

METODE STEREO VISION DENGAN KAMERA CMOS UNTUK PENGUKURAN JARAK

Asmar Finali¹

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember Jl. Karimata no.49 Jember 6812

Email : pcfinali@gmail.com

ABSTRACT

Excess image sensor digital camera is not just a picture taker or produce video, can be also as a measurement tool. Through the method of image processing, can be processed input image or an object taken from the camera. Image processing can be thresholding, edge detection and template matching. Required sensing with two images obtained from the stereo camera simultaneously or stereo vision. The camera used has properties or specifications are identical. Open CV was contribute to image processing, object interpretation and also the calibration process. Calibration function to search for intrinsic and extrinsic parameters of the camera. Research uses a solid object in the form of balls of various sizes and colors. Epipolar and stereoscopic as the method to be used, because in previous studies, it is very suitable for processing images with color segmentation. As for digital image processing using the method thresholding. Research results obtained, that the object of pingpong ball motionless when lighting using sunlight has RMSE (root mean square error) of 2.64% while the value of a tennis ball RMSE is 2.53%. Research by lighting using indoor lighting, RMSE was 1.03% pingpong ball, tennis ball RMSE of 2.25%. While on the moving object, either RMSE pingpong ball or a tennis ball, its value is greater than when the motionless object. Measuring tool using a stereo camera capable of detecting targets up to a distance of 300 cm, but at a distance of 200 cm level of confidence does not the 95%. Lighting greatly affect the measurement results CMOS camera, because scalar target color easily changed.

Keyword: image processing, thresholding, OpenCV, epipolar, stereo cameras, stereoscopic

PENDAHULUAN

Metode *stereo vision* untuk memperkirakan jarak objek dari kamera, dapat menggunakan metode *euclidean distance* dan *stereoscopic*, yang telah mampu membuktikan dengan perkiraan jarak objek dari kamera [1]. Sedangkan pada proses *tracking* objek menggunakan metode *threshold* yang memakai dua kamera, bahwa kondisi pengambilan objek terbaik adalah pada saat kondisi malam hari di dalam ruangan, hal ini disebabkan oleh pencahayaan dalam ruangan sangatlah stabil sehingga tidak terpengaruh adanya pencahayaan dari sinar matahari yang sangat terang [2]. Metode *threshold* untuk *tracking* objek sangat sensitif sekali, diantaranya berpengaruh dengan pencahayaan terhadap objek kesamaan warna pada objek, dan kesamaan bentuk objek.

Sensor kamera CMOS (*complementary metal oxide semiconductor*) baik untuk mendeteksi objek bergerak karena memiliki fps (*frame per second*) tinggi. Sedangkan kelemahan sensor CMOS adalah tingkat *noise* yang tinggi. Penelitian yang akan dilakukan dengan memanfaatkan dua kamera (*stereo vision*), cara kerjanya mirip dengan sifat mata manusia. Sistem *stereo vision*

diharapkan mampu memiliki kemampuan mengenali objek, persepsi terhadap suatu benda, melakukan target area terhadap suatu lokasi ruangan atau lorong dan menentukan jarak relatif benda. Pengenalan suatu objek sangat dipengaruhi oleh variasi cahaya pada lingkungan dan identifikasi objek.

Penelitian ini dapat diaplikasikan sebagai pemantau jarak, perhitungan jarak yang digunakan pada penelitian menggunakan perhitungan *euclidean distance* dan *stereoscopic* karena cocok untuk objek pejal. Pengambilan *image* objek dilakukan di dalam ruangan secara langsung. Pengolahan hasil *image* dengan cara *thresholding* yang dibuat dengan bahasa pemrograman C++, sedangkan objek yang digunakan adalah objek berbeda warna dan ukuran.

METODOLOGI PENELITIAN

Kamera

Kamera secara umum memiliki dua jenis sensor, CCD (*charge coupled device*) dan CMOS (*complimentary metal-oxide semiconductor*). Sensor CCD maupun CMOS fungsinya sama, yaitu mengubah cahaya menjadi elektron. Dalam

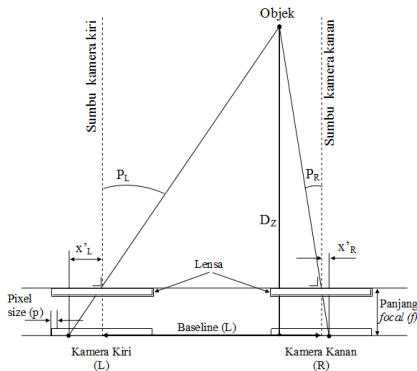
membaca nilai dari setiap sel di dalam gambar. Kamera bersensor CCD, nilai tersebut dikirimkan ke dalam sebuah chip dan sebuah konverter analog ke digital mengubah setiap nilai piksel menjadi nilai digital. Sedangkan kamera bersensor CMOS, beberapa transistor dalam setiap piksel yang memperkuat dan memindahkan elektron dengan menggunakan kabel. Sensor CMOS lebih fleksibel karena membaca setiap piksel secara individual. Tingkat *noise* sensor CCD relatif kecil, sensor CMOS kemungkinan ada *noise* lebih besar dari CCD. Untuk sensitivitas CMOS lebih rendah dari sensor CCD karena setiap piksel terdapat beberapa transistor yang saling berdekatan.

Thresholding

Thresholding digunakan untuk mengatur derajat keabu-abuan yang ada pada *image*, dengan *thresholding* maka derajat keabu-abuan dapat diubah sesuai dengan keinginan. Teknik ini memisahkan bagian gambar yang sesuai dengan objek (*foreground*) dengan latar belakangnya (*background*). Metode ini juga digunakan untuk mengkonversi data *image* menjadi data biner dengan tujuan agar proses selanjutnya menjadi mudah. Masukan dari proses ini dapat berupa citra biner (*binary image*). *Binary image* yang dihasilkan dari proses *thresholding* ini dapat diatur sedemikian rupa sehingga citra ini hanya memiliki dua macam warna saja yaitu warna hitam yang merepresentasikan *background* dan diwakili oleh level 0 serta warna putih yang merepresentasikan *foreground* dan diwakili oleh level 1.

Kamera Stereo

Pergeseran antara lokasi dari dua fitur pada bidang gambar disebut disparitas. Bidang yang melewati pusat kamera dan titik fitur dalam *scene* disebut bidang epipolar [3]. Perpotongan bidang epipolar dengan bidang gambar mendefinisikan garis epipolar, geometri hubungan antara kamera kiri dan kamera kanan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Geometri pengukuran dengan dua kamera

Objek dengan koordinat x, y, D_z diamati pada titik-titik *pixel size* di bidang *image* kamera kiri dan kanan. Diasumsikan bahwa sistem koordinat

bertepatan dengan sumbu pusat lensa. Membandingkan segitiga dari sudut P_L dan P_R , untuk kamera kiri didapatkan:

$$\frac{x}{D_z} = \frac{x'_l}{f} \dots\dots\dots (1)$$

Untuk kamera kanan didapatkan:

$$\frac{x-L}{D_z} = \frac{x'_r}{f} \dots\dots\dots (2)$$

Kombinasi dari rumus 1 dan 2, didapat:

$$D_z = \frac{L \cdot f}{(x'_l - x'_r)} \dots\dots\dots (3)$$

$x'_l - x'_r$ juga disebut sebagai disparitas, sudut dari kamera kiri (P_L) dapat diperoleh dengan rumus:

$$P_L = \tan^{-1} \frac{x'_l \cdot f}{f} \dots\dots\dots (4)$$

Sudut dari kamera kanan (P_R) dapat diperoleh dengan rumus:

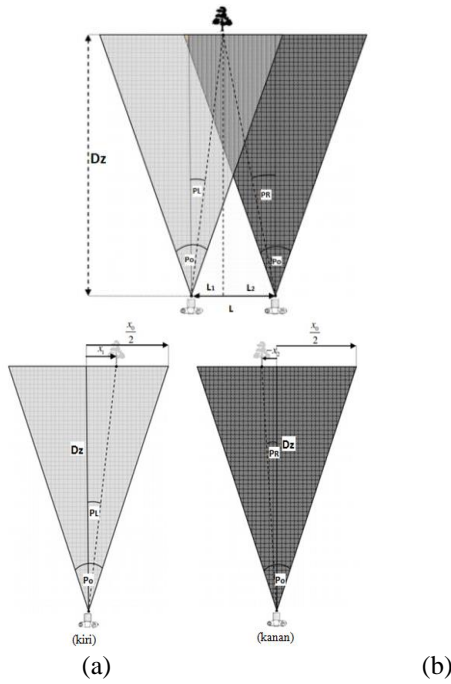
$$P_R = \tan^{-1} \frac{x'_r \cdot f}{f} \dots\dots\dots (5)$$

Sehingga rumus D_z dapat dicari dari sudut P_L dan P_R , sebagai berikut:

$$D_z = \frac{L}{\tan P_L - \tan P_R} \dots\dots\dots (6)$$

Image stereoscopic

Image stereoscopic dilakukan dengan kamera yang sepasang atau memiliki spesifikasi yang sama, baik sensor maupun lensa yang dilakukan. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menghitung jarak kamera stereo dengan objek yang terpilih. Sistem pengukuran dengan dua kamera ditunjukkan pada Gambar 2, yang dimisalkan mengukur jarak ke objek berupa pohon.



Gambar 2. (a) Skema pengukuran dengan kamera stereo, (b) Objek dilihat dari kamera kiri dan kanan

Dari Gambar 2 didapatkan persamaan 7 dan 8, yang telah disesuaikan dengan persamaan D_z , persamaan *stereoscopic* sebagai berikut:

$$\frac{x_l}{\frac{x_o}{2}} = \frac{\tan P_L}{\tan(\frac{P_o}{2})} \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{x_r}{\frac{x_o}{2}} = \frac{\tan P_R}{\tan(\frac{P_o}{2})} \dots\dots\dots (8)$$

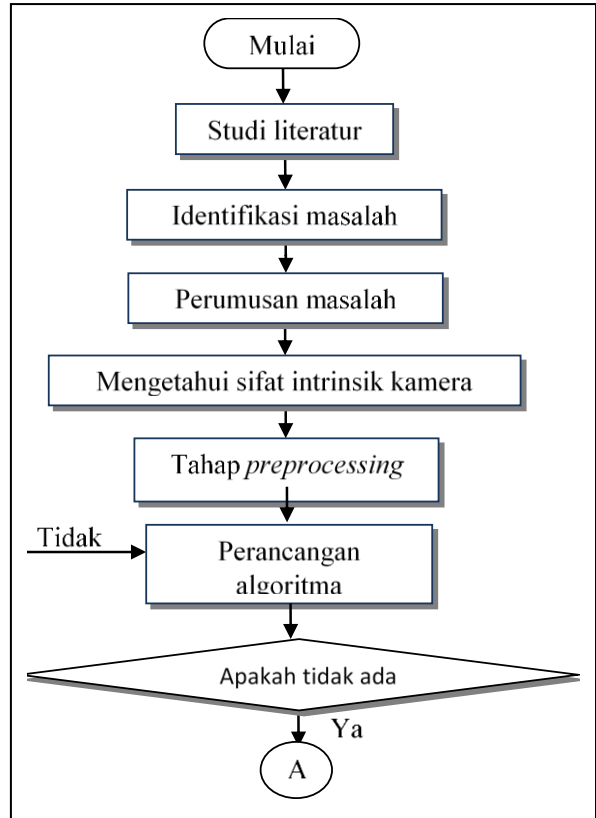
Ketika persamaan 7 dan 8 disubstitusikan ke persamaan 6 didapatkan persamaan:

$$D_z = \frac{L \cdot x_o}{2 \tan(\frac{P_o}{2})(x_l - x_r)} \dots\dots\dots (9)$$

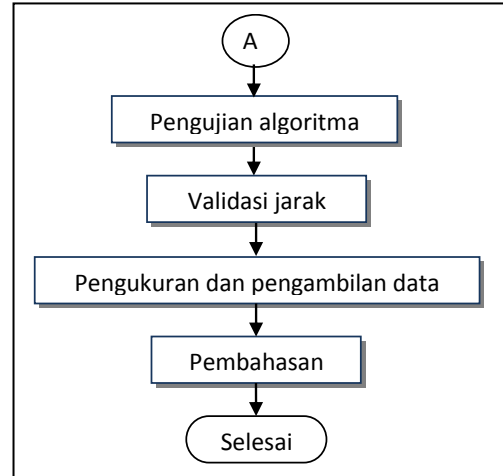
Pada persamaan 9, $(x_l - x_r)$ juga disebut sebagai disparitas atau dalam *library* OpenCV termasuk dalam parameter *block matching*, dengan perintah *cv Find Stereo Correspondence BM*. Persamaan 9 juga dapat digunakan jika hanya salah satu kamera saja yang dapat mendeteksi objek, dengan kata lain untuk mendeteksi objek tidak harus melalui kedua kamera.

Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini mengikuti diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 3 dan 4, yang diperlihatkan sebagai berikut:

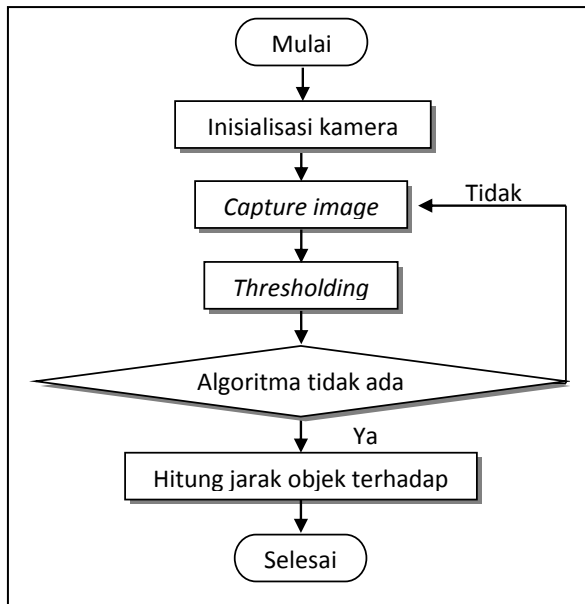


Gambar 3. Diagram alir metodologi penelitian



Gambar 4. Diagram alir metodologi penelitian (lanjutan)

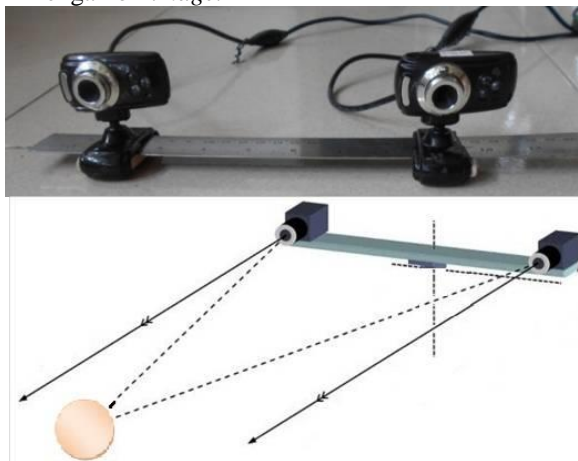
Algoritma dibuat untuk pemrograman *stereo vision* dan memunculkan jarak antara kamera dengan objek yang bergerak, diharapkan saat melakukan *build solution* dan *debugging* tidak terdapat *error* sama sekali. Perancangan algoritma yang dilakukan seperti *Flowchart* Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Diagram Alir Algoritma

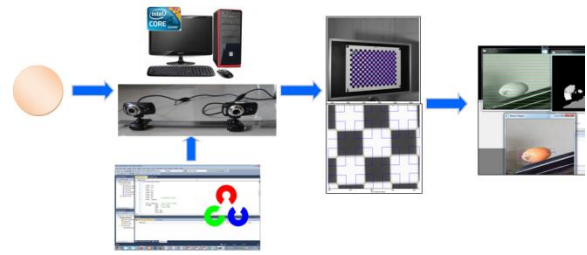
Pengujian Perangkat

Dari hasil perancangan dilakukan pembuatan perangkat lunak dan perakitan perangkat keras, serta pengujian masing-masing perangkat tersebut sebelum dilakukan integrasi. Gambar 6 menunjukkan rancangan penempatan dua kamera Webcam dengan panjang *baseline* 178 mm. Penggunaan jarak antar kamera tidak konstan, panjang *baseline* yang optimum dipengaruhi kemampuan kamera yang digunakan untuk mengambil *image*.

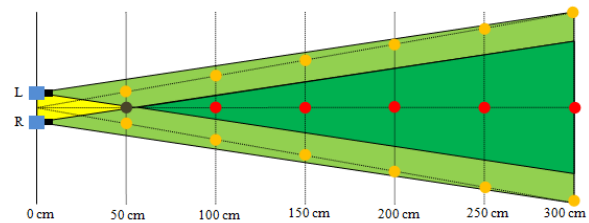


Gambar 6. Rancangan kamera untuk *baseline* 178 mm

Sistem pengukuran jarak secara sederhana seperti ditunjukkan Gambar 7, Sedangkan untuk diagram alir penelitian keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 7. Proses *image processing* diperlukan komputer, kamera dan algoritma serta pengambilan target di dalam ruangan seperti ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 7. Blok diagram penelitian



Gambar 8. Skema pengambilan titik target

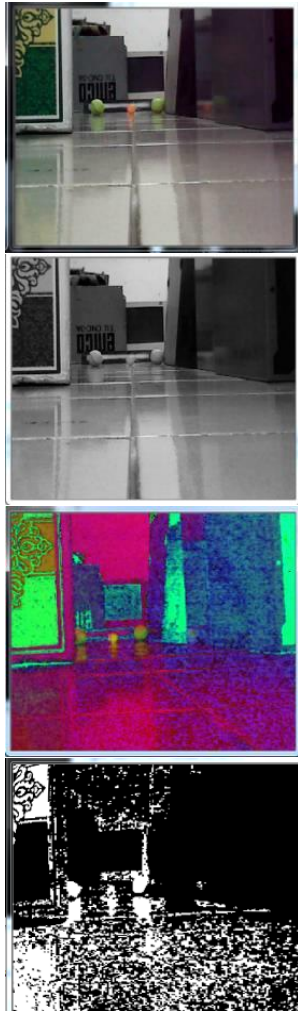
Keterangan pada Gambar 7, L dan R merupakan posisi kamera kiri dan kanan yang memiliki sudut penglihatan kamera (P_o) yang sama. Sedangkan keterangan warna pada lingkaran di Gambar 8 adalah:

- → Objek dapat terdeteksi oleh kedua kamera
- → Objek dapat terdeteksi oleh kedua kamera, tapi ada sebagian objek tidak terdeteksi
- → Objek hanya terdeteksi oleh salah satu kamera

Objek yang berada terlalu dekat (di bawah 50 cm) jika dilihat dengan kamera stereo, maka objek hanya bisa dibaca oleh salah satu kamera. Objek yang dapat dibaca oleh kedua kamera berada pada jarak lebih dari 50 cm. Sedangkan untuk area yang bisa dideteksi oleh kedua kamera, semakin jauh letak objek maka area yang bisa dideteksi kedua kamera semakin luas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Images yang diambil dari kamera mengacu pada warna RGB (*Red Green Blue*). Untuk dapat diproses atau diolah, perlu dilakukan manipulasi warna dengan cara dikonversi, seperti yang ditunjukkan Gambar 9.



Gambar 9. Konversi *images* dari warna RGB, *grayscale*, HSV, *threshold*. (dari kiri ke kanan)

Pengolahan *images* dengan model warna RGB dalam prosesnya cukup berat, perlu spesifikasi perangkat keras yang besar. Seperti saat melakukan proses kalibrasi, untuk mendeteksi *chessboard* yang memiliki banyak tepi harus dilakukan konversi warna. Model warna *grayscale* (keabu-abuan) yang memvariasikan intensitas warna hitam dan putih, dapat memanipulasi bit yang tidak terlalu banyak sehingga sesuai untuk proses kalibrasi.

Sebelum *images* dijadikan biner, model warna RGB dikonversi ke model warna HSV (*Hue Saturation Value*). *Hue* menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet dan kuning serta digunakan menentukan kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*) dan sebagainya. *Saturation* kadang disebut kemurnian atau kekuatan warna, *value* merupakan kecerahan dari warna. Nilainya berkisar antara 0-100 %. Apabila nilainya 0 maka warnanya akan menjadi hitam, semakin besar nilai maka semakin cerah dan muncul variasi-variasi baru dari warna tersebut. HSV diperlukan untuk mempermudah saat proses *thresholding*.

Mendeteksi objek secara spesifik dengan mengabaikan warna benda-benda diluar warna objek. Melakukan binerisasi yang mengubah *images* hanya memiliki 2 warna saja, yaitu hitam dan putih. Dengan proses biner, *images* RGB akan menjadi 1 matriks penyusun, setiap pikselnya hanya memiliki 2 kemungkinan derajat keabu-abuan yaitu 0 dan 1. Binerisasi mempermudah menentukan objek yang akan dideteksi.

Objek adalah bola pingpong oranye dan bola tenis, dengan dimensi sesuai standard, 40 mm untuk bola pingpong dan 64 mm untuk bola tenis. Untuk mencari jarak dari kamera stereo ke objek menggunakan program:

```
distanceZ = (double) (baseline/
((tan(angle_PL)) -
(tan(angle_PR))));
```

Dengan L adalah *baseline* yang diperoleh dari hasil kalibrasi kedua kamera, yang berupa matriks vektor translasi dengan ordo 3x1. Nilai D_z dibuat dalam satuan cm, karena saat melakukan kalibrasi kamera memakai cm, dan dibuat dalam 3 digit.

Pengukuran dilakukan dengan objek ditempatkan pada jarak 50 cm sampai 300 cm dengan interval 50 cm, hasil data dihitung dengan menggunakan *root mean square error*. Pada tabel 1 disajikan hasil pengukuran dengan objek bola tenis di siang hari pada saat diam.

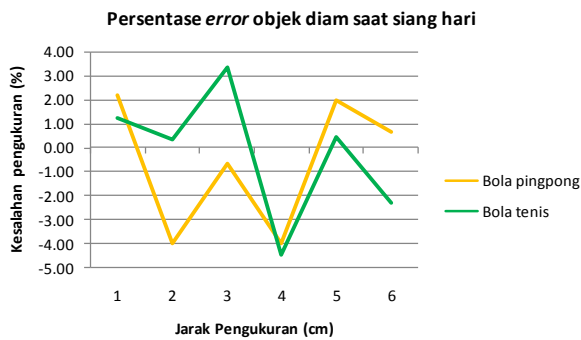
Tabel 1. Pengukuran objek bola tenis

Jarak sebenarnya (cm)	Hasil kamera stereo (cm)	Selisih Jarak (cm)	% Error
50	49,4	0,6	1,20
100	99,7	0,3	0,30
150	148	5	3,33
200	209	-9	-4,50
250	249	1	0,40
300	307	-7	-2,33
<i>Root mean square error</i>			2,53





Gambar 10. Pengukuran bola tenis pada jarak 100 cm



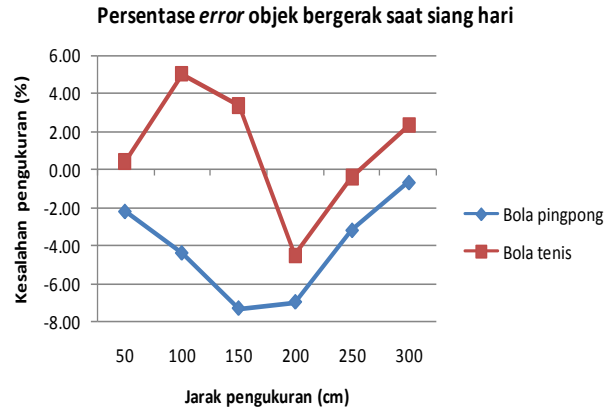
Gambar 11. Grafik pengukuran objek diam kondisi siang hari

Hasil pengukuran objek bergerak dari bola tenis, ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran bola tenis siang hari, kondisi bergerak

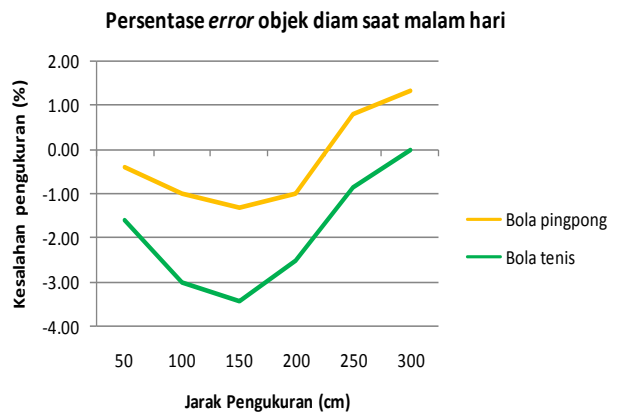
Jarak sebenarnya (cm)	Hasil kamera stereo (cm)	% Error
50	50,2	0,40
100	105	5,00
150	155	3,33
200	191	-4,50
250	249	-0,40
300	307	2,33
<i>Root mean square error</i>		3,22

Dari data pengujian keseluruhan dapat diperoleh grafik hubungan persentase kesalahan pengukuran terhadap jarak pengukuran aktual dengan objek bergerak. dengan kecepatan 0,28 m/s untuk bola pingpong dan 0,125 m/s untuk bola tenis. Hasil grafiknya ditunjukkan pada Gambar 12.



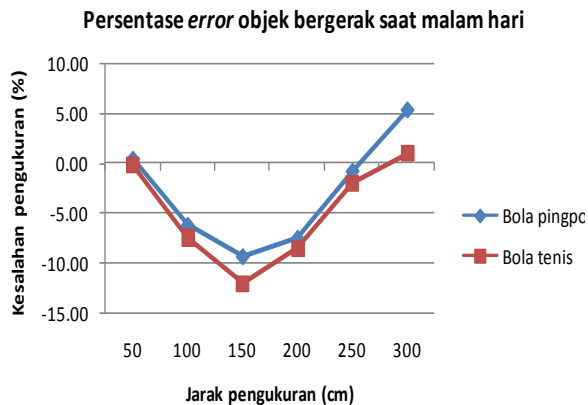
Gambar 12. Grafik pengukuran objek bergerak

Pengujian juga dilakukan pada malam hari, untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pencahayaan terhadap kamera bersensor CMOS. Dari penelitian dapat diperoleh grafik hubungan jarak pengukuran aktual dengan persentase kesalahan pengukuran untuk objek dengan posisi diam di saat malam hari. Hasil grafiknya ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik objek diam di malam hari

Dari data objek bergerak di malam hari, dapat diperoleh grafik hubungan jarak aktual dengan persentase error pengukuran untuk objek dengan posisi bergerak pencahayaan menggunakan lampu. Hasil grafik pengukuran bola pingpong dan bola tenis saat bergerak pada malam hari ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Objek Bergerak di Malam Hari

KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat disimpulkan bahwa setiap objek memiliki *scalar* warna tersendiri, baik saat deteksi bola pingpong di siang hari maupun di malam hari. Sehingga perlu pengaturan warna saat pengujian di waktu malam dan siang hari, meskipun dengan objek yang sama. Kemampuan kamera stereo bersensor CMOS 5 px untuk mendeteksi objek bola pingpong dan tenis dengan baik, antara jarak 50 cm sampai 300 cm. Objek bola pingpong diam saat pencahayaan dengan kondisi siang hari memiliki RMSE lebih besar jika dibandingkan dengan bola tenis, yaitu sebesar 2,64 % dibanding 2,53 %. Karena warna bola *orange* lebih mudah bereaksi dengan sinar matahari, maka nilai *scalar* bola pingpong dapat berubah sewaktu-waktu. Objek bergerak dengan pencahayaan siang

hari untuk bola pingpong maupun bola tenis memiliki RMSE pengukuran tidak berbeda jauh dengan saat objek diam. Nilai RMSE pengukuran pada bola pingpong sebesar 7,99% dan RMSE yang dimiliki bola tenis sebesar 6,46%. 7. Pengujian hipotesis menghasilkan jarak yang tidak memiliki tingkat kepercayaan (level of confidence) 95 %, yaitu pada jarak 200 cm.

SARAN

Penelitian ini bisa dikembangkan, sehingga disarankan perlu menggunakan metode tambahan bertujuan mengurangi atau menghilangkan gangguan (*noise*) yang terjadi pada warna maupun bentuk objek. Objek yang digunakan untuk kedepannya bisa lebih kompleks, untuk menguji kemampuan deteksi *stereo camera*. Selain itu perangkat keras yang digunakan memiliki spesifikasi yang tinggi, agar saat menjalankan program dapat lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhimmah, Izzati., Putra, N.M., Meilita., Deny, R. dan Dhomas, H., "Metode Stereo Vision Untuk Memperkirakan Jarak Objek Dari Kamera", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, ISSN 1907-5022, Juni 2012.
- [2] Pramana, Indra, "Tracking Object Menggunakan Metode Template Matching Berbasis Stereo Vision", Jurusan Telekomunikasi PENS, 2011.
- [3] Jain, Ramesh., Kasturi, Rangachar dan Brian, G.S., *Machine Vision*, first edition, McGraw Hill, Inc., New York, 1995.