

PERBANDINGAN KINERJA ALGORITMA UNTUK MENDETEKSI OBJEK DUA DIMENSI PADA AUGMENTED REALITY

Oleh :

Rujianto Eko Saputro, M. Suyanto, Amir Fatah Sofyan

Jurusan Teknik Multimedia Digital, STMIK AMIKOM Yogyakarta

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Augmented Reality semakin pesat di berbagai bidang. Perkembangan tersebut didukung dengan berkembangnya algoritma - algoritma pendeteksi fitur sebagai fase pertama untuk mendeteksi objek yang dijadikan sebagai penanda (marker). Penelitian ini menguji dua buah algoritma pendeteksi fitur berbasis sudut yaitu FAST dan ORB sebagai algoritma yang dikembangkan dari algoritma FAST terhadap banyaknya fitur yang terdeteksi serta kecepatan deteksi pada skala objek dan tingkat intensitas cahaya. Berdasarkan pengujian didapatkan FAST memiliki kecepatan dalam mendeteksi fitur, sedangkan ORB akurat dalam mendeteksi sudut.

Kata kunci : Augmented Reality, Algoritma FAST & ORB, Objek 2 Dimensi, Intensitas Cahaya, Skala Objek

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Augmented Reality (AR), adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata Azuma (1997). AR telah merambah di bidang pendidikan, periklanan, game, militer, pemetaan, dan lain-lain. AR bekerja berdasarkan deteksi citra (*marker*). Webcam yang telah dikalibrasi akan mendeteksi marker yang diberikan, kemudian setelah mengenali dan menandai pola marker, webcam akan melakukan perhitungan apakah marker sesuai dengan database citra yang dimiliki. Bila tidak, maka informasi marker tidak akan diolah, tetapi bila sesuai maka informasi marker akan digunakan untuk me-render dan menampilkan objek 3D atau animasi yang telah dibuat sebelumnya. Proses ini membutuhkan algoritma pendeteksian fitur (*Feature Detection*), Deskripsi fitur (*Feature Description*), dan Pencocokan kesamaan fitur (*Feature Matching*) (Moreels dan Perona, 2005; Dahl *et al.*, 2011).

Menurut Putra (Putra, 2010), fitur atau *feature* adalah semua hasil pengukuran yang bisa diperoleh dan merupakan karakteristik pembeda dari objek fitur, yang dapat berupa simbol, seperti warna, numerik, atau gabungan keduanya. Fitur dapat dinyatakan dengan variabel kontinu, diskret, atau diskret-biner. *Feature detection* melakukan deteksi terhadap daerah citra (*image*) atau marker pada AR yang memiliki informasi visual dan lokasi citra yang terdefinisi. Kemudian, *feature description* melakukan perhitungan vektor dari karakteristik tekstur citra yang terdekat dengan lokasi fitur. Sedangkan, *feature matching* melakukan pencarian kesamaan (*similarity*) dari satu atau beberapa fitur di dalam beberapa citra, gambar atau marker yang memiliki tingkat *similarity* yang tinggi (Drews *et al.*, 2011; Moreels dan Perona, 2005).

Penelitian mengenai evaluasi kinerja algoritma *Feature Detectors* dan *Feature Descriptors* telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, seperti penelitian yang dilakukan oleh Rosten dan Drummond (Rosten dan Drummond, 2006), yang dalam penelitiannya mengenalkan algoritma FAST (*Features from Accelerated Segment Test*) dikomparasikan dengan algoritma *Corner Detector* lainnya, seperti Harris, DoG, dan SUSAN. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Pena (Pena, 2011), di dalam penelitiannya melakukan pengukuran kinerja algoritma SIFT, SURF, dan FAST untuk tingkat keakuratan deteksi objek marker. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Calonder (Calonder *et al.*, 2012), melakukan pengukuran kinerja algoritma BRIEF, SURF, dan SIFT untuk tingkat keakuratan deteksi objek marker. Penelitian terhadap penerapan algoritma FAST, SIFT, dan SURF pada platform *Smartphone* untuk deteksi objek marker dilakukan oleh Jeong (Jeong dan Moon, 2011) di tahun 2011. Kemudian, di tahun 2011, hasil penelitian yang dilakukan oleh Rublee (Rublee *et al.*, 2011), yaitu membuat algoritma ORB dari hasil kombinasi antara algoritma *Oriented FAST* dengan algoritma *rotated BRIEF*, yang kemudian dibandingkan kinerjanya dengan algoritma SIFT dan SURF untuk tingkat kecepatan dan ketepatan pendeteksian objek. Terakhir, di tahun 2012, Bulla (Bulla, 2012) melakukan

penelitian untuk membandingkan kinerja algoritma SIFT, SURF, BRIEF, dan ORB dalam mendeteksi objek.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi kinerja algoritma FAST dan ORB pada tingkat kemampuan dalam mendeteksi *interest point* dalam tingkat kecepatan tampil *interest point* serta banyaknya *interest point* yang tampil didasarkan pada tingkat intensitas cahaya serta skala objek dua dimensi yang dijadikan sebagai marker pada AR. Sehingga diharapkan dapat diketahui dengan jelas kinerja dari masing-masing algoritma pada pemanfaatan pendeteksian *interest point* yang digunakan pada tahapan pendeteksian fitur dalam teknologi AR.

2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang permasalahan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

- a. Apakah terdapat perbedaan kinerja antara algoritma FAST dengan algoritma ORB untuk mendeteksi objek 2 dimensi pada teknologi AR dalam kecepatan mendeteksi *interest point* dan jumlah *Interest point* yang muncul terhadap pengaruh tingkat intensitas pencahayaan serta skala objek tertentu?
- b. Bagaimana cara menganalisis hasil pengujian kedua algoritma tersebut untuk memperoleh suatu kesimpulan algoritma mana yang memiliki performa terbaik untuk mendeteksi objek dua dimensi pada teknologi AR berdasarkan tingkat intensitas pencahayaan dan skala objek dua dimensi dengan *input device* (web kamera)?

3. Batasan Variabel Penelitian

Batasan dari penelitian ini adalah :

- a. Pengujian dilakukan hanya terhadap algoritma yaitu FAST (*Feature from Accelerated Segment Test*) sebagai bagian dari algoritma *corner detection* dan ORB (*Oriented FAST Rotated BRIEF*) sebagai bagian dari algoritma *feature description* dan kedua algoritma tersebut memiliki korelasi yang kuat karena ORB juga merupakan kombinasi antara algoritma FAST

(*oriented* FAST) dan BRIEF (*Rotated* BRIEF)

- b. Variabel yang digunakan dalam pengujian kedua algoritma untuk mendeteksi objek dua dimensi pada teknologi AR, yaitu tingkat intensitas cahaya dan skala objek terhadap kecepatan tampil serta banyaknya *interest point* yang muncul dengan *input device* (web kamera).
- c. Pengujian dilakukan hanya pada proses kemampuan dari algoritma untuk mendeteksi *interest point* yang tampil dari segi banyaknya *interest point* serta kecepatan tampil pada objek 2 dimensi.
- d. Algoritma FAST dan ORB yang digunakan dalam penelitian berasal dari *library* Emgu CV.
- e. Gambar 2 dimensi yang diuji merupakan gambar yang merepresentasikan sudut dengan bentuk dan pola yang berbeda.
- f. Pengujian dilakukan menggunakan komputer dengan spesifikasi Prosessor Intel i3 2,20GHZ, RAM 4 GB dengan Graphic GFORCE GT 540M CUDA 2 GB
- g. Webcam menggunakan Logitech HD C270 dengan spesifikasi 1280 x 720 *pixels*, 3.0 *megapixels by software*, USB 2.0
- h. Pengukuran intensitas cahaya menggunakan *Lux Meter* .
- i. Pengukuran kecepatan tampil *interest point* menggunakan *library* dari Emgu CV.
- j. Untuk mengatur pencahayaan menggunakan saklar *Dimmer*.

4. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini tujuan yang akan dicapai adalah :

- a. Menguji kinerja algoritma FAST dan algoritma ORB dalam kemampuan untuk mendeteksi objek berdasarkan intensitas cahaya dan skala objek 2 dimensi pada teknologi AR dari web kamera.
- b. Menganalisa hasil uji untuk mendapatkan pembuktian algoritma mana yang lebih baik berdasarkan pengaruh tingkat intensitas cahaya dan skala objek 2 dimensi dari web kamera guna penerapannya pada teknologi AR.

5. Manfaat Penelitian

- a. Membuktikan kinerja dari algoritma FAST dan ORB dalam faktor

kecepatan tampil *Interest Point* dan banyaknya *Interest Point* yang tampil pada objek dua dimensi dalam teknologi AR berdasarkan intensitas cahaya dan skala marker.

- b. Mendapatkan informasi kualitas dari kedua algoritma dalam kecepatan menampilkan *Interest Point* serta banyaknya *Interest Point* yang tampil terhadap pengaruh intensitas cahaya dan skala citra atau gambar yang bisa dijadikan sebagai marker.
- c. Peneliti selanjutnya dapat mengembangkan algoritma FAST dan ORB untuk meningkatkan performa algoritma dalam mendeteksi objek dua dimensi pada teknologi AR dalam pengaruh tingkat intensitas pencahayaan dan skala objek dengan menggunakan *input device* berupa web cam.
- d. Pengembang (Developer) perangkat lunak AR dapat mengkaji algoritma yang akan digunakan dalam aplikasinya, dengan melihat hasil uji kinerja algoritma FAST dan ORB pada variabel pengujian yang digunakan dalam penelitian ini.

B. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tahap Perencanaan

Pada tahap ini dibuatkan alat uji berupa perangkat lunak dengan menggunakan *library* dari kedua algoritma dari Emgu Cv yang digunakan untuk mengukur kecepatan dan menghitung banyaknya *interest point* yang tampil pada objek dua dimensi (marker).

b. Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengukuran kecepatan deteksi dan banyaknya *interest point* yang tampil pada objek dua dimensi (marker) menggunakan perangkat lunak. Pengukuran intensitas cahaya menggunakan alat atau *hardware* berupa lux meter.

c. Tahap Analisis

Dari rumusan masalah tersebut dapat diidentifikasi untuk menerapkan metode grafik untuk mengetahui perbedaan dan mengetahui algoritma yang terbaik berdasar pada kemampuan kecepatan menampilkan *interest point* serta jumlah *interest point* yang tampil pada objek dua dimensi berdasarkan pengaruh intensitas cahaya serta skala dari objek dua dimensi atau marker.

2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data digunakan dalam memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan penelitian ini. Adapun metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan melakukan studi literatur dari proseding, buku, jurnal ilmiah dari penelitian sebelumnya.

3. Metode Penyajian Data

Data hasil pengujian akan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik data. Grafik data disebut juga diagram data, adalah penyajian data dalam bentuk gambar – gambar. Grafik data biasanya berasal dari tabel dan grafik biasanya dibuat bersama-sama, yaitu tabel dilengkapi dengan grafik.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Tahap Perencanaan

a. Gambaran tempat dan peralatan uji

Untuk melakukan pengujian algoritma FAST dan ORB dibutuhkan beberapa alat pendukung antara lain :

1) Tempat pengujian

Pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan luas $3 \times 4 \text{ m}^2$. Cahaya bersumber dari lampu yang digunakan untuk pengujian agar mendapat cahaya yang sesuai dengan intensitas yang akan diuji.

2) Peralatan Uji

a) Lampu

Lampu yang digunakan untuk pengujian adalah lampu pijar dengan Merek Philips, besaran Watt 100 Watt.

b) Lux Meter

Lux meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat pencahayaan ruangan. Tiap perubahan cahaya akan diukur dari tingkat pencahayaan rendah atau gelap sampai dengan tingkat pencahayaan yang tinggi atau terang.

Tabel 1. Interval Pengukuran Intensitas Cahaya

No	Interval Intensitas Cahaya (Lux)
1	10
2	50
3	100
4	200
5	300
6	400
7	500
8	600
9	700
10	800

c) Saklar Dimmer

Saklar *dimmer* digunakan untuk mengatur nyala lampu dari yang paling gelap sampai dengan paling terang.

d) Webcam

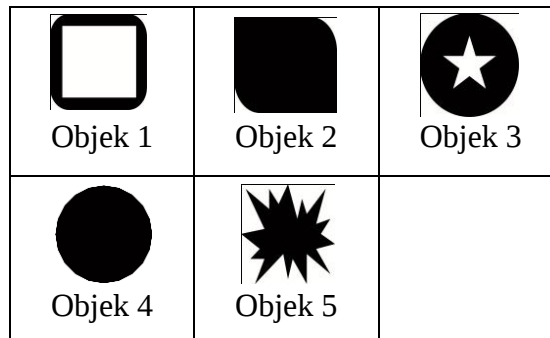
Web camera digunakan untuk menangkap objek dua dimensi (marker).

e) Netbook atau Laptop

Laptop digunakan untuk menerima hasil tangkapan objek 2 dimensi dari *webcam*, menjalankan perangkat lunak uji algoritma, menampilkan *interest point* pada layar laptop dan merekam hasil dari perangkat lunak uji berupa kecepatan *interest point* serta banyaknya *interest point* yang tampil pada layar laptop.

f) Objek dua dimensi

Kriteria objek 2 dimensi yang akan dijadikan sebagai penanda atau marker adalah Gambar pola (*Pattern*). Objek dua dimensi yang akan diuji merepresentasikan gambar objek yang memiliki pola atau sudut dengan tingkat banyaknya sudut berbeda – beda antar objek satu dengan yang lain.



Gambar 1 Objek 2 dimensi yang diuji

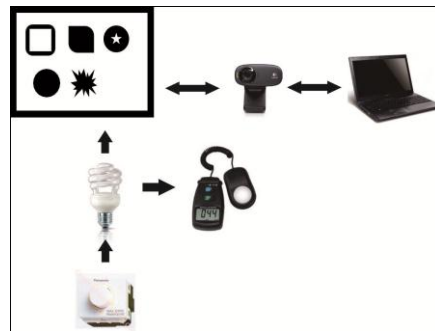
Kelima gambar atau citra yang dijadikan sebagai objek pengujian dicetak dalam skala dari skala kecil sampai besar, serta diuji menggunakan dua algoritma FAST dan ORB. Skala objek yang diuji dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2 Skala Objek 2 Dimensi

No	Skala Objek Dua Dimensi (Cm ²)
1	1,5 x 1,5
2	2,5 x 2,5
3	3,5 x 3,5
4	4,5 x 4,5
5	5,5 x 5,5
6	6,5 x 6,5
7	7,5 x 7,5
8	8,5 x 8,5
9	9,5 x 9,5
10	10,5 x 10,5

d. Desain Arsitektur Pengujian

Objek dua dimensi ditempel pada dinding, *Web cam* diletakan di depan objek dua dimensi (marker) dengan jarak ± 25 cm, lampu diletakan di belakang *web cam* dengan jarak 35 cm dari objek 2 dimensi yang diuji. *Web cam* mendeteksi objek 2 dimensi kemudian diproses pada laptop dengan dihitung kecepatan deteksi *interest point* yang tampil serta banyaknya *interest point*. Dimmer yang terhubung dengan lampu digunakan untuk mengatur tinggi rendahnya cahaya, sehingga dapat diukur berapa tingkat intensitas cahaya yang mengenai objek 2 dimensi, Lux meter digunakan untuk mengukur cahaya yang mengenai citra atau gambar.



Gambar 2 Arsitektur Pengujian Algoritma

e. Perangkat Lunak Uji

Perangkat lunak uji dibangun menggunakan .NET Framework dengan bahasa pemrograman Visual C#.NET. Sedangkan *Library Image Processing* yang digunakan yaitu EmguCV versi 2.4.9.

2. Tahap Pengujian

Tahap pengujian dilakukan dengan menguji semua skala atau ukuran dari yang paling kecil sampai dengan yang paling besar dari gambar dengan tingkat intensitas cahaya sesuai dengan tingkatan intensitas cahaya yang akan diuji. Lama proses pengujian untuk masing – masing gambar ± 1 jam.

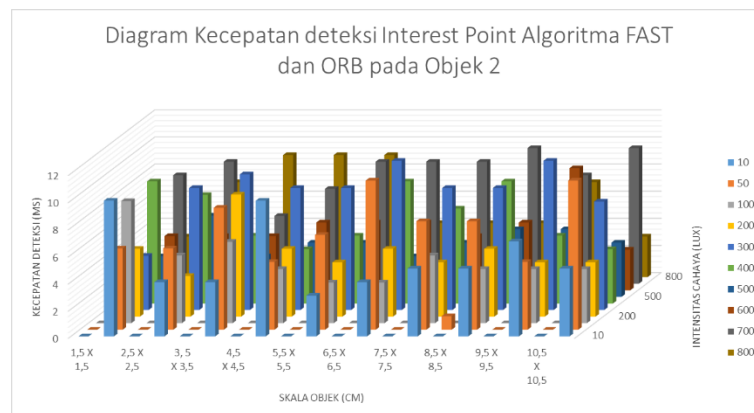
3. Tahap Penyajian Data

a. Objek 1

1) Hasil pengujian kecepatan deteksi

Hasil pengujian pada tingkat kecepatan deteksi *interest point* pada

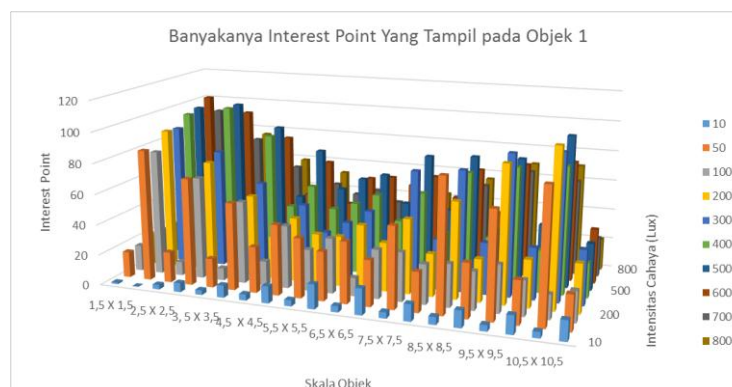
algoritma FAST dan ORB pada objek 1 ditunjukkan pada diagram batang sebagai berikut :



Gambar 4 Diagram Kecepatan deteksi *interest point* objek 1

Berdasarkan diagram diatas, maka dapat disimpulkan bahwa FAST memiliki kecepatan pendeteksian *interest point* dengan range antara 0 – 1 ms, sedangkan ORB membutuhkan waktu antara 0 – 13 ms bergantung dari skala objek dan intensitas cahaya. Objek 1 memiliki 4 sudut yang dideteksi oleh kedua algoritma sehingga membutuhkan waktu lama dalam proses deteksi. Rata – rata kecepatan deteksi *interest point* pada algoritma FAST adalah 0,09 ms sedangkan ORB adalah 6,49 ms.

2) Hasil pengujian banyaknya *interest point* yang tampil



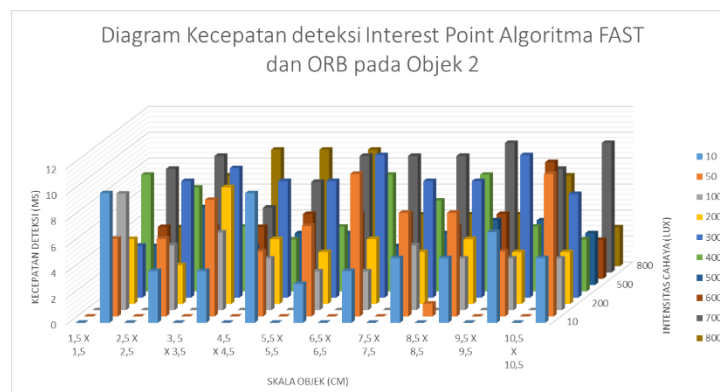
Gambar 5 Diagram banyaknya *interest point* yang tampil pada objek

Tingkat intensitas mempengaruhi banyaknya *interest point*, dari 10 lux sampai dengan 600 lux kemampuan kedua algoritma dalam mendeteksi kandidat sudut meningkat, akan tetapi pada 700 sampai 800 lux performa kedua algoritma menurun. Skala objek juga mempengaruhi tingkat deteksi, algoritma ORB dominan pada skala kecil, sedangkan FAST performa meningkat pada skala besar. Jumlah intensitas terbaik yang didapatkan oleh algoritma FAST adalah 99 *interest point* pada skala objek 10,5 cm² dengan tingkat intensitas 500 lux, sedangkan algoritma ORB adalah 106 *interest point* pada skala 1,5 cm² dengan tingkat intensitas 600 lux.

b. Objek 2

1) Hasil pengujian kecepatan deteksi

Hasil pengujian pada tingkat kecepatan deteksi *interest point* pada algoritma FAST dan ORB pada objek 2 ditunjukkan pada diagram batang sebagai berikut :

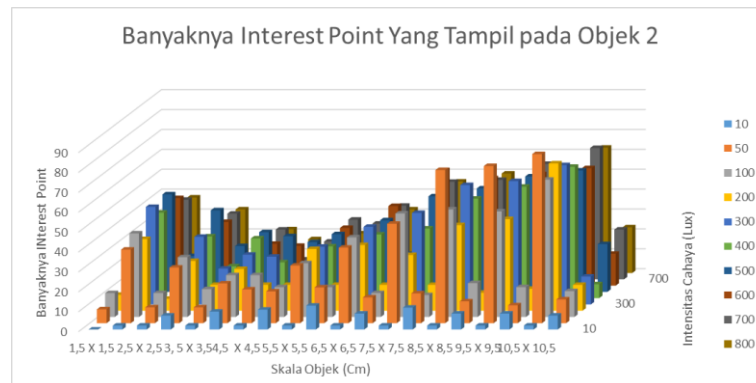


Gambar 6 Diagram Kecepatan deteksi *interest point* objek 1

Berdasarkan tabel dan diagram diatas, maka dapat disimpulkan bahwa FAST memiliki kecepatan pendeteksian *interest point* dengan nilai 0 ms, sedangkan ORB membutuhkan waktu antara 0 – 11 ms bergantung dari skala objek dan intensitas cahaya. Objek 2 hanya memiliki 2 sudut sehingga kedua algortima tidak membutuhkan waktu lama dalam mendeteksi sudut pada objek kedua.

2) Hasil pengujian banyaknya *interest point* yang tampil

Hasil pengujian pada tingkat banyaknya *interest point* yang tampil pada algoritma FAST dan ORB pada objek 2 ditunjukkan pada diagram batang sebagai berikut :



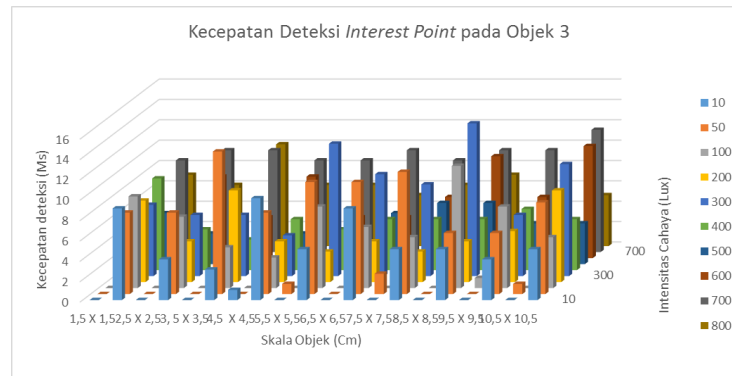
Gambar 7 Diagram banyaknya *interest point* yang tampil pada objek

Berdasarkan tabel dan diagram di atas didapatkan tingkat intensitas mempengaruhi sedikit banyaknya *interest point*, dari 10 lux sampai dengan 600 lux kemampuan kedua algoritma dalam mendeteksi kandidat sudut meningkat, akan tetapi pada 700 sampai 800 lux performa kedua algoritma menurun. Skala objek juga mempengaruhi tingkat deteksi, algoritma ORB dominan pada skala kecil, sedangkan FAST performa meningkat pada skala besar. Performa terbaik dalam pendeteksian *interest point* pada objek ke dua oleh algoritma FAST adalah 85 pada skala 10,5 cm² dengan tingkat intensitas sebesar 50 lux, sedangkan pada algoritma ORB adalah 49 pada skala objek 1,5 cm² dengan intensitas 300 lux.

c. Objek 3

1) Hasil pengujian kecepatan deteksi

Hasil pengujian pada tingkat kecepatan deteksi *interest point* pada algoritma FAST dan ORB pada objek 3 ditunjukkan pada diagram batang sebagai berikut :

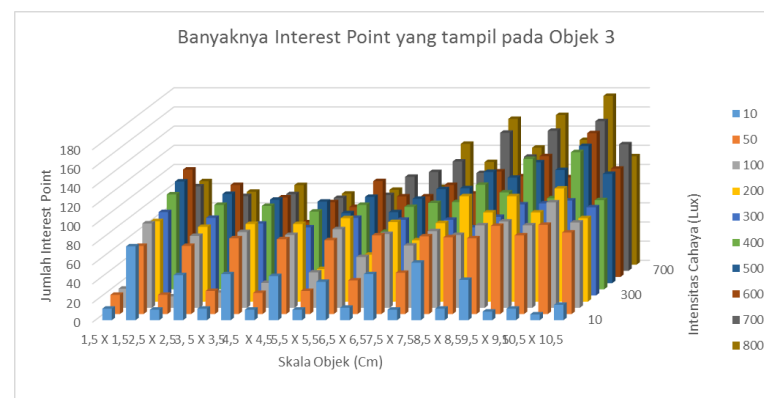


Gambar 8 Diagram Kecepatan deteksi *interest point* objek 3

Pada pengujian objek ke 3, didapatkan kecepatan deteksi untuk algoritma FAST antara 0 – 1 ms, sedangkan ORB dengan kecepatan antara 1 – 15 ms dengan rata – rata kecepatan untuk algoritma FAST adalah 0,2 ms, sedangkan algoritma ORB mencapai 6,8 ms.

2) Hasil pengujian banyaknya *interest point* yang tampil

Hasil pengujian pada tingkat banyaknya *interest point* yang tampil pada algoritma FAST dan ORB pada objek 2 ditunjukkan pada diagram batang sebagai berikut :



Gambar 9 Diagram banyaknya *Interest point* yang tampil pada objek

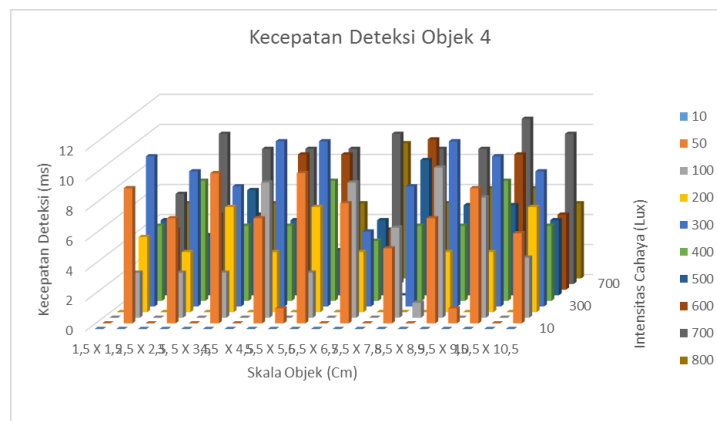
ORB memiliki performa yang bagus dalam mendeteksi sudut dibandingkan dengan FAST. Perulangan deteksi dilakukan oleh ORB untuk mempertegas posisi sudut pada objek dua dimensi.

Performa terbaik dalam pendeteksian *interest point* pada objek ke dua oleh algoritma FAST adalah 176 *interest point* pada skala 10,5 cm² dengan tingkat intensitas sebesar 800 lux, sedangkan pada algoritma ORB adalah 132 pada skala objek 10,5 cm² dengan intensitas 700 lux.

d. Objek 4

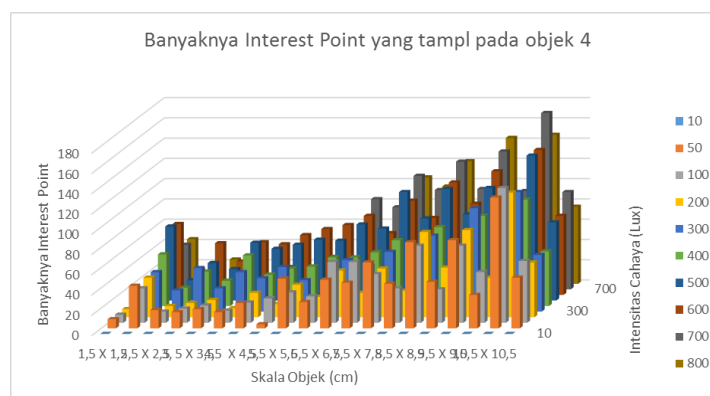
1) Hasil pengujian kecepatan deteksi

Hasil pengujian pada tingkat kecepatan deteksi *interest point* pada algoritma FAST dan ORB pada objek 4 ditunjukkan pada diagram batang sebagai berikut :



Gambar 10 Diagram kecepatan deteksi *interest point* pada objek 4 Pada pengujian objek ke 4, didapatkan kecepatan deteksi untuk algoritma FAST antara 0 – 1 ms, sedangkan ORB dengan kecepatan antara 1 – 11 ms dengan rata – rata kecepatan untuk algoritma FAST adalah 0,06 ms, sedangkan algoritma ORB mencapai 5,96 ms.

2) Banyaknya *Interest point* yang tampil pada objek



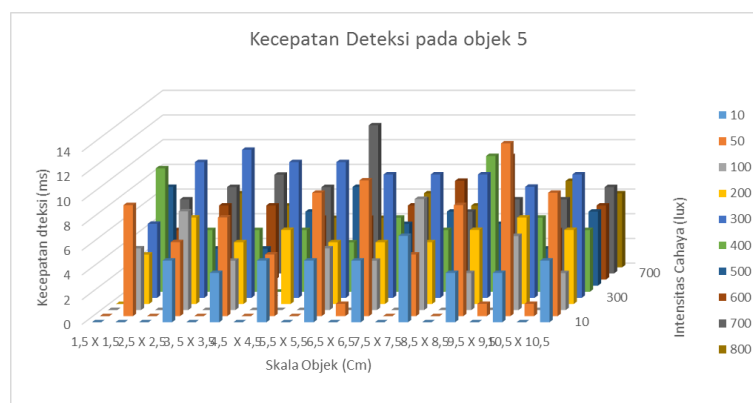
Gambar 11 Diagram banyaknya *Interest point* yang tampil pada objek

Pada pengujian ini FAST lebih dominan dalam mendeteksi objek, sedangkan performa ORB menurun karena kesulitan untuk mengidentifikasi sudut. Performa terbaik yang dicapai oleh FAST adalah dengan total *interest point* sebesar 174 pada skala objek 10,5 cm² dan tingkat intensitas cahaya sebesar 700 lux. Sedangkan pada algoritma ORB performa terbaik yang dicapai sebesar 239 *interest point* pada skala objek 5,5 cm² dengan intensitas 600 lux.

e. Objek 5

1) Hasil pengujian kecepatan deteksi

Hasil pengujian pada tingkat kecepatan deteksi *interest point* pada algoritma FAST dan ORB pada objek 5 ditunjukkan pada diagram batang sebagai berikut :



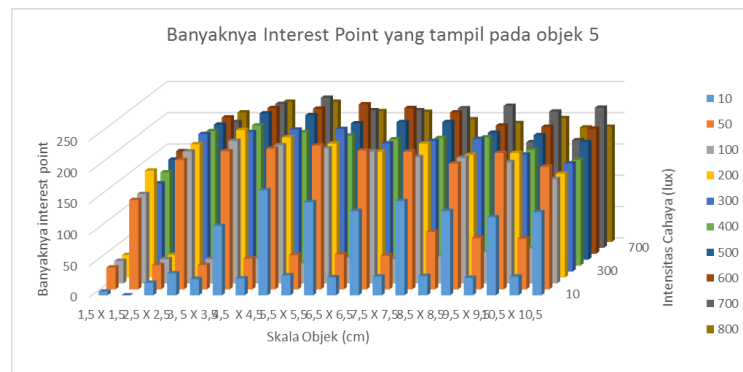
Gambar 12 Diagram kecepatan deteksi *interest point* yang tampil pada objek 5

Pada pengujian objek ke 5, didapatkan kecepatan deteksi untuk algoritma FAST antara 0 – 1 ms, sedangkan ORB dengan kecepatan antara 1 – 14 ms dengan rata – rata kecepatan untuk algoritma FAST adalah 0,12 ms, sedangkan algoritma ORB mencapai 6,29 ms.

2) Banyaknya *Interest point* yang tampil pada objek

Hasil pengujian pada tingkat kecepatan deteksi *interest point* pada

algoritma FAST dan ORB pada objek 5 ditunjukkan pada diagram batang sebagai berikut :



Gambar 13 Diagram banyaknya *Interest point* yang tampil pada objek

Pada diagram ditunjukkan dengan jelas algoritma ORB sangat dominan untuk objek 5. Hal ini dipengaruhi dengan banyaknya sudut yang mampu dideteksi oleh algoritma ORB. Performa terbaik pada algoritma FAST adalah pada skala 10,5 x 10,5 dengan intensitas 800 lux dengan total *interest point* sebesar 183, sedangkan pada algoritma ORB pada skala 5,5 cm² dengan tingkat intensitas 600 lux dengan total *interest point* sebanyak 233 *interest point* yang tampil pada objek.

D. KESIMPULAN

Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan pada algoritma FAST dan algoritma ORB dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Terhadap kecepatan tampil *interest point* pada objek dua dimensi, algoritma FAST memiliki performa paling baik dibandingkan dengan algoritma ORB, terbukti di semua pengujian algoritma FAST mampu menampilkan *interest point* antara 0 sampai dengan 2 milli seconds, sedangkan algoritma ORB mencapai 0 sampai dengan 15 milli seconds.
2. Terhadap banyaknya *interest point* yang tampil pada objek dua dimensi antara algoritma FAST dan algoritma ORB memiliki perbedaan bergantung terhadap objek dua dimensi yang dideteksi. Pada objek 1, 3 dan 5 algoritma

ORB unggul sedangkan pada objek 2 dan 4 algoritma FAST lebih unggul. Hal ini disebabkan oleh kemampuan algoritma ORB dalam mendeteksi sudut lebih dominan dibandingkan dengan FAST.

3. Tingkat intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap pendeteksian objek dua dimensi oleh kamera. Semakin tinggi tingkat intensitas cahaya, maka semakin banyak pula *interest point* yang tampil pada objek.
4. Skala objek mempengaruhi jumlah *interest point*. Pada algoritma FAST kenaikan jumlah *interest point* dipengaruhi oleh skala objek dari kecil sampai besar, sedangkan pada algoritma ORB, pada skala besar jumlah *interest point* cenderung turun.
5. Algoritma ORB memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi sudut dibandingkan dengan algoritma FAST.
6. Pada objek 2 dimensi yang tidak memiliki sudut kemampuan algoritma ORB menurun drastis.

DAFTAR PUSTAKA

- Azuma, Ronald T., 1997, A Survey of Augmented Reality, Presence: Teleoperators and Virtual Environments. vol. 6, no. 4 pp.355-385
- Bulla, Christopher., 2012, Local Features for Object Recognition, Institute for Communications Engineering, RWTH Aachen University-Germany
- Calonder, Michael., Lepetit, Vincent., Ozuysal, Mustafa., Trzcinski, Tomasz., Strecha, Christop., Fua, Pascal., 2012, BRIEF: Computing a Local Binary Descriptor Very Fast, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence 2012, Vol. 34 pp. 1281-1298
- Jeong, Kanghun., dan Moon, Hyeonjoon, 2011, Object Detection using FAST Corner Detector based on Smartphone Platforms, IEEE : Computers, Networks, Systems and Industrial Engineering (CNSI)-2011 First ACIS/JNU International Conference, pp. 111-115
- Moreels, Pierre., dan Perona, Pietro, 2005, IEEE : Evaluation of Features Detectors and Descriptors based on 3D objects, Proceedings of the Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05), Vol. 1 pp. 800-807
- Pena, Maridalia Guerrero., 2011, A Comparative Study of Three Image Matcing Algorithms: Sift, Surf, and FAST, Citation, All Graduate Theses and Dissertations 2011-Utah State University
- Putra, Darma., 2010, Pengolahan Citra Digital, ANDI, Yogyakarta

Rubble, Ethan., Rabaud, Vincent., Konolige, Kurt., dan Bradski, Gary., 2011, ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF, IEEE International Conference on Computer Vision 2011, pp. 2564-2571