPN menggunakan koneksi LAN. Contoh kondisi yang sesuai untuk menggunakan remote access VPN adalah sebuah perusahaan besar dengan ribuan pekerja di lapangan. *Remote Access VPN* menyediakan koneksi antara jaringan internal perusahaan dan pengguna jarak jauh secara aman dan terenkripsi. *Site to site intranet based VPN* cocok digunakan oleh perusahaan apabila terdapat keperluan menghubungkan beberapa titik lokasi perusahaan yang saling berjauhan ke dalam sebuah jaringan private. Kemudian, *site to site extranet based VPN* dapat digunakan apabila sebuah perusahaan ingin mempunyai komunikasi dengan perusahaan lain secara lebih dekat dan intensif. *VPN* jenis ini akan menghubungkan LAN ke LAN dari berbagai perusahaan berbeda untuk bekerja bersama dalam lingkungan bagi pakai yang sama.

## 3. Metode Penelitian

Berikut ini merupakan metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini:

1. *Implementasi algoritma Frame Difference dan Dynamic - Adaptive Template Matching pada RPi*

Algoritma yang diimplementasikan pada penelitian ini adalah Frame Difference dan Dynamic - Adaptive Template Matching sesuai dengan [5]. Pada tahapan sebelumnya, implementasi algoritma menggunakan PC server dengan penempatan di suatu ruangan yang telah dikondisikan stabil. Dikarenakan pada penelitian ini arah implementasi adalah di lingkungan operasional, maka algoritma perlu diimplemetasikan ke perangkat yang lebih mobile, yaitu RPi.

2. *Pengembangan perangkat pada sisi client*

Penggunaan RPi saja tidak cukup untuk implementasi operasional. Untuk itu, pada setiap titik pantau perlu dikembangkan perangkat khusus untuk menambah fungsionalitas dari RPi.

3. *Pengembangan aplikasi pada sisi client*

Perangkat yang dikembangkan pada tahap (2) memerlukan *interface* dalam pengelolaannya. Untuk itu, sebuah aplikasi khusus dikembangkan untuk tujuan tersebut.

4. *Pengembangan aplikasi pada sisi server*

Semua perangkat client yang dipasang pada titik pantau di lingkungan operasional memerlukan sebuah server terpusat sebagai pusat koordinasi. Untuk itu, sebuah aplikasi pada sisi server juga dikembangkan.

5. *Pengembangan arsitektur integrasi sistem menggunakan VPN*

Setiap perangkat client yang telah terpasang aplikasi harus terhubung dengan aplikasi di server. Dalam komunikasinya, diperlukan mekanisme pertukaran data 2 arah, dimana modul deteksi menggunakan jaringan GSM (tidak mempunyai IP Publik, serta IP-nya dapat berubah setiap saat). Untuk itu, arsitektur baku yang dikembangkan untuk mengintegrasikan semua komponen tersebut adalah menggunakan VPN.

6. *Pengembangan notifikasi ke front end*

Notifikasi merupakan keluaran utama yang diharapkan dari arsitektur yang dikembangkan. Untuk itu, skenario bentuk notifikasi juga dikembangkan.

7. *Pengujian dan kalibrasi di lingkungan operasional*

Sistem berjalan dengan stabil di lingkungan operasional merupakan tujuan utama dikembangkannya sistem dengan arsitektur pada penelitian ini. Untuk itu, serangkaian proses pengujian dan kalibrasi di lingkungan operasional juga dilakukan sebagai salah satu tahapan inti.

8. *Pengembangan data warehouse dan dashboard*

Untuk meningkatkan manfaat dari sistem, fitur analitikal dalam bentuk data warehouse dan dashboard dikembangkan dengan mekanisme integrasi data mengacu pada [8]

## 4. Hasil dan Pembahasan

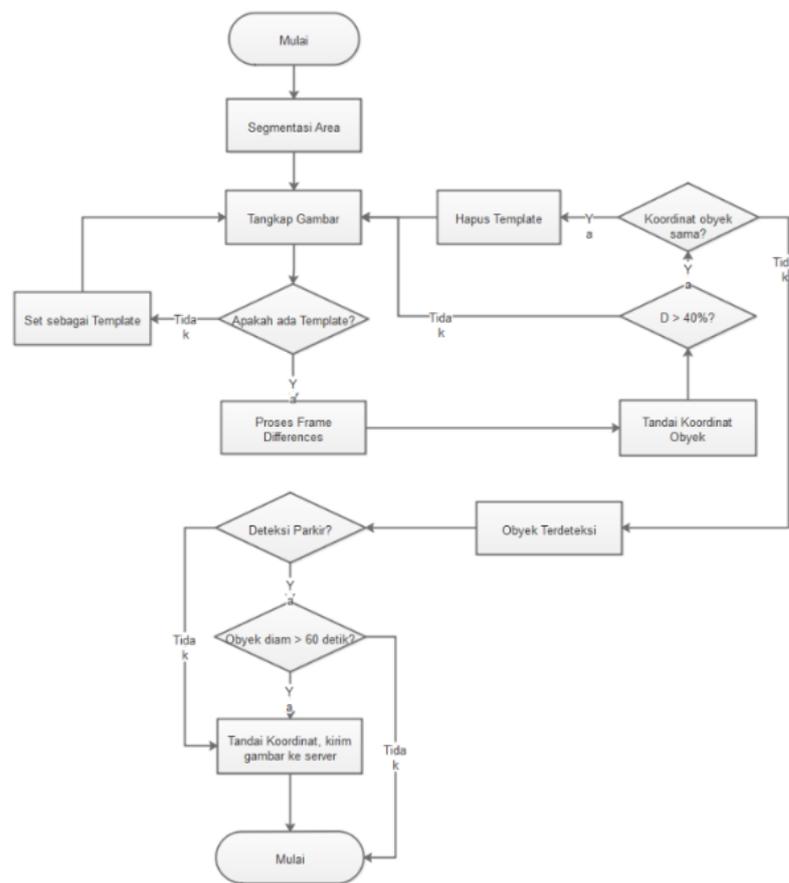
### 4.1 Implementasi algoritma

Kombinasi algoritma frame difference dan dynamic-adaptive template matching pada penelitian ini disesuaikan untuk mendeteksi 2 hal, yaitu: 1) Pergerakan obyek yang mengindikasikan

perubahan lingkungan secara umum (sebagai contoh kasus adalah orang asing masuk ke dalam rumah kosong); 2) Parkir liar, dimana obyek dianggap melakukan parkir ketika berdiam statis di suatu titik dalam kurun waktu  $> 60$  detik. Untuk itu, implementasi algoritma disesuaikan dengan alur seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.

Mengacu pada Gambar 3, citra ditangkap secara periodik dari kamera IP pada suatu segmentasi area yang ditentukan. Selanjutnya dilakukan proses pengecekan, apakah template pembandingan sudah terbentuk. Apabila belum, maka tangkapan citra tersebut digunakan sebagai template baru.

Untuk setiap tangkapan citra berikutnya, dilakukan proses *frame differences* untuk mencari apakah memenuhi threshold 40 setelah koordinat obyek ditandai. Apabila tidak terpenuhi, maka tidak dilakukan aksi apapun. Sedangkan apabila terpenuhi, maka koordinat obyek yang ditangkap dibandingkan dengan koordinat obyek pada template. Apabila koordinat terdeteksi sama, maka disimpulkan bahwa perubahan yang terjadi adalah perubahan lingkungan, bukan adanya obyek lain. Maka, template yang sudah ada diupdate dengan citra yang baru. Akan tetapi apabila koordinat terdeteksi berbeda, maka disimpulkan ada obyek asing.



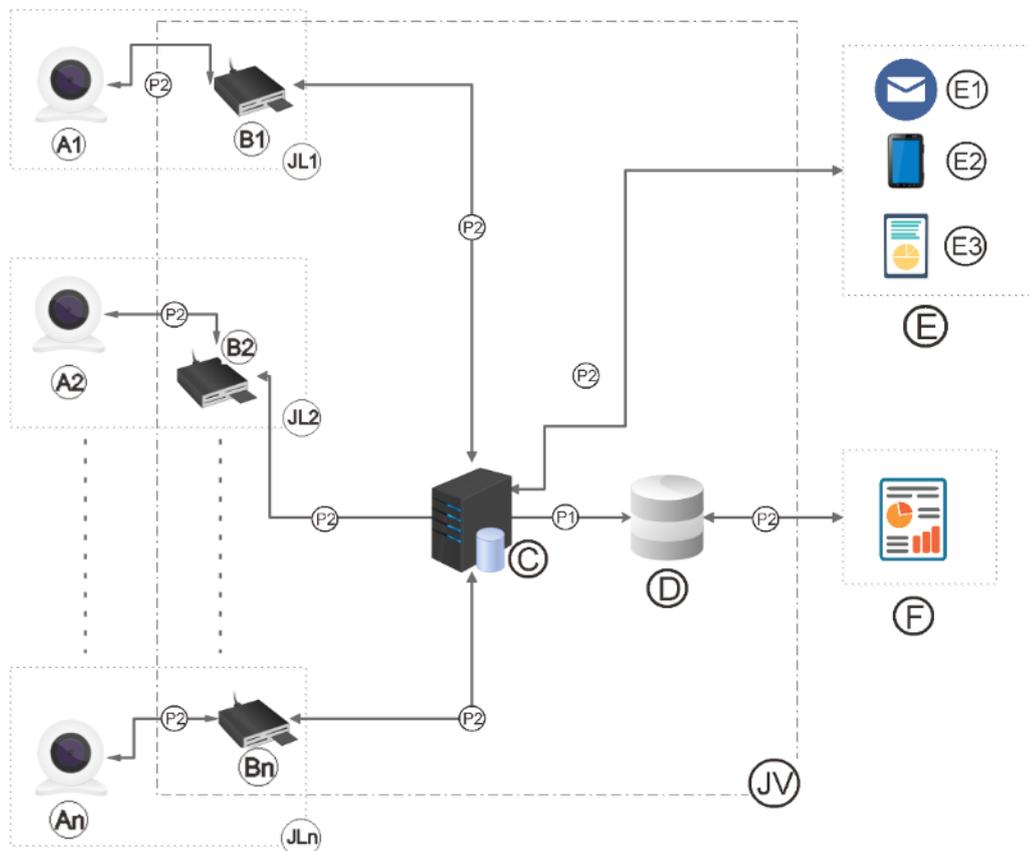
**Gambar 3. Penyesuaian implementasi algoritma deteksi Frame Difference dan Dynamic-Adaptive Template Matching**

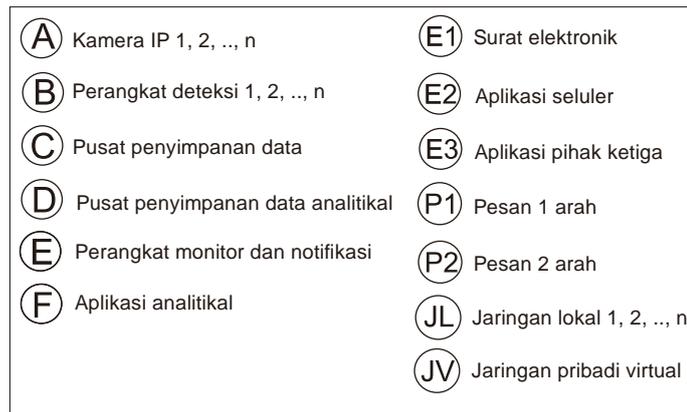
Untuk setiap tangkapan citra berikutnya, dilakukan proses frame differences untuk mencari apakah memenuhi threshold 40 setelah koordinat obyek ditandai. Apabila tidak terpenuhi, maka tidak dilakukan aksi apapun. Sedangkan apabila terpenuhi, maka koordinat obyek yang ditangkap dibandingkan dengan koordinat obyek pada template. Apabila koordinat terdeteksi sama, maka disimpulkan bahwa perubahan yang terjadi adalah perubahan lingkungan, bukan adanya obyek

lain. Maka, template yang sudah ada diupdate dengan citra yang baru. Akan tetapi apabila koordinat terdeteksi berbeda, maka disimpulkan ada obyek asing.

Obyek yang terdeteksi ada 2 kemungkinan, yaitu parkir liar dan pergerakan asing. Perbedaannya adalah dari sisi lama waktu keberadaan obyek di area deteksi. Deteksi parkir liar akan mengirimkan data ke server apabila obyek tersebut berdiam dalam waktu minimal 60 detik. Sedangkan deteksi pergerakan asing langsung akan mengirimkan data ke server tanpa memperhatikan waktu minimal. Dalam kondisi deteksi parkir liar, apabila terdapat kendaraan berdiam dengan waktu  $< 60$  detik kemudian pergi, maka sistem tidak akan mengeluarkan notifikasi apapun dan siklus deteksi kembali ke alur awal.

## 4.2 Model arsitektur sistem





**Gambar 4. Model arsitektur yang dikembangkan**

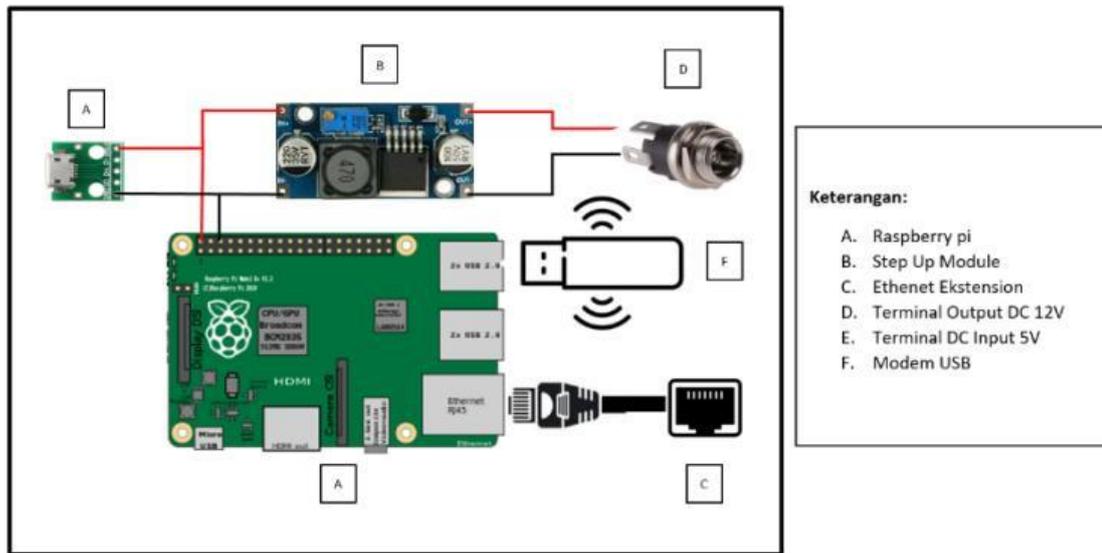
Mengacu pada Gambar 4, yang memperlihatkan detail model arsitektur sistem untuk mengelola dan mengontrol lalu lintas data, (B) merupakan perangkat yang berkomunikasi dengan Kamera IP (A) sekaligus sebagai tempat untuk menyimpan dan menjalankan metode yang telah dijabarkan pada penjelasan Gambar 1. (B) mempunyai mekanisme komunikasi 2 arah (P2) dengan (A) melalui jaringan lokal (JL), dimana perangkat (B) meminta citra secara periodik ke kamera IP(A), dan kamera IP(A) memberikan citra secara periodik ke perangkat (B) melalui alamat tertentu yang bisa diakses.

Setiap citra yang mengandung obyek terdeteksi sebagai parkir liar atau pergerakan asing oleh perangkat(B), selanjutnya dikirimkan ke server (C). Server (C) dapat berkomunikasi dengan multi perangkat (B) melalui mekanisme komunikasi 2 arah (P2) di dalam VPN. Mekanisme ini memungkinkan server (C) tetap dapat menghubungi perangkat (B) walaupun perangkat (B) tidak mempunyai Publik IP.

Server (C) menyimpan setiap citra yang dikirimkan oleh perangkat (B). Server juga mengirimkan notifikasi citra dan informasi tempat serta waktu kejadian ke perangkat monitor dan notifikasi (E), berupa email (E1), aplikasi seluler (E2), dan aplikasi pihak ketiga (E3). Server (C) juga menerapkan mekanisme komunikasi 2 arah (P2) ke perangkat monitor dan notifikasi (E).

Server (C) juga berkomunikasi dengan server gudang data (D) dengan mekanisme komunikasi 1 arah (P1). Server gudang data (D) bertujuan untuk menyimpan sebagian data yang bersesuaian dari server (C) untuk keperluan analisa lebih lanjut. Kemudian server gudang data (D) berkomunikasi dengan aplikasi analitikal (F) dalam mekanisme komunikasi 2 arah.

### 4.3 Perangkat sisi client



Gambar 5. Model rangkaian perangkat sisi client

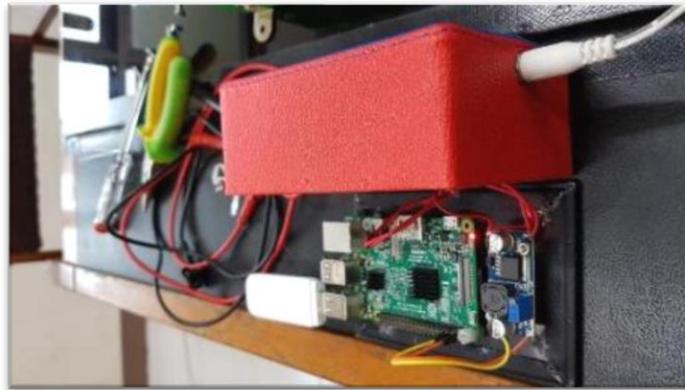
Mengacu pada Gambar 5, yang memperlihatkan model rangkaian perangkat client sebagai tempat metode deteksi dijalankan, perangkat menggunakan Raspberry Pi sebagai salah satu komponen utama (A). Sumber daya perangkat adalah sebesar 5V, hal ini diterima oleh Terminal DC Input 5V (E). Perangkat yang ada dapat berperan sekaligus menjadi sumber daya kamera IP terhubung melalui Terminal Output DC 12 V (D), untuk itu Step Up Module (B) digunakan untuk meningkatkan voltase sebesar 12 V sesuai dengan kebutuhan rata-rata kamera IP. Kamera IP juga bertukar data secara langsung dengan perangkat melalui kabel LAN yang terhubung oleh Ekstensi Ethernet (C). Kemudian, perangkat juga mempunyai slot dapat dihubungkan dengan internet menggunakan modem melalui Modem USB yang didalamnya terdapat kartu SIM(F). Koneksi ke internet juga dapat menggunakan Ekstensi Ethernet (C) apabila Kamera IP terhubung melalui jaringan komputer internal, bukan secara langsung.

Mengacu pada gambar 3 hingga gambar 5, sistem yang dihasilkan melalui penelitian ini dapat berjalan dengan cara menghubungkan Kamera IP, perangkat deteksi, dan server agar bisa saling berkomunikasi. Kamera IP tidak tergantung merk dengan catatan harus kompatibel, yang berarti Kamera IP punya alamat citra yang bisa diakses oleh perangkat. Apabila media komunikasi antara Kamera IP dan Perangkat Deteksi merupakan hubungan langsung, maka modem USB bisa digunakan pada perangkat agar perangkat terhubung ke server. Apabila media komunikasi antara Kamera IP dan Perangkat deteksi merupakan jaringan lokal yang sudah berjalan, maka tidak diperlukan modem USB agar perangkat bisa terhubung ke server. Dengan catatan, jaringan lokal bisa berkomunikasi dengan jaringan luar pada server. Server selanjutnya menentukan IP VPN kepada perangkat deteksi, serta mendaftarkan perangkat yang akan menerima notifikasi. Setelah semuanya selesai, mekanisme deteksi parkir liar ataupun pergerakan obyek akan otomatis berjalan sampai muncul notifikasi.

### 4.4 Implementasi sistem

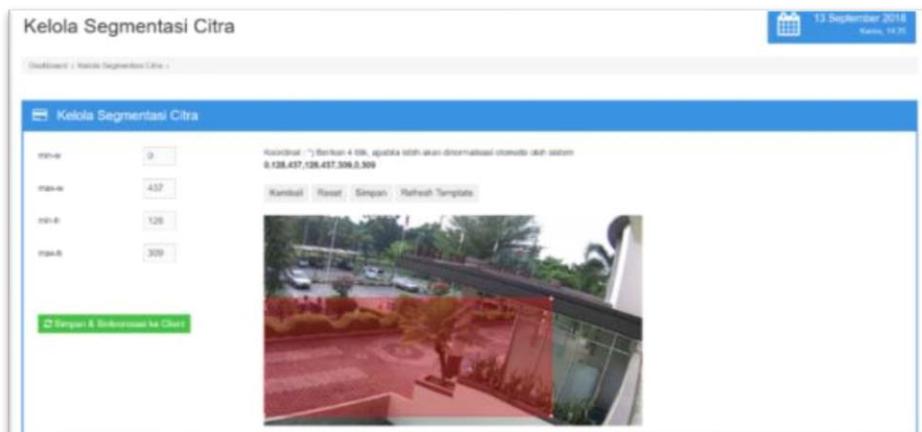
Berikut ini merupakan beberapa tampilan sistem yang dikembangkan pada penelitian ini:

4.4.1 Perangkat client

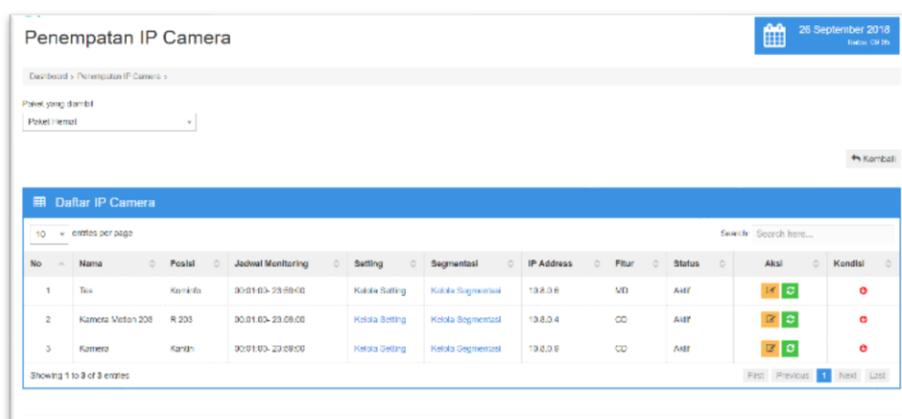


Gambar 6. Implementasi rangkaian perangkat sisi client

4.4.2 Tampilan aplikasi client

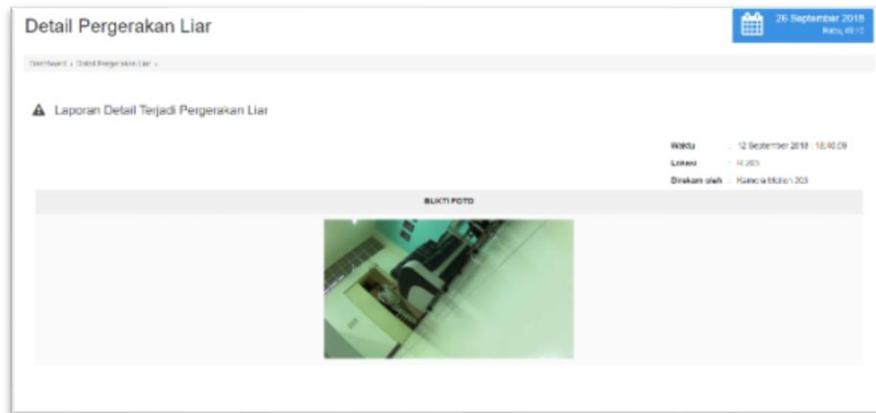


Gambar 7. Segmentasi area deteksi pada aplikasi client



Gambar 8. Pengelolaan perangkat sisi client yang terhubung melalui VPN

#### 4.4.3 Aplikasi server



Gambar 9. Laporan deteksi pada aplikasi server

#### 4.4.4 Notifikasi

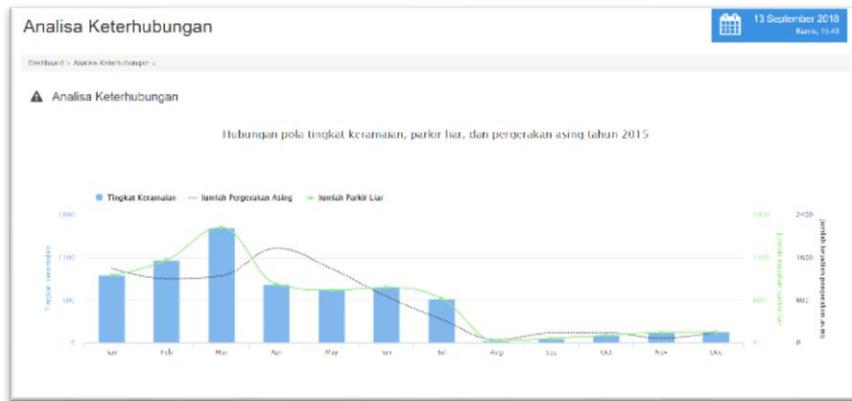


Gambar 10. Notifikasi deteksi pada Telegram



Gambar 11. Notifikasi deteksi pada email

4.4.5 Dashboard



Gambar 12. Tampilan grafik pada dashboard untuk keperluan analisis

4.5 Pengujian dan analisis kinerja sistem

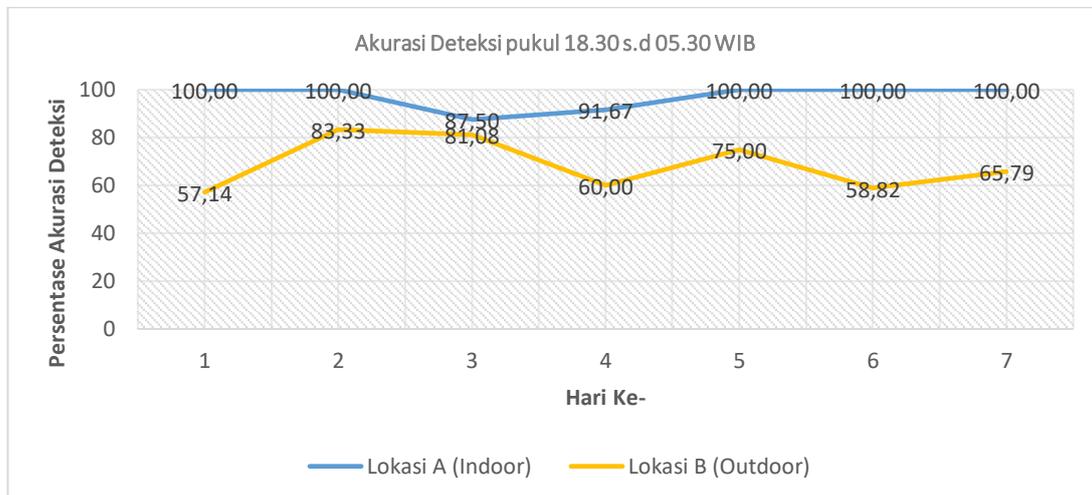
4.5.1 Pengujian akurasi deteksi di lingkungan operasional.

Pengujian akurasi deteksi di lingkungan operasional dilakukan dengan skema sebagai berikut:

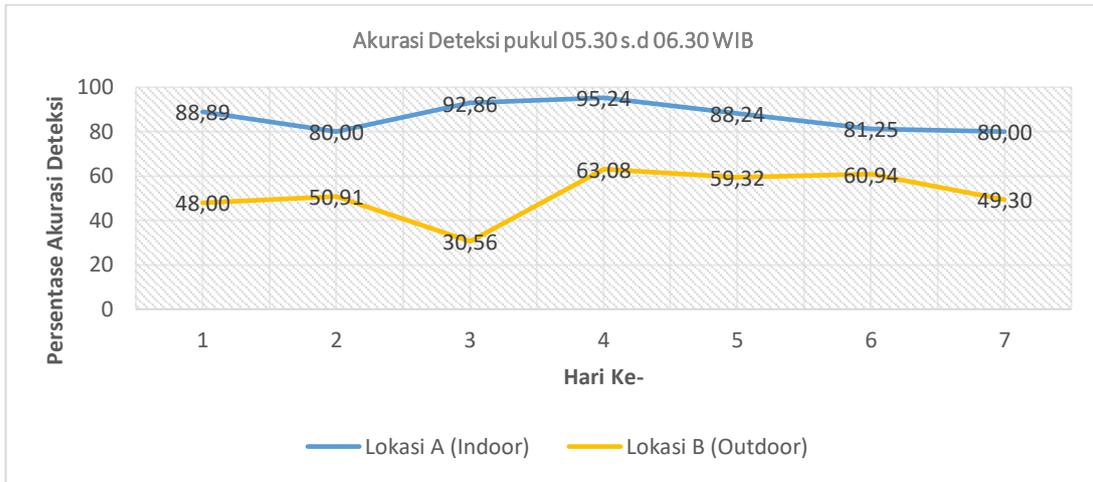
- Waktu pemantauan dilakukan selama 7 hari berturut-turut, dengan 4 kategori waktu.
- Titik pantau dibagi menjadi 2 jenis, yaitu indoor dan outdoor.
- Metode pengujian adalah dengan membandingkan jenis notifikasi terhadap citra yang dikirimkan.
- Lingkungan deteksi adalah alami, dalam arti pergerakan obyek tidak ada yang disengaja agar tertangkap kamera IP.
- Kondisi dianggap sesuai ketika terdapat obyek baru yang bergerak ataupun berdiam selama > 60 detik pada titik pantau.

Rangkuman data pengujian yang didapatkan adalah sebagai berikut:

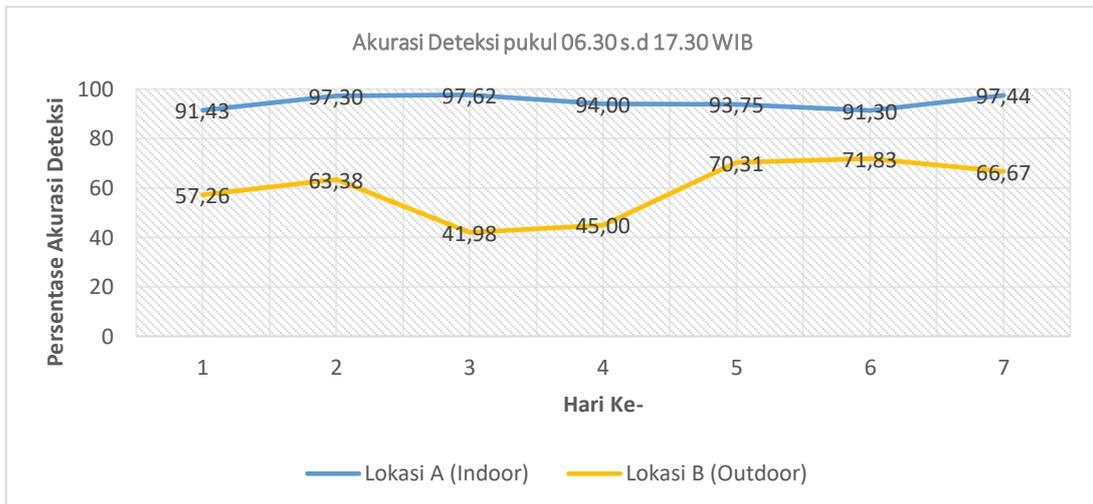
a. Rentang waktu 18.30 – 05.30 WIB



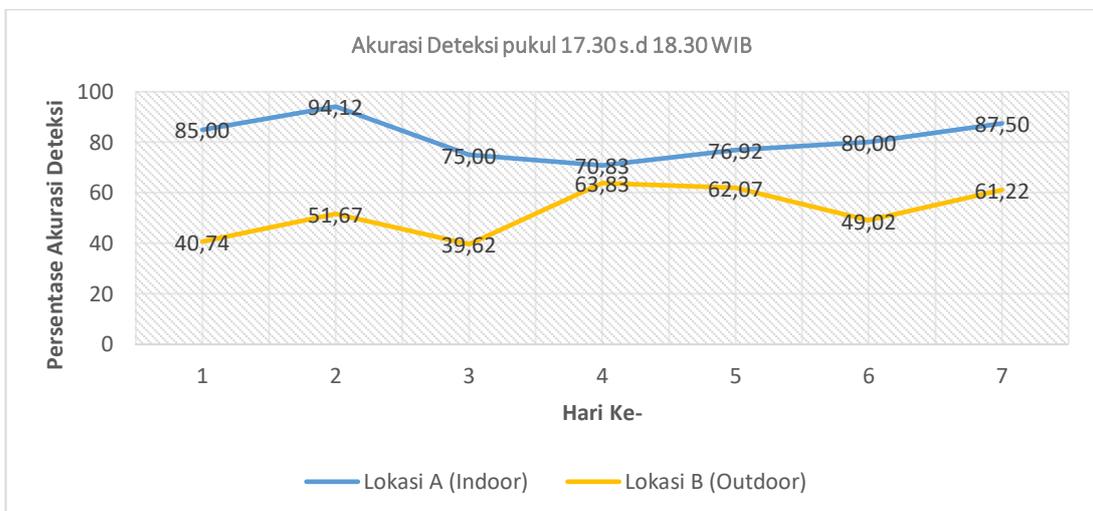
*b. Rentang waktu 05.30 – 06.30 WIB*



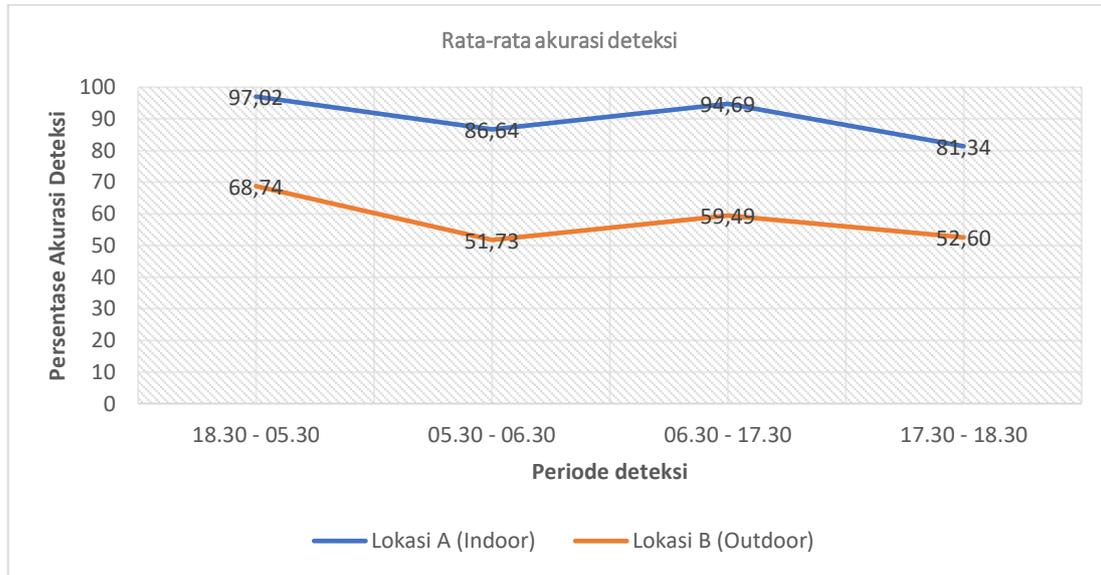
*c. Rentang waktu 06.30 – 17.30 WIB*



*d. Rentang waktu 17.30 – 18.30 WIB*



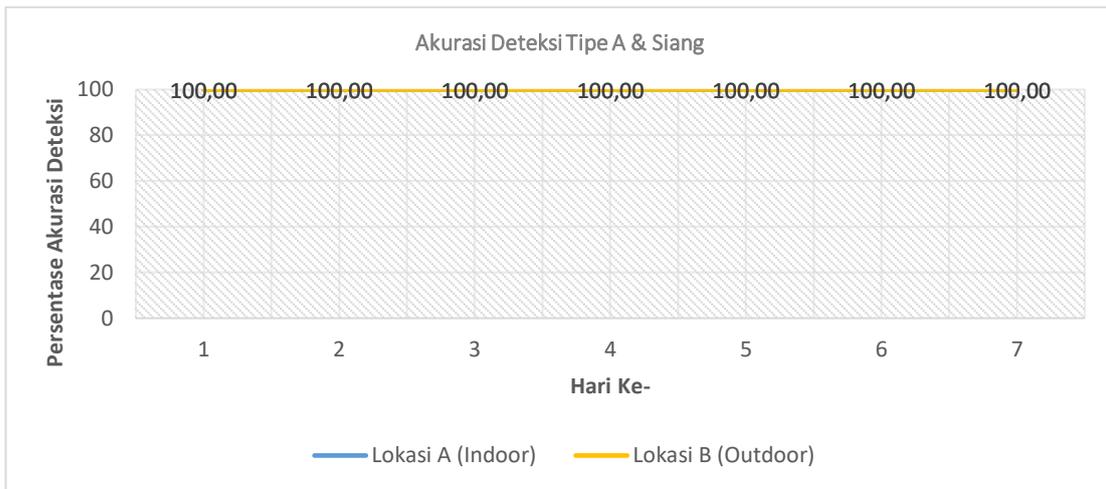
Apabila diambil rata-rata, maka didapatkan kondisi akurasi deteksi sebagai berikut:



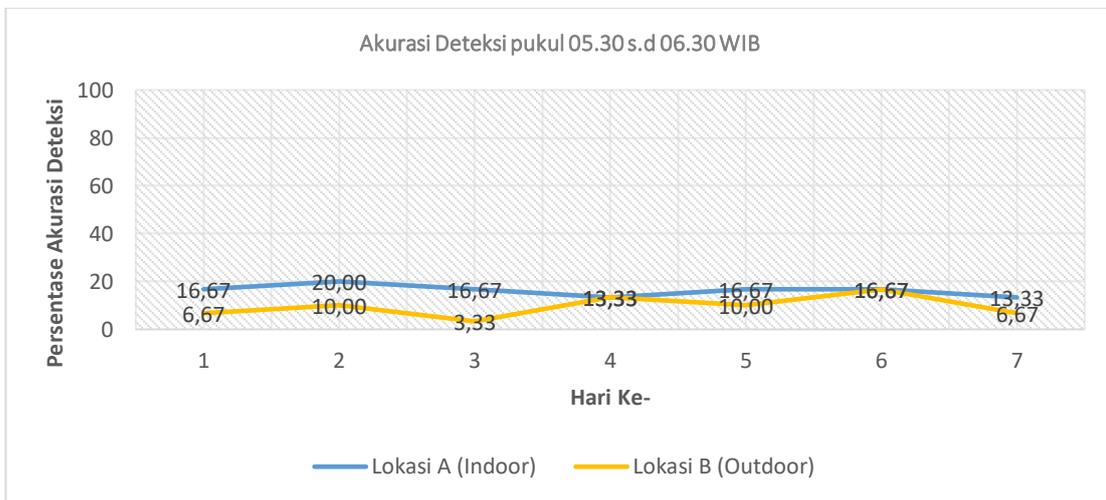
#### 4.5.2 Pengujian sensitifitas deteksi di lingkungan operasional.

Pengujian sensitifitas deteksi di lingkungan operasional dilakukan dengan skema sebagai berikut:

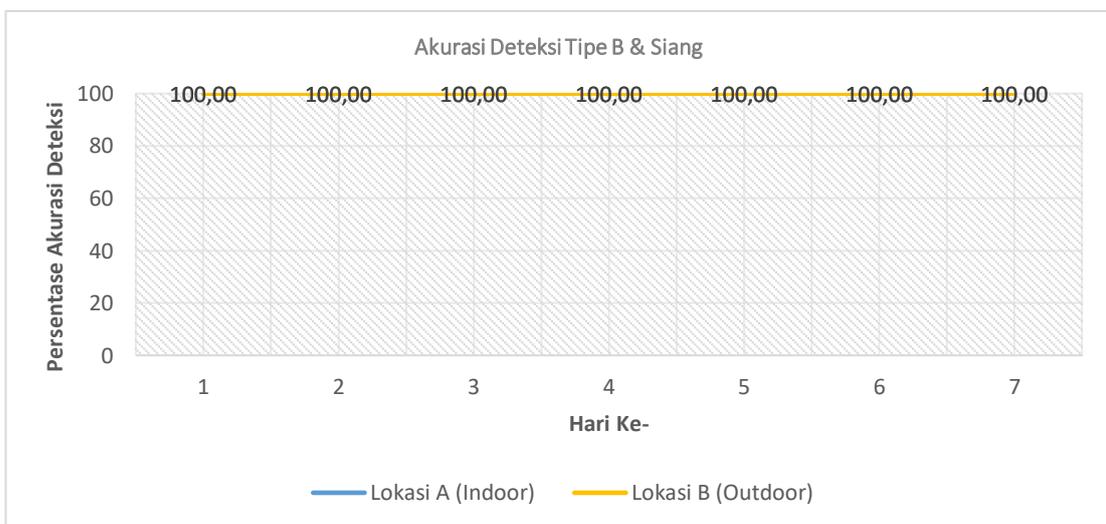
1. Waktu pemantauan dilakukan selama 7 hari berturut-turut dengan 2 kategori waktu, yaitu siang hari (terdapat cahaya matahari) serta malam hari (tidak terdapat cahaya matahari)
2. Terdapat 2 jenis titik pantau yang berbeda, yaitu indoor dan outdoor.
3. Terdapat 2 pengaturan parameter sensitifitas deteksi, yaitu tipe A dan tipe B, dimana tingkat sensitifitas A lebih rendah daripada B. Tingkat sensitifitas merupakan salah satu variabel deteksi yang digunakan oleh algoritma Frame Difference dan Dynamic-Adaptive Template Matching.
4. Metode pengujian adalah dengan memberikan obyek baru yang bergerak ataupun berdiam selama  $> 60$  detik pada titik pantau. Jumlah obyek baru yang diberikan sebanyak 30.
5. Kondisi dianggap sesuai apabila obyek baru yang diberikan terdeteksi oleh sistem
  - a. Tipe A & siang hari (terdapat cahaya matahari)



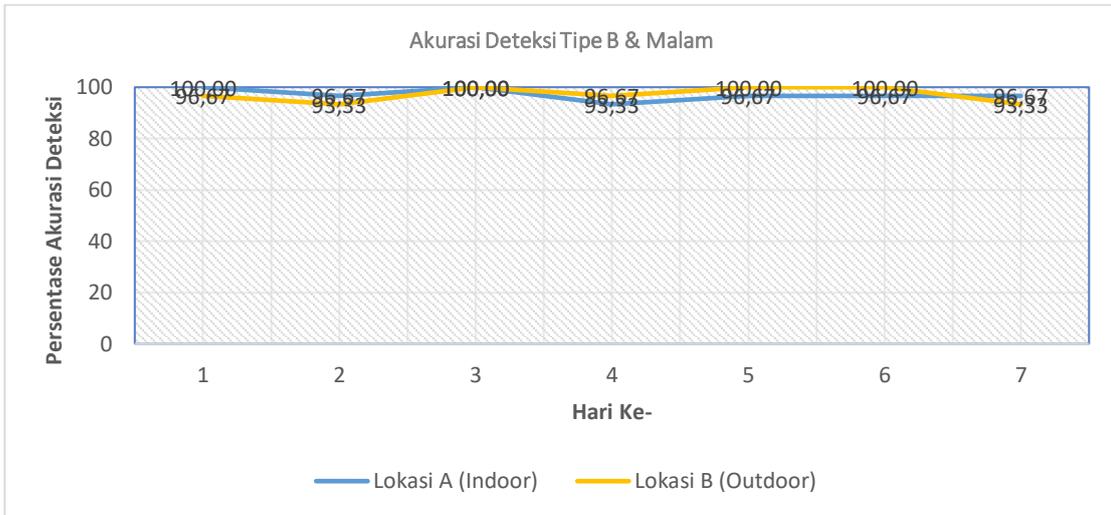
b. Tipe A & malam hari (tidak terdapat cahaya matahari)



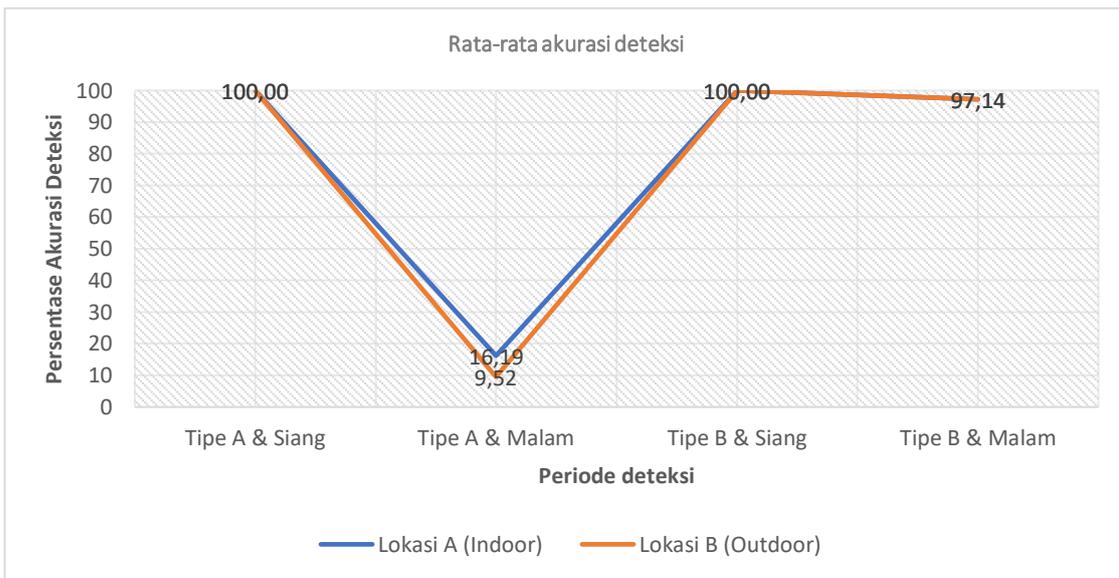
c. Tipe B & siang hari (terdapat cahaya matahari)



d. Tipe B & malam hari (tidak terdapat cahaya matahari)

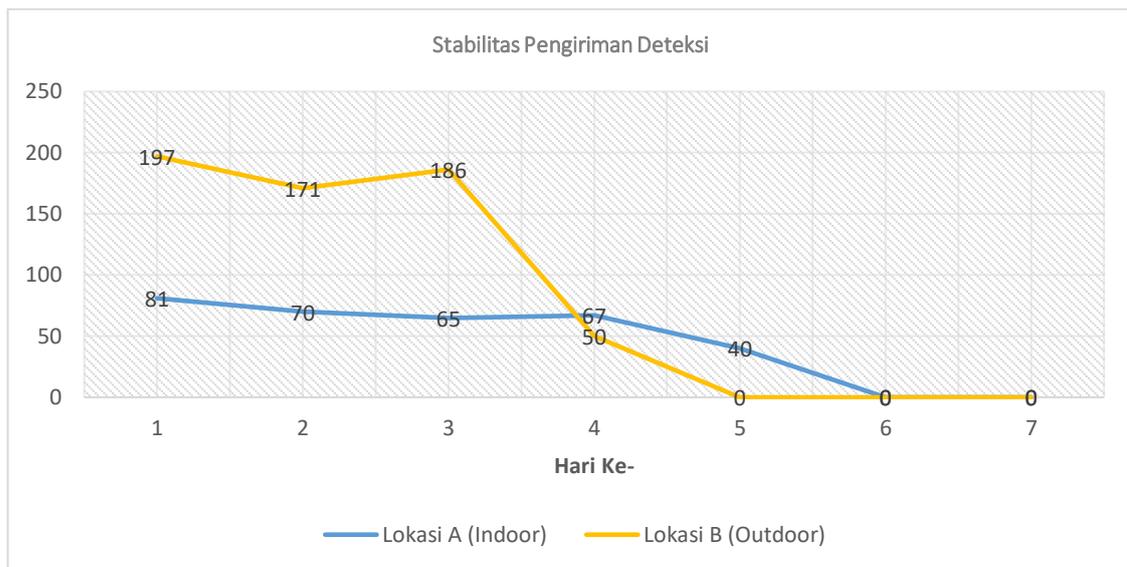


Apabila diambil rata-rata, maka didapatkan kondisi sensitifitas deteksi sebagai berikut:



4.5.3 Pengujian stabilitas deteksi di lingkungan operasional.

Pengujian stabilitas pengiriman dilakukan dengan cara menjalankan proses deteksi selama 7 hari tanpa mematikan perangkat. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:



#### 4.5.4 Analisis Kinerja Sistem

Berdasarkan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Deteksi pada lingkungan operasional indoor jauh lebih akurat daripada lingkungan operasional outdoor. Hal yang paling menentukan dari hasil ini adalah bahwa pencahayaan di lingkungan operasional indoor lebih stabil. Bias cahaya obyek lain seperti pergerakan bayang-bayang awan dan daun sering dianggap sebagai obyek yang dideteksi pada lingkungan outdoor.
2. Waktu deteksi paling akurat adalah pada malam hari. Pergantian dari malam ke siang atau siang ke malam menjadi waktu yang paling tidak akurat. Hal ini dikarenakan perubahan intensitas cahaya matahari yang tinggi di kedua waktu tersebut juga dianggap obyek yang bergerak.
3. Pada lokasi yang sama, setting nilai parameter sensitifitas deteksi harus diatur berbeda. Untuk mempertahankan tingkat akurasi deteksi, nilai parameter sensitifitas deteksi pada siang hari harus diatur lebih rendah daripada sensitifitas deteksi pada malam hari.
4. Perangkat deteksi pada sisi client dapat bertahan selama 3 s.d 4 hari untuk terus bekerja. Setelah jumlah hari tersebut, perangkat harus direstart agar dapat bekerja normal kembali. Hal ini belum diketahui penyebabnya secara pasti.

## 5. Kesimpulan

Implementasi dari arsitektur sistem telah teruji berhasil mengontrol setiap client yang terhubung, dimana setiap client berfungsi untuk melakukan pemantauan pada sebuah titik area. Akan tetapi, terdapat perbedaan akurasi pada lingkungan operasional indoor (dalam ruangan) serta outdoor (luar ruangan). Akurasi di luar ruangan cenderung lebih rendah daripada di dalam ruangan dikarenakan pencahayaan serta perubahan citra yang sangat dinamis. Akibatnya, implementasi di luar ruangan memerlukan perubahan parameter nilai sensitifitas secara kontinyu. Dengan arsitektur yang telah dikembangkan, parameter nilai sensitifitas bisa disesuaikan melalui form sistem pada server (tanpa harus datang langsung secara in situ). Akan tetapi, akan lebih efektif

apabila ada peningkatan kemampuan algoritma untuk bisa menyesuaikan parameter deteksi tersebut secara mandiri.

Kesimpulan lain yang didapatkan adalah dari sisi perangkat client. Dalam 3-4 hari pertama, perangkat client dapat bekerja untuk mendeteksi dan mengirimkan citra hasil perubahan lingkungan secara stabil dan konsisten. Akan tetapi, setelah melewati 3-4 hari perangkat client cenderung mulai tidak stabil hingga tidak bekerja sama sekali. Setelah dilakukan restart perangkat, perangkat tersebut bisa kembali bekerja normal selama kurang lebih 3-4 hari ke depan. Untuk itu, penelitian lanjutan bisa dilakukan dengan fokus peningkatan kinerja dari perangkat client yang telah dikembangkan pada penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] M. I. Zul, W. and L. E. Nugroho, "Deteksi Gerak dengan Menggunakan Metode Frame Differences pada IP Camera," in *Conference on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE)*, Yogyakarta, 2013.
- [2] S. Mishra, P. Mishra, N. K. Chaudhary and P. Asthana, "A Novel Comprehensive Method for Real Time Video Motion Detection Surveillance," in *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2011.
- [3] H. H. Kenchannavar, G. S. Patkar, K. and M. M. Math, "Simulink Model for Frame Difference and Background Subtraction comparison in Visual Sensor," in *The 3rd International Conference on Machine Vision (ICMV)*, Hongkong, 2010.
- [4] R. A. Yuha, M. D. Al Fiqri, A. R. Pratama and M. Harahap, "Deteksi Gerakan pada Kamera CCTV dengan Algoritma Frame Difference dan Frame Substraction," in *Seminar Nasional APTIKOM (SEMNASITIK)*, Yogyakarta, 2019.
- [5] W. M. I. Zul and L. E. Nugroho, "Adaptive Motion Detection Algorithm using Frame Differences," in *The 9th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI 2012)*, Daejeon, 2012.
- [6] J. Marot and S. Bourennane, "Raspberry Pi for image processing education," in *25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 2017.
- [7] M. Krithikaa, M. Priyadharsini and C. Subha, "Virtual Private Network – A Survey," in *International Journal of Trend in Research and Development (IJTRD)*, Tamilnadu, 2016.
- [8] A. Wibowo and S. Akbar, "Handling of internal inconsistency OLAP - Based lock table using Message Oriented Middleware in near real time data warehousing," in *International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, Surabaya, 2015.