

IMPLEMENTASI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK MEMPRAKIRAKAN DIMENSI BARANG PADA PROTOTYPE *SMART LOCKERS*

IMPLEMENTATION OF DIGITAL IMAGE PROCESSING FOR ESTIMATING THE DIMENSION OF A LUGGAGE ON *SMART LOCKERS* PROTOTYPE

Ivan Fauzi Islami¹, Sigit Yuwono, ST., M.Sc., Ph.D.², Ramdhan Nugraha, S.Pd., M.T.³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ivanfauziislami@gmail.com, ² yuwono@telkomuniversity.ac.id, ³ ramdhan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tempat penyimpanan barang yang berada di stasiun kereta api dan bandara, pada umumnya masih menggunakan manusia dalam menempatkan suatu barang. Tugas akhir ini bertujuan untuk menciptakan sebuah *Prototype Smart Lockers* yang dapat secara otomatis menyimpan barang ke loker berdasarkan ukuran. Pengolahan citra digital digunakan untuk memprakirakan kesesuaian ukuran tersebut. Secara keseluruhan *Prototype Smart Lockers* yang dikembangkan terdiri dari tiga bagian: bagian penerimaan, bagian penyimpanan, dan bagian pengambilan barang. Pada tugas akhir ini, dibahas bagian penerimaan barang. Pada bagian penerimaan, suatu pengolah citra digital diimplementasikan untuk memprakirakan dimensi (panjang x lebar) barang dan suatu *conveyor* digunakan sebagai wahana untuk memindahkan barang dari tempat penerimaan ke loker yang telah disediakan.

Pada sistem pengolahan citra digital di bagian penerimaan, sebuah kamera *webcam* digunakan untuk mendeteksi bentuk suatu objek kemudian hasilnya akan menginisiasi proses pengolahan citra digital untuk memprakirakan dimensi barang tersebut. Selain itu sensor ultrasonik digunakan untuk membantu mendapatkan nilai jarak dari kamera ke benda. Dimensi barang akan diklasifikasikan menjadi ukuran S (kecil), M (sedang) dan L (besar) sesuai dengan klasifikasi ukuran petak loker yang tersedia. Klasifikasi keluaran sistem pengolahan citra digital kemudian akan dibandingkan dengan data ketersediaan petak loker dari bagian penyimpanan barang.

Pengolahan citra digital dapat diimplementasikan untuk memprakirakan dimensi dari suatu barang, dengan rata-rata persentase *error* pengukuran yang cukup kecil yaitu 7,7 %. Tetapi ada keterbatasan dalam metode ini seperti tidak dapat mendeteksi objek yang memiliki warna terang dan warna putih.

Kata Kunci: Otomatisasi, *Prototype Smart Lockers*, Pengolahan Citra Digital, *Conveyor*.

Abstract

Safe deposit boxes are typically located in railway station and airport, commonly called the lockers in general are still using manpower. This final project aims to create a prototype Smart Lockers, which can automatically store the goods to fit locker appropriate size. Digital image processing is used to predict the suitability of these sizes. Overall Smart Lockers prototype consists of three parts: the receipt, storage section, and pickup part. In this thesis, discussed only receipt part of goods. At the reception, a digital image processing is implemented to predict the dimensions (length x width) of goods to be deposited and a conveyor is used as a vehicle to move goods from point of receipt to the lockers provided.

On Digital Image Processing system at the reception, a web camera is used to detect the presence of an object, then the results will initiate the process of Digital Image Processing to predict the dimensions of the goods. In addition, ultrasonic sensors are used to help get the distance value from the camera to the object. Goods dimensions will be classified into size S (small), M (medium), and L (large) in accordance with the classification of plot size lockers available. Classification of Digital Image Processing system output will then be compared with the data availability swath from the storage locker.

Digital image processing can be implemented to predict the dimensions of a good, with an average percentage of measurement error small enough that is 7.7%. But there are limitations in this method such as can not detect objects that have bright colors and white colors.

Keywords: Automation, *Prototype Smart Lockers*, Digital Image Processing, *Conveyor*.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang Masalah

Tempat penyimpanan barang yang berada di stasiun kereta api dan bandara, pada umumnya masih menggunakan manusia dalam menempatkan suatu barang. Pemandangan dan pengambilan barang penumpang biasanya dilakukan oleh pegawai ke loker yang telah disediakan. Salah satu masalah yang ada pada tempat penyimpanan barang di stasiun yaitu, pegawai bingung menempatkan posisi barang jika sudah banyak barang yang dititipkan dan barang yang ditempatkan tidak sesuai dengan ukuran pada lokernya. Berikut gambar 1 merupakan contoh dari loker yang berada di stasiun kereta api Putrajaya Malaysia.



Gambar 1. Loker di stasiun Putrajaya Malaysia[6]

Prototype Smart Lockers merupakan sebuah prototipe dari loker yang menggunakan pengolahan citra digital dan sensor ultrasonik untuk mengidentifikasi ukuran barang dan sebuah penghantar barang yang menggunakan konveyor sederhana sebagai alat pemindahannya, ketika barang penumpang telah dideteksi barang ditempatkan di konveyor dan akan bergerak menuju loker yang sesuai ukurannya. Pengolahan citra digital pada prototipe ini berguna untuk mengukur barang yang berbeda-beda ukurannya.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Mengimplementasikan pengolahan citra digital untuk identifikasi ukuran barang pada *Prototype Smart Lockers*.
2. Otomatis menyimpan barang ke loker setelah identifikasi ukuran barang berdasarkan ukurannya.

1.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara untuk mengirimkan barang tersebut menuju loker secara otomatis?
2. Bagaimana ukuran barang terukur menggunakan *image processing*?
3. Bagaimana cara mengetahui barang sudah berada dalam loker?

2. Penurunan konsep solusi dan dasar teori

2.1. *Prototype Smart Lockers*

Prototype Smart Lockers yang akan dibuat merupakan prototipe yang berbasis dengan pengolahan citra digital. Pengolahan citra digital ini berguna untuk mengukur dimensi dari suatu barang yang nantinya barang tersebut akan disimpan kedalam loker. pada pembahasan ini saya akan menjelaskan diagram sistem pengantaran barang dari lokasi awal hingga ke loker yang dituju.

2.1.1. Lokasi Awal dan Deteksi Objek

Dijelaskan bahwa terdapat lokasi awal objek, pada lokasi awal ini objek disimpan di tempat dengan *background* putih. Untuk mendeteksi sebuah objek, sensor yang digunakan adalah berupa kamera dan sensor ultrasonik, sensor ultrasonik merepresentasikan nilai jarak yang dibutuhkan dalam sebuah perhitungan untuk menentukan panjang dan lebar. Setelah gambar telah di proses, data yang berupa jumlah piksel yang terpakai dikirimkan ke mikrokontroler untuk menentukan ukuran panjang dan lebar suatu objek, yang kemudian data ukuran tersebut ditampilkan dan digunakan untuk menentukan loker yang akan diisi oleh suatu objek berdasarkan ukuran.

2.1.2. Pengolahan Citra Digital Dalam Sistem

Tahap awal yang dilakukan adalah membuat sebuah perbedaan pada gambar. Proses diawali dengan mengambil citra pertama untuk dijadikan *background frame* yang akan diinisialisasi sebagai referensi dan *background frame*. *Thresholding* merupakan suatu metode yang digunakan untuk memisahkan objek dan *background*, proses ini sering disebut dengan proses binerisasi. Selanjutnya citra pertama digabungkan dicari perbedaannya dengan menggunakan Absdiff yang termasuk kedalam *background subtraction*, metode ini digunakan untuk membedakan sebuah *background frame* dengan objek baru, hal tersebut mempermudah dalam proses mendeteksi objeknya. Setelah itu *FindContour* digunakan untuk mencari sebuah kontur atau pola dari sebuah citra biner yang telah didapatkan dengan cara *thresholding*. *Contourarea* ini merupakan sebuah algoritma yang digunakan ketika ingin menghitung sebuah area dari kontur yang telah ditandai. *BoundingRect* ini merupakan algoritma untuk menghitung lokasi, panjang dan tinggi dari hasil yang telah dikeluarkan oleh *Findcontour*.

2.1.3. Pemrosesan Data

Dalam membuat sistem, sebuah data masukan perlu diproses yang nantinya akan menjadi sebuah keluaran yang diinginkan. Pemrosesan data ini dapat dilakukan dengan menggunakan sebuah mikrokontroler dan komputer. Mikrokontroler ini digunakan sebagai peranti tambahan untuk menjalankan instruksi yang diberikan komputer melalui komunikasi serial, dengan memanfaatkan Port USB (*Universal Serial Bus*).

2.1.4. Masukan Password

Untuk menjalankan sistem pada *Prototype Smart Lockers*, penumpang perlu memasukan *password* sebagai identitas barang miliknya. Pada implementasinya tiap-tiap loker yang tersedia akan memiliki *password* masing-masing. Sehingga ketika pengguna memasukan *password* yang berbeda dengan loker, maka sistem tidak akan memproses dan tertolak. Dalam memasukan *password* alat yang digunakan berupa *keypad* yang akan terintegrasi dengan Mikrokontroler.

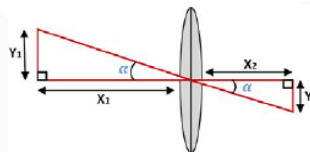
2.1.5. Sistem Pengantar Barang ke Loker

Sistem Pengantar barang *Prototype Smart Lockers* ini menggunakan *conveyor* yang akan bergerak ketika *password* telah dimasukan. Untuk menggerakkan konveyor ini komponen yang digunakan yaitu berupa motor DC (*direct current*), dan ketika barang telah sampai di loker tujuan maka palang untuk menghadang barang akan otomatis terbuka pergerakan palang ini digerakan oleh aktuator yang berupa motor servo.

2.2. Pengukuran Objek dengan Kesebangunan

Penggunaan konsep kesebangunan ini sudah banyak diterapkan di kehidupan sehari-hari. Misalnya konsep kesebangunan ini digunakan untuk mencari ukuran dari sebuah benda. Begitu juga dengan mencari tinggi dari sebuah benda yang terdapat pada foto. Dua atau lebih bangun dikatakan sebangun jika memenuhi syarat-syarat yaitu memiliki sisi-sisi yang bersesuaian dan sebanding serta sudut-sudut yang bersesuaian sama besar [1].

Dalam pengukuran sebuah objek konsep yang digunakan adalah konsep kesebangunan segi empat, jadi ukuran tinggi segi empat diatur menyesuaikan tinggi objek yang akan diukur pada layar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 dimana kesebangunan terbentuk dari hasil pelukisan sinar-sinar istimewa dari lensa cembung.



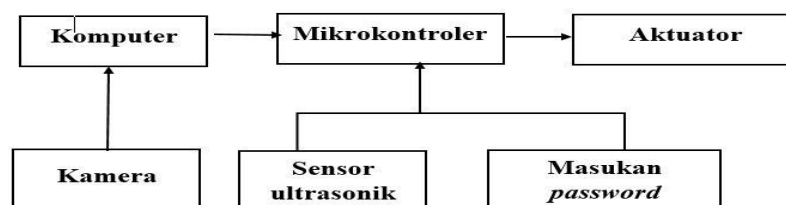
Gambar 2.1. Pembentukan bayangan pada lensa cembung

Dari gambar tersebut dapat dijelaskan X_1 merupakan Jarak benda terhadap kamera, Y_1 adalah tinggi sebenarnya benda, sementara X_2 adalah besar maksimum resolusi panjang. Sementara untuk Y_2 adalah tinggi benda pada kamera (bayangan), bayangan dalam sebuah kamera merupakan hasil dari proyeksi dari lensa, dimana bayangan tersebut akan terbentuk diatas permukaan sensor yang ada didalam kamera, yang selanjutnya akan ditampilkan ke *display*. Dari gambar 2.1 dapatlah persamaan berikut untuk mencari dari tinggi sebuah benda yang dapat diaplikasi pada program.

$$Y_1 = (Y_2.X_1)/X_2 \quad (2.1)$$

3. Perancangan Sistem

Prototype Smart Lockers merupakan sebuah prototipe dari loker tempat penyimpanan barang yang berada di stasiun dengan menggunakan pengolahan citra digital sebagai identifikasi dari volume barang, loker yang dibuat berjumlah 3 loker, dengan ukuran yang berbeda dan ditempatkan disebuah lokasi di stasiun yang dianggap aman, penumpang hanya diminta untuk memasukan sebuah kata kunci sebagai identitas dan menyimpan sebuah barang dilokasi yang telah ditentukan, dan berikut gambar 3.1 yang merupakan blok diagram sistem kerja dari *Prototype Smart Lockers*.

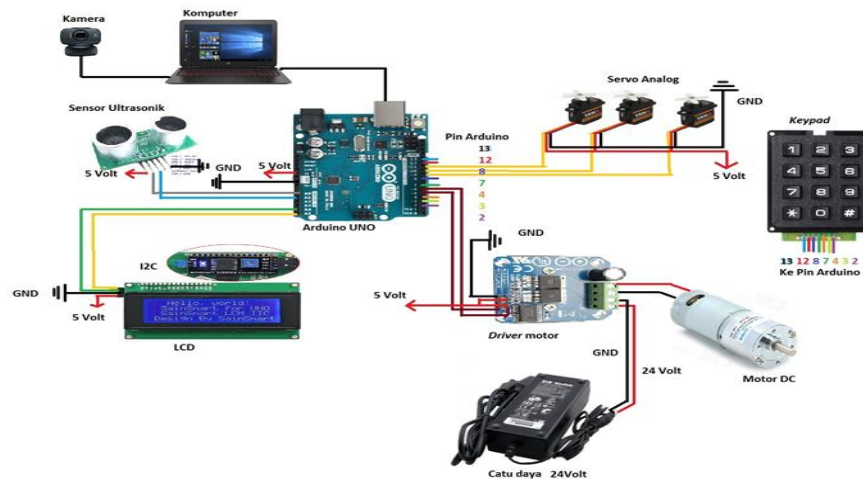


Gambar 3.1. Diagram blok umum.

Sistem kerja *Prototype Smart Lockers* secara umum dapat dijelaskan dari Gambar 3.1. Terdapat sebuah kamera yang akan mengambil gambar objek untuk diidentifikasi ukurannya. Data gambar tersebut lalu dikirimkan ke komputer untuk diproses menggunakan metode pengolahan citra digital. Penggunaan komputer bertujuan agar proses dalam pengolahan citra digital dapat dengan mudah diproses dengan cepat sedangkan pada miniPC masih sangat terbatas, karena hardware pada miniPC sudah ditetapkan dan terkadang tidak mampu mengatasi pengolahan gambar yang diakibatkan hardware yang tidak mumpuni. Setelah proses selesai data akan dikirimkan ke mikrokontroler data hasil dari pengolahan citra digital akan diolah dengan data dari sensor ultrasonik, sensor ultrasonik disini berfungsi sebagai sensor yang merepresentasikan nilai jarak yang didapat.

3.1. Perancangan Elektronika

Berdasarkan dari sistem yang telah dijelaskan pada sub bab 3.1, berikut gambar 3.2 yaitu perancangan elektronika yang diterapkan pada sistem *Prototype Smart Lockers*.



Gambar 3.2. Perancangan Elektronika

Pada perancangan elektronika *Prototype Smart Lockers*, digunakan beberapa komponen, yaitu :

1. Deteksi Objek
 - Kamera
 - Sensor Ultrasonik
2. Aktuator
 - Motor DC
 - Servo Analog
3. Mikrokontroler
4. Komputer

3.2. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 3.3. Perancangan perangkat keras.

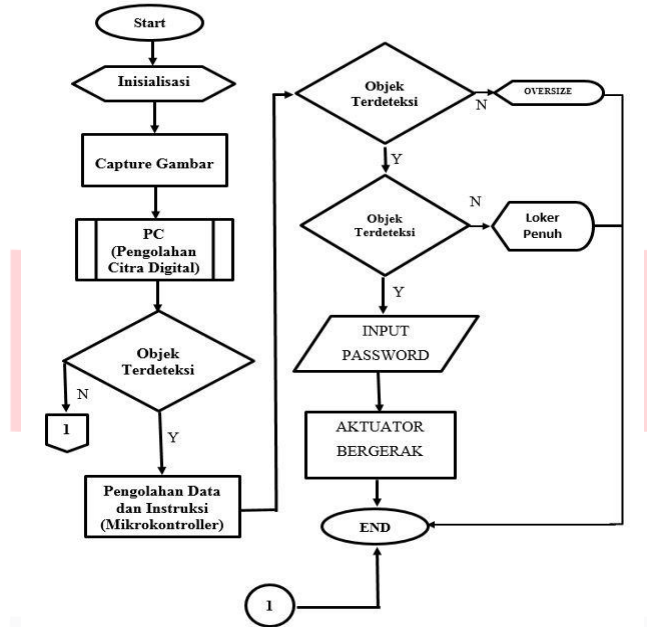
Gambar 3.3 merupakan *Prototype Smart Lockers* yang dibuat, loker yang dibuat memiliki ukuran yang berbeda-beda, dimaksudkan untuk mengetahui apakah barang dengan ukuran medium masuk pada loker dengan ukuran medium begitu juga dengan ukuran loker yang lainnya. Dari ketiga loker tersebut di klasifikasikan menjadi 3 loker yaitu :

1. Loker A (kecil) = 12 cm (panjang) x 12 cm (lebar)
2. Loker B (medium) = 17 cm (panjang) x 17 cm (lebar).
3. Loker C (besar) = 21 cm (panjang) x 21 cm (lebar).

Untuk barang yang akan diidentifikasi memiliki ketentuan sebagai berikut :

1. Barang yang diidentifikasi memiliki warna gelap.
2. Permukaan pada barang yang dideteksi tidak memantulkan cahaya.
3. Ukuran barang tidak melebihi ukuran loker.

3.3. Diagram Alir Kerja Sistem

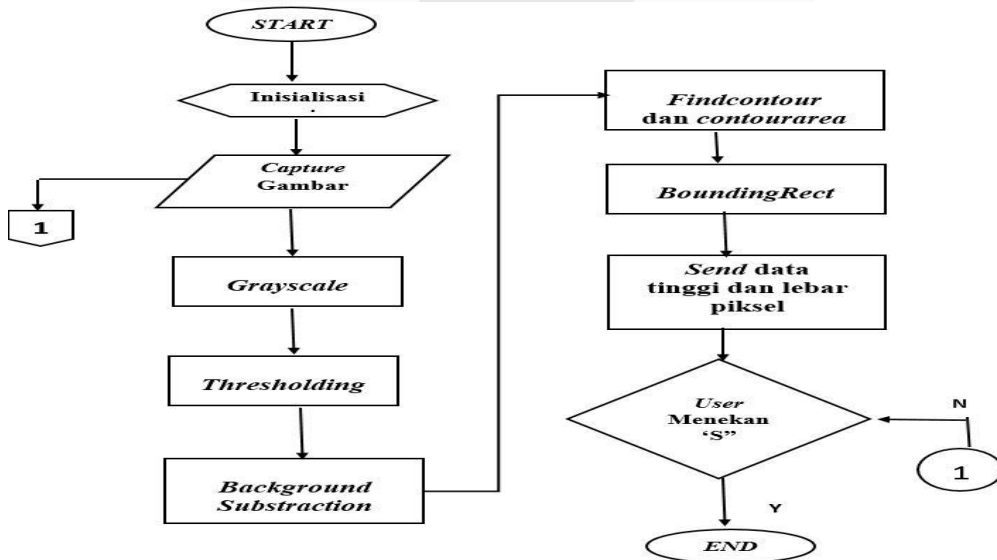


Gambar 3.4. Diagram alir kerja sistem

Berikut gambar 3.4 menjelaskan cara kerja sistem dari *Prototype Smart Lockers*, yang pertama dilakukan ialah menhidupkan alat dan memberi catu daya ke masing-masing alat, kemudian memberikan batasan-batasan ukuran terhadap objek yang telah ditentukan, selanjutnya barang disimpan di lokasi awal tempat penyimpanan barang yang berdekatan dengan konveyor.

Kamera mengambil gambar objek lalu memproses dengan metode pengolahan citra digital di komputer untuk mendapatkan ukuran dimensi dari barang tersebut, jika ukuran barang tidak sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan maka pengambilan objek dilakukan ulang, jika tetap sama maka barang tidak dapat diproses untuk disimpan di loker. Setelah terukur data dikirimkan ke mikrokontroler untuk selanjutnya diproses, jika loker tersedia, terlebih dahulu penumpang untuk memasukan *password*, lalu menempatkan barang di atas konveyor.

3.4. Diagram Alir Program Pengolahan Citra Digital



Gambar 3.5. Sub flowchart program pengolahan citra digital

Gambar 3.5 menjelaskan alur pengolahan citra digital, citra awal terlebih dahulu di filter dari RGB ke *grayscale* yang selanjutnya akan di filter dan dipisahkan antara *Background* dan objek menggunakan *Thresholding*, *Thresholding* merupakan gambar biner yang hanya terdiri dari warna hitam dan putih ini akan memudahkan algoritma *findcontour* dalam mencari sebuah pola atau kontur yang berbeda dari *Background frame*, ketika pola yang diinginkan sudah didapatkan dengan *Findcontour* tadi maka algoritma *Contourarea* akan menghitung pola yang ada.

Kontur area ini dihitung agar algoritma selanjutnya dapat membuang area yang terlalu kecil agar tidak memperbanyak pengulangan pada tahap algoritma *BoundingRect*. Selanjutnya dari hasil pencarian kontur dan *contourarea* didapatkan sebuah nilai piksel panjang dan lebar tersebut yang sebelumnya telah dilakukan *BoundingRect* yang mana pola yang telah terkontur akan dibentuk dengan pola kotak yang mengelilingi pola tersebut.

4. Hasil Percobaan dan Analisa

4.1. Pengujian Pengukuran Objek Menggunakan *Image Processing*

Pada hasil pengujian ini terdapat 5 buah objek yang diuji. Masing-masing objek diuji sebanyak 10 kali pengulangan. Berikut adalah tabel nilai rata-rata hasil pengukuran tiap objek beserta nilai persentase *error* pengukuran.

Tabel 4.1. Nilai rata-rata dan persentase *error*

No	Objek yang diukur	Pengukuran manual (cm)			Rata-rata pengukuran menggunakan sensor sebanyak 10 kali pengulangan			Selisih pengukuran			% Error Relative		
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Jarak (cm)	Jarak (cm)	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Jarak (cm)	%Error Relative Panjang	%Error Relative Lebar	%Error Relative Jarak
1	Objek 1	12	6	31	31,7	6,0	12,3	0,3	0	0,7	2,78	0	2,15
		12	6	33	33,0	6,0	12,0	0	0	0	0	0	0
		12	6	35	35,0	6,0	12,3	0,3	0	0	2,78	0	0
		12	6	37	37,0	6,3	12,3	0,3	0,3	0	2,78	5,56	0
		12	6	39	39,0	6,0	12,0	0	0	0	0	0	0
Rata-rata							0,2	0,1	0,13	1,67	1,11	0,43	
2	Objek 2	12	17	31	30,0	17,0	12,0	0	0	1	0	0	3,23
		12	17	33	31,3	16,3	12,0	0	0,7	1,7	0	3,92	5,05
		12	17	35	33,3	17,0	12,0	0	0	1,7	0	0	4,76
		12	17	37	35,0	17,0	12,0	0	0	2	0	0	5,41
		12	17	39	37,0	17,0	12,0	0	0	2	0	0	5,13
Rata-rata							0	0,13	1,67	0	0,78	4,71	
3	Objek 3	13	8	31	31,0	8,0	14,0	1	0	0	7,69	0	0
		13	8	33	33,0	8,0	14,0	1	0	0	7,69	0	0
		13	8	35	35,0	8,0	14,0	1	0	0	7,69	0	0
		13	8	37	37,0	8,0	14,0	1	0	0	7,69	0	0
		13	8	39	39,0	8,0	14,0	1	0	0	7,69	0	0
Rata-rata							1	0	0	7,7	0	0	
4	Objek 4	22	17	31	31,0	16,0	22,0	0	1	0	0	5,88	0
		22	17	33	32,7	16,7	22,0	0	0,3	0,3	0	1,96	1,01
		22	17	35	35,0	17,0	22,0	0	0	0	0	0	0
		22	17	37	37,0	17,0	22,7	0,7	0	0	3,03	0	0
		22	17	39	39,0	17,0	22,7	0,7	0	0	3,03	0	0
Rata-rata							0,3	0,3	0,1	1,2	1,6	0,2	
5	Objek 5	19	7	31	31,3	7	19,7	0,7	0	0,3	3,51	0	1,08
		19	7	33	33	7	20	1	0	0	5,26	0	0
		19	7	35	35	7	20	1	0	0	5,26	0	0
		19	7	37	37	7	20	1	0	0	5,26	0	0
		19	7	39	39	7	20	1	0	0	5,26	0	0
Rata-rata							0,9	0	0,1	4,9	0	0,2	

Dalam melakukan pengujian pengukuran objek, dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan pengujian untuk memastikan hasil pengukuran. Adapun jarak benda ketika diukur yaitu 31 cm, 33 cm, 35 cm, 37 cm dan 39 cm. Dari kelima objek yang di uji, perbedaan pengukuran objek dikarenakan ada beberapa faktor seperti bentuk yang diukur cenderung berbeda-beda seperti objek yang cembung, tidak rata dan memiliki bahan yang licin. Ini berpengaruh terhadap pengukuran jarak yang didapat dari ultrasonik dan penangkapan gambar oleh kamera. Selain itu keakuratan ultrasonik juga dibutuhkan, karena pengukuran objek yang berbeda-beda dengan letak penempatannya berpengaruh terhadap nilai dari panjang dan lebar yang terukur.

4.2. Pengujian Ketepatan Dalam Menentukan Ukuran Loker

Pada hasil pengujian ini terdapat 6 objek yang memiliki bentuk yang berbeda-beda dan percobaan yang dilakukan dengan jarak berbeda-beda, terdapat klasifikasi ukuran yaitu Loker C (besar) = 21 cm (panjang) x 21 cm (lebar), Loker B (medium) = 17 cm (panjang) x 17 cm (lebar) dan Loker A (kecil) = 12 cm (panjang) x 12 cm (lebar).

Tabel 4.2 Tabel Ketepatan Loker

No.	Objek yang diukur	Pengukuran manual (cm)			Ukuran Seharusnya	Rata-rata pengukuran menggunakan sensor (cm)			Presentase Ketepatan loker (%)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Jarak (cm)		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Jarak (cm)	
1	Objek 1	12	20	31	C(Besar)	12	20	31	100
		12	20	33	C(Besar)	12	20	33	
		12	20	35	C(Besar)	12	20	35	
		12	20	37	C(Besar)	12	20	37	
		12	20	39	C(Besar)	12	20	39	
2	Objek 2.	7	17	31	B(sedang)	7	17	31	88
		7	17	33	B(sedang)	6	17	33	
		7	17	35	B(sedang)	6	17	35	
		7	17	37	B(sedang)	6	17	37	
		7	17	39	B(sedang)	6	17	39	
3	Objek 2.2	12	6	31	A(kecil)	12	6	31	100
		12	6	33	A(kecil)	12	6	33	
		12	6	35	A(kecil)	12	6	35	
		12	6	37	A(kecil)	12	6	37	
		12	6	39	A(kecil)	12	6	39	
4	Objek 3	15	15	31	B(sedang)	15	15	31	100
		15	15	33	B(sedang)	15	15	33	
		15	15	35	B(sedang)	16	15	36	
		15	15	37	B(sedang)	15	15	38	
		15	15	39	B(sedang)	15	15	40	
5	Objek 4	12	17	31	B(sedang)	12	17	30	100
		12	17	33	B(sedang)	12	17	31	
		12	17	35	B(sedang)	12	17	33	
		12	17	37	B(sedang)	12	17	35	
		12	17	39	B(sedang)	12	17	37	
6	Objek 5	10	6	31	A(kecil)	10	6	32	82
		10	6	33	A(kecil)	12	7	39	
		10	6	35	A(kecil)	10	6	36	
		10	6	37	A(kecil)	10	6	38	
		10	6	39	A(kecil)	13	8	54	

Setelah dilakukannya pengukuran untuk memastikan ketepatan penempatan objek di loker, dapat dilihat pada tabel 4.2 diatas hampir keseluruhan objek yang diukur menunjukkan angka diatas 80%, yang berarti ketepatan sistem dalam menentukan loker untuk objek yang sesuai ukurannya telah sesuai. Sampel yang diukur memiliki beberapa bentuk yang berbeda seperti Objek 1 merupakan objek yang berbentuk Segitiga, Objek 2 dan Objek 2.2 berbentuk persegi dengan ukuran S dan M, Objek 4 berupa lingkaran, Objek 5 berupa trapesium dan Objek 6 berbentuk tabung.

Pada beberapa sampel objek seperti objek 6 yang telah dilakukan pengukuran menunjukkan angka persentase terkecil yaitu 82%. Dapat dilihat pada tabel bagian jarak terdapat rata-rata *error* jarak yang cukup besar, pada jarak 39 cm, jarak yang didapat oleh sensor ultrasonik menunjukkan jarak rata-rata yaitu 54 cm. *Error* jarak ini dikarenakan objek 6 merupakan objek yang berbentuk tabung, sehingga gelombang sensor ultrasonik yang terpancar tidak sepenuhnya mengenai objek 6. itulah yang menyebabkan *error* jarak cukup besar ketika objek berada jauh dari sensor ultrasonik. Sementara untuk objek lain meskipun memiliki bentuk yang berbeda-beda *error* jarak yang terjadi tidak begitu besar. Hal ini dikarenakan permukaan pada objek itu rata.

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang sudah dilakukan terhadap pengukuran objek, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, pengolahan citra digital dapat diimplementasikan pada *Prototype Smart Lockers* untuk mengidentifikasi ukuran barang yang akan disimpan ke dalam loker. Hal ini berdasarkan selisih *error* yang kecil pada tiap-tiap pengukuran yaitu hanya ± 1 cm (sekitar 7,7 %).
- 2) Setelah ukuran barang teridentifikasi, barang yang ditempatkan pada konveyor berhasil menuju loker berdasarkan ukurannya, yang mana palang yang terpasang pada konveyor secara otomatis bergerak, sehingga barang yang melaju di atas konveyor akan secara otomatis menuju loker yang sesuai dengan ukurannya.

5.2 Saran

Dilihat dari pengujian yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

- 1) Untuk pengukuran jarak yang berguna untuk membantu perhitungan objek lebih baik digunakan sensor ultrasonik yang memiliki kualitas baik, sehingga perhitungan dapat lebih akurat lagi.
- 2) Untuk perangkat dalam pemrosesan pengolahan citra digital dapat digunakan perangkat yang ringkas seperti mikrokomputer dengan spesifikasi yang tinggi.
- 3) Menggunakan metode identifikasi objek yang lain agar lebih akurat.
- 4) Dapat dikembangkan dengan menggunakan sistem *data base*.
- 5) Dapat dikembangkan untuk melakukan pengukuran lain seperti mengukur telapak kaki, guna keperluan industri sepatu

Daftar Pustaka

- [1] Agus, Nuniek Avianti. (2008). Mudah Belajar Matematika Untuk Kelas IX (hal 14). Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- [2] Eka Ardhianto, Wiwien Hadikurniawan dan Zuli Budiarmo, " Implementasi Metode Image Subtracting dan Metode Regionprops untuk Mendeteksi Jumlah Objek Berwarna RGB pada File Video", Vol.18, ISSN:0854-9524.
- [3] P. D. Mahamuni, R. P. Patil and H. S. Thakar, "Moving Objek Detection using Background Subtraction Algorithm using Simulink," International Journal of Research in Engineering and Technology, vol. 03, no. 06, pp. 594-598, 2014.
- [4] A. D. Alzughairi, H. A. Hakami and Z. Chaczko, "Review of Human Motion Detection based on Background Subtraction Techniques," International Journal of Computer Applications, vol. 122, no. 13, pp. 1-5, 2015.
- [5] RD. Kusumanto, Alan Novi Tompunan, "Pengolahan citra digital untuk mendeteksi obyek menggunakan pengolahan warna model normalisasi RGB", Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2011 (Semantik 2011), ISBN 979-26-0255-0.
- [6] Loker. <https://siimedina.wordpress.com/2015/08/30/malaysia-historical-trip-5/> Diakses tanggal: 11-5-17.