

PENDETEKSI LOKASI PARKIR MOBIL MENGGUNAKAN METODE *FRAME DIFFERENCES* DAN *STATIC TEMPLATE MATCHING*

Vandry Eko Haris Setiyanto¹, Cahya Rahmad.², Ulla Delfana Rosiani.³

Teknik Informatika, Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang
JL. Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141, Indonesia

¹vandrysetiyanto@gmail.com, ²cahya.rahmad@polinema.ac.id, ³ullarosi@gmail.com

Abstrak

Seiring bertambahnya volume kendaraan pribadi membuat kebutuhan sarana parkir semakin meningkat. Dapat diketahui bahwa mencari informasi ruang parkir mobil yang kosong saat ini tidak mudah, apalagi lahan parkir yang berada di gedung-gedung bertingkat, pusat perbelanjaan ataupun perkantoran terutama yang berada di kota-kota besar di Indonesia jumlahnya terbatas. Oleh karena itu, penulis mengusulkan untuk menggunakan teknik pengolahan citra sebagai sarana memudahkan pengendara dalam menemukan tempat parkir yang kosong.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meningkatkan fasilitas parkir dengan pendeteksi tempat kosong mobil menggunakan camera yang pada nantinya akan mengurangi ruang kosong parkir waktu dalam pencarian. Kamera akan digunakan sebagai node penginderaan dalam mengidentifikasi tempat parkir yang kosong. Gambar yang telah diambil oleh kamera akan diproses melalui program aplikasi yang berbasis C# yang kemudian akan disimpan dan memperbaharui status tempat parkir yang kosong pada program aplikasi tersebut. metode yang digunakan dalam perancangan aplikasi ini berdasarkan metode deteksi gerak yaitu *frame differences* dan *static template matching*.

Berdasarkan hasil analisis pengujian pada algoritma *frame differences* dari 6 sampel data menghasilkan tingkat akurasi pendeteksi gerakan terbaik yaitu pada *threshold* 20 dengan *exposure value* sebesar 50-60ev dengan rata-rata keberhasilan mencapai 68,05556%. Mobil yang memiliki presentase paling tinggi yaitu Ferari F450 Sedan Orange dengan presentase mencapai 91,6667%.

Kata Kunci : *Frame Difference, Static Template Matching, Deteksi Gerak, Exposure Value*

1. Pendahuluan

Seiring dengan bertambahnya volume kendaraan pribadi membuat kebutuhan akan sarana lahan sebagai tempat parkir semakin meningkat. Dampak yang cukup besar dirasakan pada masyarakat yang berada kota-kota besar di Indonesia. Maka dari itu, untuk saat ini bagi kalangan masyarakat modern ketersediaan akan adanya sarana tempat parkir menjadi kebutuhan wajib bagi pengendara. Lahan parkir dirasa sangat dibutuhkan bagi pengunjung pusat-pusat perbelanjaan atau gedung-gedung perkantoran. Banyak pengguna mobil yang merasa kesulitan dalam mencari lahan parkir karena minimnya informasi tentang lahan parkir.

Ketersediaan informasi terhadap ruang parkir kosong yang terdapat di pusat-pusat perbelanjaan atau gedung-gedung perkantoran masih sangat minim. Rata-rata sistem perparkiran

yang ada di Indonesia saat ini masih manual dan menggunakan tenaga Sumber Daya Manusia (SDM), yang dimana pada pintu masuk petugas parkir mencatat plat nomer kendaraan. Hal ini membuat pengunjung yang menggunakan kendaraan mobil masih harus mencari lahan parkir dengan upaya sendiri. Sehingga calon pengunjung yang akan menempati lahan parkir harus berputar-putar untuk mencari tempat yang kosong atau bahkan terpaksa harus memarkir kendaraanya di luar gedung.

Kadaan tersebut membuat permasalahan pada tempat parkir menjadi tidak efisien akan tempat, waktu, dan tenaga. Dengan memanfaatkan teknologi, kita dapat mengatasi masalah ini. Teknologi berbasis gambar merupakan salah satu teknik dalam memberikan informasi tempat parkir mobil, karena pengunjung dapat secara pasti mengetahui letak tempat parkir yang kosong.

Kamera adalah salah satu perangkat/media teknologi yang dapat dimanfaatkan sebagai media pemantauan. Terdapat beberapa jenis kamera yang dapat dimanfaatkan dalam sistem pemantauan antara lain yaitu CCTV, Webcam, dan IP Camera. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam mendeteksi ketersediaan tempat parkir mobil yang kosong yaitu dengan pengolahan citra (image processing) yang ada di lahan parkir tersebut. Metode nilai ambang batas (threshold) adalah sebagai penetapan untuk deteksi piksel pada nilai tertentu.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan adalah Deteksi Tempat Kosong Pada Lahan Parkir Mobil Menggunakan Metode Vehicle Detection dan Operator Laplacian of Gaussian (LoG) (Tyasa, 2015). Penelitian ini Operator Laplacian of Gaussian (LoG) dalam penentuan deteksi tepi dari citra dengan tujuan mengurangi noise. Pada penelitian yang ditulis oleh Muhammad Ihsan Zul dari Universitas Gadjah Mada (2012) yang berjudul Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Gerak Berbasis Web Dengan Menggunakan Metode Frame Differences Dan Dynamic Template Matching merupakan salah satu metode dalam mengenali objek dari citra yang bergerak.

Dasar dari penelitian ini adalah melakukan penelitian dari dua peneliti sebelumnya dengan judul “Pendeteksi Ketersediaan Tempat Kosong Pada Lahan Parkir Mobil Menggunakan Metode Frame Differences Dan Dynamic Template Matching”.

2. Tinjauan Pustaka

Menurut penelitian Sutoyo dkk (2009), operasi boolean merupakan salah satu operasi yang dilakukan dalam pengolahan citra. Operasi *boolean* dilakukan dua citra yang akan dianalisis. Konsep dari pendeteksian gerakan dengan menggunakan metode *frame differences* menerapkan operasi boolean untuk membandingkan citra referensi dan citra pembanding. Operasi *boolean* yang digunakan adalah operasi *AND*.

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Ihsan Zul dengan metode pendeteksian gerak ini secara dinamis dan adaptif dapat menjadi solusi terhadap kelemahan yang terjadi ketika menggunakan metode penentuan citra referensi pada saat *t-1* dan *static template matching*. Pengujian pendeteksian gerak yang dilakukan menghasilkan suatu metode pendeteksian gerak

dengan menggunakan teknik *frame differences*. Dimana metode penentuan citra referensi yang digunakan dikenalkan dengan nama *Dynamic and Adaptive Template Matching (DATM)*. Berdasarkan perbandingan metode DTM *t-1* dengan DATM, metode DTAM memiliki tingkat akurasi pendeteksian 95,5 %, sedangkan metode DTM *t-1* hanya memiliki akurasi 89,8 %.

2.1 Frame Differences

Penelitian ini menggunakan metode frame perbedaan dengan membandingkan komponen RGB rata-rata setiap pixel. Persamaan 1 dan persamaan 2 digunakan untuk kalibrasi langkah.

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

$$f\alpha(x, y) = \frac{f_R(x, y) + f_G(x, y) + f_B(x, y)}{3} \quad (2)$$

$$(g_a(x, y) - T) \leq f_a(x, y) \leq (g_a(x, y) + T) \quad (3)$$

Persamaan 2.2 dan persamaan 2.3 digunakan untuk melakukan kalibrasi dengan menghitung rata-rata nilai dari komponen warna RGB pada tiap piksel dimana g_R, g_G, g_B merupakan komponen warna dari gambar yang diproses untuk menentukan ada atau tidaknya gerakan, dan f_R, f_G, f_B adalah komponen warna RGB dari gambar referensi.

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

$$\sum f_R, \sum f_G, \sum f_B, \sum f_t^R(x, y), \sum f_t^G(x, y), \sum f_t^B(x, y)$$

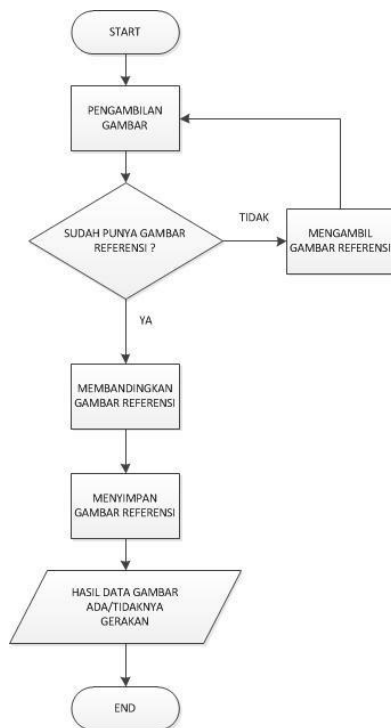
Dengan menggunakan persamaan 2.5 dilakukan perhitungan presentase jumlah piksel yang berubah untuk menentukan ada atau tidaknya suatu gerakan dari gambar yang diproses. Dimana D merupakan presentase total perbedaan yang terdeteksi sedangkan adalah jumlah piksel yang terdeteksi memiliki perbedaan dalam komponen warna RGB dan adalah jumlah total dari seluruh piksel yang ada dalam gambar yang diambil dari tiap komponen warna R, G, dan B.

2.2 Static Template Matching

Template matching merupakan permasalahan pada pengolahan citra untuk mencari lokasi dari suatu objek dengan menggunakan gambar template kemudian mencari gambar

template tersebut pada gambar yang lain ketika posisinya (X, Y, θ) tidak diketahui.

Static template matching adalah suatu metode pendeteksian gerakan pada video dimana sistem menetapkan satu gambar sebagai referensi sebelum memulai perhitungan untuk menentukan ada atau tidaknya suatu gerakan(Widyawan, 2012).



Gambar 2. 1 Diagram alir *Static Template Matching*

Algoritma *Static template matching* masih memiliki beberapa kekurangan dalam mendeteksi suatu gerakan. Salah satu kelemahan dari algoritma ini adalah ketika ada objek yang masuk dalam sudut pandang kamera dan menetap dalam waktu yang cukup lama maka sistem akan terus menerus mendeteksi objek tersebut sebagai gerakan dalam video walaupun objek tersebut sudah tidak bergerak lagi.

3. Perancangan dan Implementasi

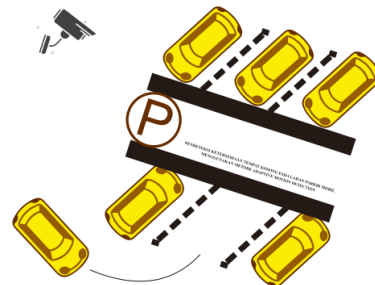
3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan suatu desain sistem sebagai gambaran dalam perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah yang dirangkai dan dijadikan dalam satu kesatuan yang utuh. Rancangan pada sistem aplikasi ini akan dibagi dalam 3 yaitu perancangan prototype, perancangan pengolahan citra, perancangan antarmuka dalam penyajiannya

dalam bentuk mockup desain dan perancangan maket yang meliputi proses pengambilan data pada tempat parkir.

3.1.1 Gambaran Umum Sistem

Proses yang terdapat pada aplikasi ini adalah proses pengambilan gambar awal pada prototype sebagai gambar referensi. Setelah mengambil gambar referensi pada lahan parkir mobil kemudian jika ada mobil yang berada di salah satu slot area parkir tersebut maka kamera akan mengidentifikasi sebagai “Ada Objek”. Kamera inilah yang nantinya akan dijadikan *trigger* pada aplikasi Pendeteksi Ketersediaan Tempat Kosong Pada Lahan Parkir Mobil Menggunakan Metode *Frame Differences* Dan *Static Template Matching*. Gambaran umum untuk memperjelas aplikasi yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Gambaran sistem secara umum

3.1.2 Perancangan Prototype

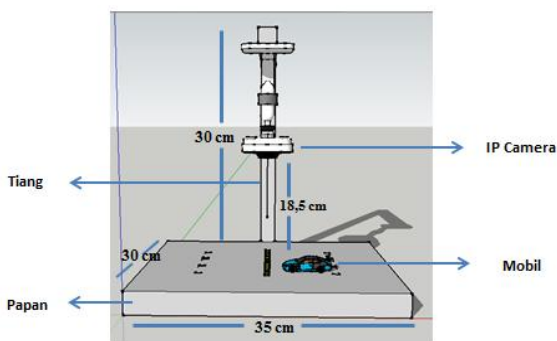
Pada penelitian ini diperlukan sebuah rancangan maket guna mendukung proses kinerja sistem aplikasi ini dalam mengolah citra yang pada nantinya akan dilakukan untuk proses testing. Mekanik yang dibutuhkan antara lain kamera dapat webcam atau *IP Camera* yang digunakan sebagai inputan dalam proses pendeteksian gerak. Selain itu, dibutuhkan triplek untuk membuat lahan parkir-parkiran sebagai tempat pengujian sistem aplikasi.

Kamera akan ditempatkan di atas lahan parkir-parkiran agar dapat menangkap pergerakan dari kendaraan. Dalam sistem aplikasi terdapat flowchart untuk perancangan dan pembuatan miniatur pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Flowchart perancangan miniatur

Dalam perancangan prototype diperlukan untuk pengambilan lokasi tempat parkir dengan jarak yang telah ditentukan. Dalam perancangan ini diperlukan tiang penyangga untuk kamera yang dipasang tepat diatas lahan parkir. Kamera dipasang secara statis dalam aplikasi berguna untuk pengambilan gambar referensi tempat parkir. Gambaran untuk skema rancangan mekanik tempat parkir mobil dapat dilihat pada gambar 3.3.

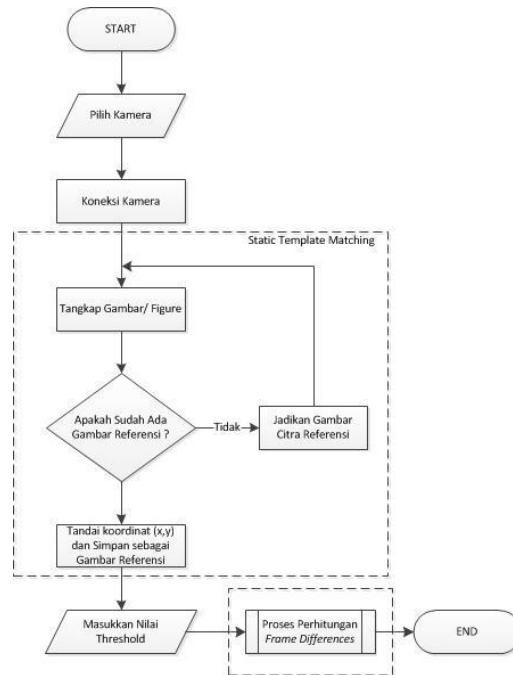


Gambar 3. 3 Skema tempat parkir mobil

Gambar 3.3 menunjukkan skema tempat parkir mobil yang berukuran 30 x 35cm. Area yang dijangkau *IP Camera* untuk proses pendeteksian gerak berukuran 14 x 18,5cm. Tinggi tiang pada kamera dapat disesuaikan dengan objek yang akan dideteksi. Jarak yang diperlukan untuk *IP Camera* dalam pengambilan gambar yaitu 19,5 cm

3.1.3 Perancangan Pengolahan Citra

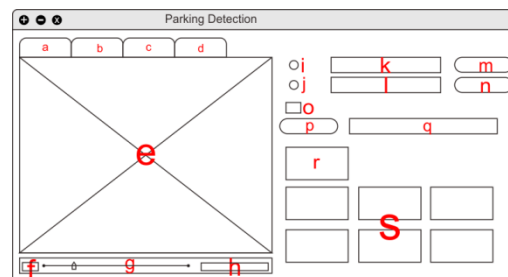
Dalam perancangan pengolahan citra dibagi menjadi dua proses utam yaitu proses pengambilan data dan proses deteksi gerak. Adapaun alur proses untuk pengambilan data dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Flowchart pengambilan data gambar

3.1.4 Perancangan Antarmuka

Pada aplikasi ini hanya menampilkan satu form halaman utama yang digunakan untuk mengelola sistem aplikasi, pengaturan sistem, dan mengelola sistem Pendeteksi Gerak. Gambaran rancangan form pada halaman utama dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Rancangan desain form utama

3.2 Implementasi

3.2.1 Pembuatan Prototype

Pada pengujian secara prototype ini bertujuan untuk memudahkan dalam menganalisa kemungkinan terjadinya *bug/error* pada aplikasi. Dengan dilakukannya percobaan ini diharapkan

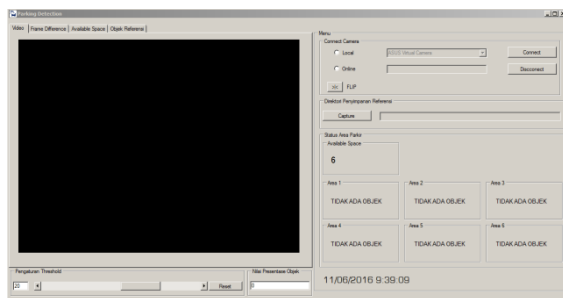
aplikasi ini dapat diuji dengan secara *real* dan dapat diterapkan pada lingkungan.



Gambar 3. 5 Prototype lahan parkir mobil

3.2.2 Pembuatan Antarmuka

Tampilan pada menu utama hanya memiliki 1 form dan pada sebelah kiri terdapat 4 *tab control* yaitu tab *original* yang menampilkan objek asli terhadap kamera, pada *tab frame differences* menampilkan objek yang telah diberi metode *frame differences*, pada *tab crop* menampilkan objek yang telah dibagi menjadi 6 bagian melalui pembagian piksel, dan pada *tab* objek referensi menampilkan objek yang menjadi referensi data awal dalam proses pendeteksian gerak. Tampilan pada *tab control* dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 3. 7 Tampilan menu utama

4. Pengujian dan Pembahasan

4.1 Pengujian Prototype

Pengujian prototype dilakukan untuk melihat aplikasi dengan prototype dapat berjalan dengan baik. Fungsi pada kamera ini dapat menangkap gambar dari area parkir yang telah ditentukan. Pengambilan gambar pada prototype dengan menggunakan IP Camera dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Pengujian pengambilan gambar

4.2 Pengujian Pengolahan Citra

Pengujian ini dilakukan dengan cara simulasi untuk mengetahui nilai *threshold* terbaik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 6 sampel mobil-mobilan yang diambil dengan kondisi warna mobil yang berbeda-beda. Citra referensi yang digunakan adalah citra yang ditangkap pada waktu ke *t-1*.

Rentang nilai *threshold* pada pengujian ini bernilai antara 5 – 60 dengan kelipatan 5. Hasil perbandingan akurasi bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai *threshold* terbaik pada metode *frame differences*. Berikut hasil pengujian pada *exposure value* 50-60ev dalam menentukan nilai *threshold* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian Pada *exposure value* 50-60ev

No	Nilai <i>T</i>	A	B	C	D	E	F	Status	(%)
		TEKAD ADA OBJEK	TEKAD ADA OBJEK	TEKAD ADA OBJEK	TEKAD ADA OBJEK	TEKAD ADA OBJEK	TEKAD ADA OBJEK		
1	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100	
2	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100	
3	15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100	
4	20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100	
5	25	✓	✓	✓	✓	✗	✓	83,33333 333	
6	30	✓	✓	✓	✓	✗	✓	83,33333 333	
7	35	✓	✓	✓	✓	✗	✓	83,33333 333	
8	40	✗	✓	✓	✓	✗	✓	66,66666 667	
9	45	✗	✗	✓	✓	✗	✓	50	

10	50	x	x	✓	✓	x	x	33,33333 333
11	55	x	x	✓	x	x	x	16,66666 667
12	60	x	x	x	x	x	x	0
Jumlah Terdeteksi		7	8	11	10	4	9	68,05556
Presentase Akurasi (%)		66,6667	16,6667	91,6667	16,6667	16,6667	66,6667	
		66,6667	16,6667	91,6667	16,6667	16,6667	66,6667	

Berdasarkan pengujian data kedua pada Tabel 6.3 menunjukkan bahwa hasil dari pengujian dengan *exposure value* 50-60 ev (*exposure value*) dapat menghasilkan akurasi dengan rata-rata 68,05556%. Pada Mobil C yang telah diuji memiliki tingkat akurasi paling tinggi diantara yang lain dengan tingkat akurasi 91,6667%.

4.3 Pengujian Static Template Matching

Pada pengujian *static template matching* ini akan dilakukan dengan objek referensi tetap pada *exposure value* 50 ev dan pada gambar proses/kondisi *realtime* menggunakan *exposure value* 90 ev. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian Metode *Static Template Matching*

No	Nilai T	A	B	C	D	E	F	Status (%)
		Status						
1	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
2	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
3	15	✓	x	✓	x	x	✓	50
4	20	✓	x	✓	x	x	✓	50
5	25	✓	x	✓	x	x	✓	50
6	30	✓	x	✓	x	x	✓	50
7	35	✓	x	✓	x	x	✓	50
8	40	✓	x	✓	x	x	✓	50
9	45	x	x	✓	x	x	x	16,6 667

10	50	x	x	✓	x	x	x	16,6 667
11	55	x	x	✓	x	x	x	16,6 667
12	60	x	x	x	x	x	x	0
Jumlah Terdeteksi		8	2	11	2	2	8	45,8 333
Presentase Akurasi (%)		66,6667	16,6667	91,6667	16,6667	16,6667	66,6667	
		66,6667	16,6667	91,6667	16,6667	16,6667	66,6667	

Berdasarkan hasil data Tabel 6.5 menunjukkan bahwa pengujian dilakukan menggunakan pencahayaan/ *exposure value* yang berbeda pada gambar referensi dan gambar proses/*realtime*. Pada data tabel tersebut dapat dilihat bahwa hasil pengujian dengan nilai objek referensi yang tetap pada kondisi lahan dengan pencahayaan berbeda menghasilkan rata-rata tingkat akurasi sebesar 45,8333%.

4.4 Pengujian Black-box

Pengujian sistem menggunakan metode *blackbox* dapat memungkinkan adanya pengembangan untuk melihat fungsi secara keseluruhan yang ada pada aplikasi. Metode ini digunakan untuk menemukan kesalahan pada saat aplikasi berjalan.

4.5 Pembahasan

4.5.1 Pembahasan Pengujian Prototype

Dari hasil pengujian prototype diatas disimpulkan bahwa prototype sudah dapat berjalan dengan baik. Posisi kamera yang tetap sebagai acuan dalam pengambilan gambar secara statis yang dijadikan sebagai gambar referensi.

4.5.2 Pembahasan Pengujian Pengolahan Citra

Berdasarkan dari data pengujian ,presentase yang dapat diperoleh dari keseluruhan data yang telah diuji tersebut dengan menggunakan metode *frame differences* yaitu sebesar 68,05556%. Data hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 2 Hasil Presentase Pendeteksian

Uji	Hasil Status	Banyak Data	Total Data Uji	(%)
1	Terdeteksi	6	72	8,33333333
	Tidak Terdeteksi	66		91,66667
2	Terdeteksi	49	72	68,05556
	Tidak Terdeteksi	23		31,94444
3	Terdeteksi	45	72	62,5
	Tidak Terdeteksi	27		37,5

Pada tabel 6.6 pendeteksian dikelompokkan menjadi 2 bagian yang berbeda berdasarkan hasil analisis pengujian *threshold*. Bagian tersebut yaitu antara lain: ditandai Terdeteksi atau ditandai Tidak Terdeteksi. Jika menandai terdeteksi maka sistem mampu mengidentifikasi objek tersebut dengan Ada Objek.

4.5.3 Pembahasan *Static Template Matching*

Berdasarkan pengujian pada Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa objek referensi tidak diperbaharui saat kondisi lingkungan berubah, maka akan mempengaruhi hasil kinerja sistem aplikasi ini. Pengujian pada Tabel 6.5 jika kondisi objek referensi tetap pada *exposure value* 50 ev, gambar proses pada kondisi lingkungan berubah dengan *exposure value* 90 ev hasil menunjukkan bahwa rata-rata tingkat akurasi sebesar 45,8333%.

Pantulan cahaya yang berlebihan dari mobil yang ditangkap oleh kamera menghasilkan warna gelap pada saat proses *frame differences*. Hal ini yang menyebabkan objek pada area parkir mobil tidak terdeteksi.

4.5.4 Pembahasan Pengujian *Black-box*

Hasil pengujian sistem aplikasi menggunakan metode *blackbox*. Berdasarkan dari hasil pengujian menggunakan *blackbox*, maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi pendeteksi ketersediaan tempat kosong pada lahan parkir mobil menggunakan metode *Frame Differences* dan *Static template matching* sudah dapat berjalan dengan baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil pengujian aplikasi ini telah berhasil dalam membantu menginformasikan pada

petugas parkir mengenai lokasi area parkir kendaraan mobil yang masih kosong kepada pengendara mobil.

- Aplikasi ini telah mampu menampilkan hasil dari perbandingan nilai citra gambar referensi dengan citra gambar proses menggunakan *IP Camera*. Dengan hasil tersebut menghasilkan rekomendasi mengenai nilai *threshold* terbaik yang memiliki tingkat akurasi 100% yang berada pada rentang 5 – 20.
- Menerapkan metode algoritma *frame differences* untuk proses pendeteksian gerak telah mampu berjalan dengan baik dari 6 sampel data menghasilkan tingkat akurasi pendeteksi gerakan terbaik yaitu dengan *exposure value* sebesar 50-60ev, rata-rata akurasi keberhasilan mencapai 68,05556%.
- Hasil pengujian dari metode *Static template matching* ini telah menghasilkan perbedaan yang signifikan. Jika kondisi objek referensi tetap pada *exposure value* 50 ev, gambar proses dengan kondisi lingkungan berbeda pada *exposure value* 90 ev menunjukkan bahwa rata-rata tingkat akurasi sebesar 45,8333%.

5.2 Saran

Terkait dalam pendeteksian gerak, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pendeteksian gerak pada deteksi parkir ini, salah satunya yaitu faktor cahaya, warna mobil dan *threshold*. Untuk pengembangan selanjutnya maka disarankan menggunakan alat ukur cahaya (*luxmeter*) dan menambahkan metode lain seperti metode filter untuk mengurangi noise yang terdeteksi pada kamera. Sehingga dapat menghasilkan aplikasi pendeteksi gerak yang lebih baik.

Daftar Pustaka:

- Antonious, Alvin, dkk. 2015. *Penerapan Pengolahan Citra Dengan Metode Adaptive Motion Detection Algorithm Pada Sistem Kamera Keamanan Dengan Push Notification ke Smartphone Android*. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Gonzales, R., dan Wood, R. (2008). *Digital Image Processing, 3rd edition*. Prentice Hall.
- Gupta, N., Gupta, R., Singh, A., dan Wytock, M. (2008). *Object Recognition using Template Matching*. California, USA: Stanford.edu.

- Hermawati, Fajar Astuti. 2013. *Pengolahan Citra Digital Konsep & Teori*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Sommerville, I., 2003. *Software Engineering (Rekayasa Perangkat Lunak)/Edisi 6/ Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati, O. D., dan Wijanarto. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset dan UDINUS Semarang.
- Tyasa, Muhadi Ardhie, dkk. *Deteksi Tempat Kosong Pada Lahan Parkir Mobil Menggunakan Metode Vehicle Detection Dan Operator Laplacian Of Gaussian (Log)*. Universitas Brawijaya Malang. Malang.
- Zul, Muhammad Ihsan, dkk. *Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Gerak Berbasis Web Dengan Menggunakan Metode Frame Differences Dan Dynamic Template Matching*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.