

## Sistem Akuisisi Citra Stereo menggunakan Matlab

Mohammad Iqbal<sup>1,2</sup>, Imam Ahmad Trinugroho<sup>2</sup>, Yuli Karyati<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Le2i - UMR CNRS 5158, Université de Bourgogne, IUT Le Creusot, Perancis

<sup>2</sup> Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya 100, Depok, Indonesia

E-mail: mohiqbal@staff.gunadarma.ac.id

### Abstrak

Sistem akuisisi citra merupakan bagian awal yang cukup kritis untuk mendapatkan materi dasar citra yang diinginkan dalam bidang visi komputer. Dalam aplikasi rekonstruksi 3D citra, sistem akuisisi ini berkembang menjadi berbagai pendekatan yang salah satunya adalah memanfaatkan sistem stereo. Sistem visi stereo ini akan memberikan perluasan pandangan dari suatu obyek, yang memungkinkan pengamat mendapatkan informasi tidak hanya secara dua dimensi tetapi juga mendapatkan kedalaman suatu obyek citra yang diambil dari titik pandang (view point) yang berbeda. Penelitian ini adalah membuat rancang bangun sistem akuisisi citra stereo menggunakan 2 kamera yang diinstalasi secara paralel, dengan antarmuka perangkat lunak Matlab. Kemudian mengujinya dengan melakukan penangkapan citra stereo dan menguji kualitas citra tersebut dengan metode membandingkan histogram serta berdasarkan indeks kualitas citra berdasarkan model distorsi. Pada bagian akhir penelitian akan ditemui bahwa sistem akuisisi yang dibangun ini dapat menghasilkan citra sesuai dengan yang diinginkan.

**Kata Kunci** : Akuisisi citra, Pencitraan Stereo, Matlab, histogram, indeks kualitas citra

### 1. Latar Belakang

Instalasi sistem akuisisi citra stereo dari suatu sistem kamera tunggal memerlukan penyesuaian cukup besar. Perangkat lunak bawaan kamera, sebagian besar tidak menyediakan fungsi akuisisi citra stereo yang khas, misalnya kemampuan mengakuisisi citra dari beberapa kamera dalam satu waktu. Penggunaan perangkat lunak seperti Matlab yang dapat disesuaikan tentunya akan sangat membantu dalam kasus-kasus ini. Walaupun pada umumnya akuisisi dengan memanfaatkan kakas akuisisi citra pada perangkat lunak Matlab pun masih memerlukan pengaturan lebih lanjut.

#### 1.1. Kakas Akuisisi Citra pada Matlab

Kakas akuisisi citra Matlab adalah koleksi berbagai fungsi yang digabungkan dalam lingkungan komputasi numerik Matlab. Kakas ini mendukung area yang luas dari berbagai operasi akuisisi citra memanfaatkan berbagai tingkat teknologi penangkapan frame (*frame grabber*) dan berbagai antarmuka (*USB, FireWire*) yang mengatur konektivitas antara kamera dan perangkat komputer. Kakas akuisisi citra Matlab ini akan menyiapkan hasil akuisisi dalam lingkungan Matlab untuk dianalisis dan divisualisasikan lebih lanjut.

Secara umum langkah demi langkah akuisisi citra menggunakan kakas Matlab meliputi (Matlab team, 2009):

- Membangun konektivitas ke perangkat keras kamera.
- Mengkonfigurasi parameter perangkat keras kamera.
- Menampilkan jendela akuisisi.
- Melakukan akuisisi Data Citra.

#### 1.2. Sistem Stereo

Akuisisi citra menggunakan sistem stereo berhubungan dengan dua hal yang harus dipecahkan dalam sistem stereo, yaitu korespondensi (*correspondence*) dan rekonstruksi. Korespondensi adalah teknik menentukan piksel di citra kiri yang berhubungan dengan piksel pada citra kanan, sedangkan rekonstruksi adalah proses konversi ke peta 3D dari *scene* obyek, berdasarkan pada pengetahuan



geometri dari sistem stereo dan peta dispariti (*disparity map*). Dispariti adalah perbedaan yang dihitung antar obyek yang saling berhubungan (Hartley, 2000).

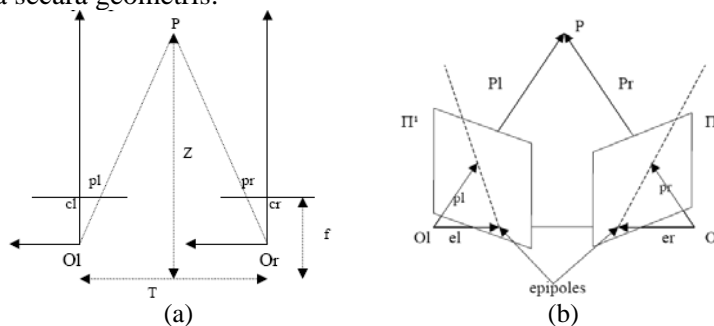
Gambar 1-(a) di bawah merepresentasikan sebuah sistem stereo sederhana, dimana  $T$  adalah baseline,  $O_l$  dan  $O_r$  adalah pusat optik (*optical centers*),  $Z$  adalah jarak antara titik  $P$  dengan baseline dan  $f$  adalah focal length. Dari segitiga yang mirip yaitu  $(p_l, P, Pr)$  dan  $(O_l, P, O_r)$ , kita memiliki persamaan :

$$\frac{T + x_l - x_r}{Z - f} = \frac{T}{Z} \tag{1}$$

Dimana  $x_l$  dan  $x_r$  adalah koordinat dari  $p_l$  dan  $p_r$ . Dari sini kita mendapatkan persamaan :

$$Z = f \frac{T}{d} \tag{2}$$

Dengan  $d = x_r - x_l$  adalah dispariti. Dispariti adalah penjumlahan (*sum*) dari perbedaan letak  $p_l$  dan  $p_r$  di citra kedua, dari posisi sebelumnya di citra pertama, misalnya pada  $|x_l| + |x_r|$ , sejak  $x_l < 0$  maka sekarang kita memiliki  $x_r - x_l$ . Pada umumnya, dengan memiliki informasi  $f$ ,  $T$ ,  $c_l$  dan  $c_r$  sebagai parameter dari sistem stereo di atas, maka dengan mudah dapat melakukan kalibrasi stereo. Namun, informasi 3D citra stereo tersebut tetap dapat dihitung walau pun tidak mengetahui parameter-parameter tersebut. Teknik ini dikenal dengan istilah melakukan *uncalibrated stereo* menggunakan metode epipolar geometri (Humenberger, 2007). Epipolar geometri memungkinkan mengklarifikasi informasi yang dibutuhkan untuk meningkatkan pencarian elemen yang berkorespondensi pada sepanjang garis citra secara geometris.



**Gambar 1.** Sistem Stereo sederhana (a) dan Ilustrasi Epipolar geometri (b) (Hartley, 2000)

Inti dari epipolar geometri adalah fakta bahwa bidang epipolar berpotongan dengan setiap citra pada garis yang disebut *garis epipolar* (Lihat gambar 1-(b)). Jadi jika kita mengetahui  $p_l$ , maka  $P$  akan dapat terletak di mana saja melewati  $O_l$  dan  $p_l$ . Namun saat citra pada lintasan yang sama pada citra kanan berada dalam garis epipolar yang melewati titik koresponden  $p_r$ , maka pencocokan yang tepat akan melewati garis epipolar tersebut. Inilah yang disebut *epipolar constraint*, atau dengan kata lain, titik koresponden  $P_r$  untuk titik  $P_l$  harus terletak pada garis epipolar. Dalam langkah perhitungannya, terdapat matrik Esensial ( $E$ ) yang menghasilkan hubungan antara epipolar constrain dan parameter ekstrinsik sistem stereo. Matrik ini adalah pemetaan antara titik dan garis epipolar yang kita cari yang merupakan parameter translasi vektor  $T=(O_r - O_l)$  dan matrik rotasi ( $R$ ), di mana relasi antara  $P_r$  dan  $P_l$  didefinisikan oleh  $P_r = R (P_l - T)$ . Namun, karena ini belum cukup lengkap untuk dapat melihat hubungan antara sistem stereo, maka parameter instrinsik dibutuhkan untuk menghubungkan koordinat piksel titik citra dengan koordinat koresponden dalam masing-masing kamera. Hubungan ini dapat dicari dengan matrik fundamental ( $F$ ).

## 2. Sistem Akuisisi Stereo

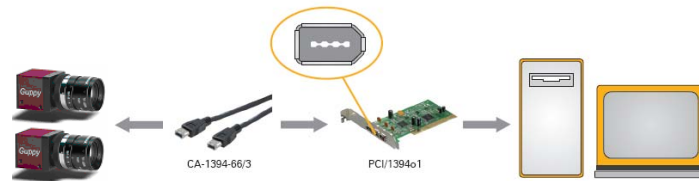
Pada bagian ini, akan dipaparkan mengenai instalasi perangkat akuisisi stereo dan detail perancangan kustomisasi kakas sistem akuisisi stereo Matlab.

### 2.1. Instalasi Sistem Akuisisi Citra Stereo

Instalasi sistem akuisisi stereo menggunakan PC Desktop dengan kartu PCI IEEE 1394, dan menyambungkannya ke dua unit kamera AVT Guppy F080C melalui dua kabel *fireWire*. Soket yang

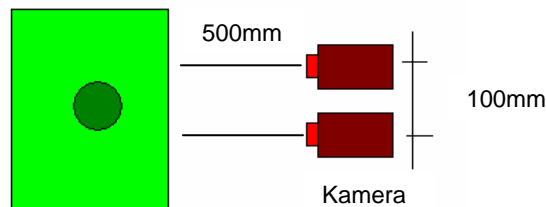


dipilih adalah soket 6-pin *fireWire*, yang sudah memiliki koneksi listrik di dalamnya, sehingga setiap kamera tidak membutuhkan lagi koneksi listrik tersendiri.



Gambar 2. Konfigurasi perangkat keras akuisisi stereo

Kamera AVT Guppy F-080C adalah kamera dengan CCD sensor mencapai resolusi 1032 x 778 pixel, memiliki *frame rate* 30 *frame* per detik dan dilengkapi pula dengan multi kecepatan transfer data yaitu 100 Mbit/s, 200 Mbit/s, 400 Mbit/s. Kamera ini memiliki fitur ; AGC (auto gain control), AEC (auto exposure control), 1 input, 3 output, bahkan juga masih terdapat port RS-232 (serial port, IIDC v. 1.31). Untuk dapat bekerja dalam lingkungan Matlab, kamera ini membutuhkan driver DCAM (protokol antarmuka *fireWire*) yang dibuat oleh Carnegie Mellon University (CMU). Sampai tulisan ini dibuat, driver ini adalah satu-satunya DCAM driver didukung oleh Matlab, dan dapat diunduh di situs Web [www-2.cs.cmu.edu / ~ iwan/1394](http://www-2.cs.cmu.edu/~iwan/1394). Detil instalasi sistem stereo yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Detil instalasi sistem Akuisisi Stereo

## 2.2. Perancangan Kakas Akuisisi Citra Stereo Matlab

Pada bagian ini, akan dipaparkan mengenai dasar akuisisi citra Matlab dan langkah-langkah bekerja dengan properti sistem akuisisi di lingkungan Matlab. Perancangan antarmuka dan kode untuk akuisisi stereo dilakukan berdasarkan fungsi-fungsi akuisisi pada Matlab.

### 2.2.1. Dasar Akuisisi Citra menggunakan Kakas Matlab

Dalam membuat aplikasi akuisisi citra pada menggunakan kakas Matlab dibutuhkan beberapa tahap, yaitu :

- Identifikasi adaptor akuisisi yang terinstal. Adaptor disini berfungsi sebagai protokol komunikasi dasar antara Matlab dengan perangkat pencitraan. Dapat diketahui dengan perintah *imaqhwinfo*. Secara default biasanya adaptor bernama *winvideo*, atau jika menggunakan kamera berantarmuka *fireWire* akan bernama DCAM.
- Identifikasi Informasi perangkat. Untuk menemukan perangkat tertentu dari setiap perangkat akuisisi citra, menggunakan perintah *imaqhwinfo('nama adaptor')*. Matlab akan mengembalikan informasi yang meliputi jumlah perangkat yang terinstal, format resolusi citra yang bisa ditangkap dan beberapa hal teknis perangkat kamera lainnya.
- Menciptakan obyek untuk input video. Sesi ini merepresentasikan koneksi antara Matlab dan perangkat akuisisi pada level tertinggi pemrograman. Contoh perintahnya : `vid1 = videoinput('dcam',1,'Y8_800x600');`. Kode ini akan menyiapkan obyek input akuisisi dalam variable bernama *vid1* dalam resolusi 800x600. Sampai langkah ini Matlab sudah siap untuk mengakses perangkat akuisisi citra dan siap mengambil datanya.
- Menampilkan Video streaming. Sebelum mengambil data, biasanya user perlu melihat tampilan video untuk memastikan bahwa citra yang akan diambil sudah tepat. Langkah ini biasanya untuk menjadi pedoman user dalam mengubah posisi kamera, mengubah pencahayaan, memperbaiki fokus, atau membuat beberapa perubahan dalam kegiatan setup. Perintahnya adalah *preview(vid1)*, dimana *vid1* adalah variabel obyek pada langkah sebelumnya.
- Menangkap citra atau memperoleh data citra, melalui tiga langkah :



1. Mengaktifkan obyek input video, menggunakan fungsi start, misalnya `start(vid1)`. Untuk menonaktifkan menggunakan fungsi `stop(vid1)`.
  2. Mengatur pemicu akuisisi, pilihannya adalah otomatis setelah diaktifkan, atau secara manual. Contoh perintah untuk mengatur akuisisi untuk dilakukan secara manual `set(vid1, 'TriggerType', 'Manual')`.
  3. Membawa data citra ke wilayah kerja Matlab. Ada dua fungsi utama dalam melakukan langkah ini, yaitu fungsi `getdata` untuk mengambil data citra multiframe dan fungsi `getsnapshot` untuk mengambil data citra frame tunggal. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan perintah `img1 = getsnapshot(vid1)`; yaitu mengambil data satu frame saja pada setiap kamera untuk diletakkan dalam variabel `img1` sebagai citra.
- f. Menonaktifkan obyek input. Setelah akuisisi selesai, maka perlu ada aktivitas pembebasan memori dari obyek input. Sebab untuk proses ini memakan banyak sumber daya komputer. Perintahnya adalah `delete(vid1)`.

### 2.2.2 Bekerja dengan properti sistem Akuisisi Matlab

Inti dari perancangan akuisisi stereo pada penelitian ini adalah bekerja dengan properti akuisisi yang disediakan Matlab. Setelah langkah-langkah dasar akuisisi dilakukan pada sub bab sebelumnya, penulis mendapatkan bahwa Matlab mengembalikan informasi yang sangat banyak terkait dengan kemampuan kamera yang disambungkan ke sistemnya. Penulis kemudian membagi menjadi dua bagian properti-properti tersebut, yaitu yang pertama adalah fungsi pengaturan umum (*general settings properties*) and fungsi spesifik (*device specific properties*).

#### a. Fungsi Pengaturan Umum

Fungsi-fungsi pada bagian ini melakukan pembacaan properti umum dari kamera, yang meliputi id perangkat, tipe video input, video format dan video resolusi, pengaturan pemicuan akuisisi, pengaturan memori untuk proses akuisisi, pengaturan fungsi sensor untuk area warna citra dan deklarasi beberapa variabel video obyek. Aktivitas ini dapat diaktifkan dengan perintah `get(vid1)`. Properti-properti ini adalah informasi status dari perangkat akuisisi. Beberapa properti bisa saja hanya bisa dibaca, tanpa bisa diatur lagi. Ini terkait dengan perintah awal deklarasi fungsi ini. Penulis melakukan pengaturan dengan menggunakan perintah : `set(variable, 'properti yang ingin diubah', 'nilai properti baru')`;

#### b. Fungsi Spesifik

Untuk mendapatkan nilai parameter spesifik menggunakan perintah `getselectedsource`. Properti perangkat spesifik ini akan sangat tergantung dengan kemampuan perangkat akuisisi kamera yang tersambung dengan sistem stereo. Pada umumnya properti yang dikembalikan Matlab adalah pengaturan autoexposure, gain, brightness, shutter speed, white balance, gamma, dan lain sebagainya tergantung pada kemampuan kamera. Berikut ini adalah contoh perintah mengakses dan melakukan edit properti spesifik ; `src=getselectedsource(vid1)`; `get(src)`; (untuk menampilkan), dan `set(src, 'Brightness', 20)`; (untuk memberi nilai baru pada properti brightness).

Perancangan kaskas Matlab untuk sistem akuisisi stereo dapat dilihat pada algoritma yang berada pada Gambar 4. Penulis mengkombinasikan pengaturan dasar akuisisi citra Matlab dengan pengaturan properti-propertinya secara otomatis. Pada bagian akhir penulis pun mengkombinasikannya dengan perintah-perintah pengolahan citra agar memudahkan pengguna.

1. Tentukan Jumlah kamera
2. Tampilkan parameter akuisisi citra setiap kamera:
  - Tampilkan adaptor, device id dan format.
  - Tampilkan properti pengaturan fungsi umum
  - Tampilkan properti pengaturan fungsi spesifik
  - Tampilkan *streaming* obyek akuisisi
3. Atur parameter akuisisi citra setiap kamera sesuai input dari user
4. Tentukan obyek penyimpanan :
  - Jumlah citra yang akan diambil
  - Nama dan format file citra
5. Lakukan akuisisi citra secara serempak
6. Simpan citra pada obyek yang sudah disediakan

**Gambar 4.** Algoritma Sistem akuisisi stereo Matlab



## 2. Pengujian Citra Stereo

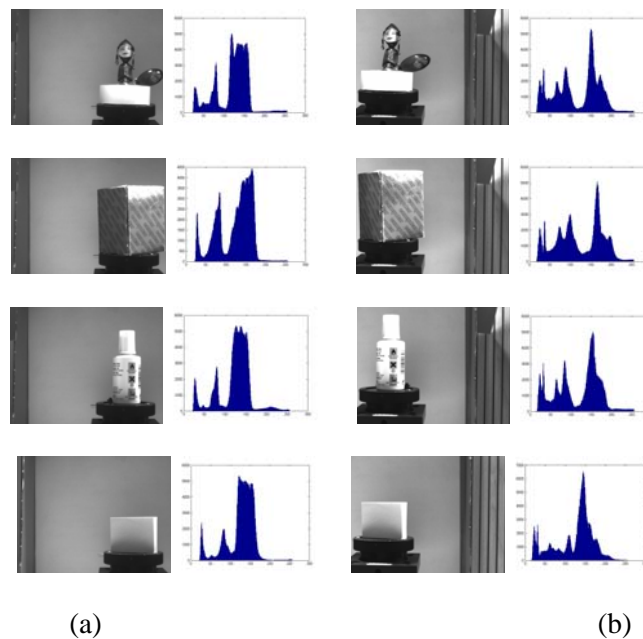
Pada bagian ini akan dijabarkan mengenai pengujian citra yang telah diakuisi dengan sistem ini dengan pendekatan histogram dan indeks kualitas citra berdasarkan model distorsi.

### 2.2. Histogram

Salah satu informasi penting mengenai suatu citra digital dapat diketahui melalui pembuatan histogram. Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas piksel dari suatu citra. Histogram akan menunjukkan kemunculan relatif dari intensitas pada citra tersebut serta dapat menunjukkan kecerahan dan kontras dari suatu citra. Secara matematis histogram dapat dihitung dengan rumus (Rinaldi Munir, 2004) :

$$h_i = \frac{n_i}{n}, i = 0, 1, \dots, L-1 \quad (3)$$

$L$  adalah derajat keabuan, pada citra yang dihasilkan dari sistem akuisisi ini, dipilih citra dengan kuantisasi derajat keabuan 8-bit, sehingga nilai derajat keabuannya antara 0 sampai 255.  $n_i$  adalah jumlah piksel yang memiliki derajat keabuan  $i$ ,  $n$  adalah jumlah seluruh piksel dalam citra. Pengujian dilakukan dengan mengakuisisi citra sebanyak 20 kali, lalu menghitung histogram setiap citra tersebut dan meletakkannya dalam sebuah matrik. Selanjutnya adalah melakukan operasi rata-rata bagi setiap  $h_i$  yang didapat dari setiap citra untuk semua citra uji tersebut. Citra yang diambil terdiri dari 4 jenis obyek yang berbeda (wayang, kotak bertekstur, botol penghapus cair bertekstur halus dan kotak polos), agar dapat melihat sebaran variasi intensitas yang ada. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rata-rata nilai histogram dari 20 citra hasil akuisisi kamera kiri (a) dan kanan (b)

Puncak histogram menunjukkan intensitas piksel yang menonjol. Lebar dari puncak menunjukkan rentang kontras dari citra. Citra yang memiliki histogram yang sempit dan hanya menggunakan setengah dari daerah derajat keabuan biasanya mempunyai kontras yang terlalu terang atau terlalu gelap. Dari dua rata-rata nilai histogram yang didapat dari 4 jenis citra tes terlihat hampir mengisi semua daerah derajat keabuan dengan distribusi yang hampir merata pada setiap nilai intensitas piksel. Secara umum dapat dilihat bahwa kualitas citra dari hasil akuisisi dengan sistem ini cukup layak untuk diproses lebih lanjut.

### 2.3. Indeks Kualitas berdasarkan model Distorsi

Pada penelitian ini, penulis menguji citra yang diambil dengan mengadaptasi model kualitas citra pada penelitian Wang, 2002. Secara umum, model kualitas indeks ini bekerja dengan memberikan 3

kombinasi distorsi pada citra yang dibandingkan, yaitu penghilangan korelasi (*loss correlation*), distorsi luminasi/intensitas (*luminance distortion*) dan distorsi kontras/kecerahan (*contrast distortion*). Defenisi model dapat dilihat di bawah ini (Wang, 2002) :

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x} \cdot \bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (4)$$

Komponen pertama adalah mencari koefisien korelasi antara  $x$  dan  $y$ , didapat dengan mengukur derajat korelasi antara  $x$  (citra referensi) dan  $y$  (citra tes). Representasi komponen ini berada dalam area dinamis [-1,1]. Nilai terbaik 1 akan terjadi jika  $y_i = ax_i + b$  untuk setiap  $i=1,2,3,\dots,N$ , dimana  $a$  dan  $b$  konstan dan  $a > 0$ . Komponen kedua yang memiliki kisaran [0,1], mengukur seberapa dekat rata-rata luminasi/intensitas antara  $x$  dan  $y$ . Nilai akan 1 jika dan hanya jika  $\bar{x} = \bar{y}$ .  $\sigma_x$  dan  $\sigma_y$  dapat ditampilkan sebagai estimasi kontras  $x$  dan  $y$ , maka komponen yang ketiga akan mengukur seberapa sama kontras citra tersebut. Nilainya pada kisaran [0,1] pula. Dimana nilai terbaik 1 akan didapat jika  $\sigma_x = \sigma_y$ .

Proses ini diterapkan pada 20 pasangan citra tes dari 4 pola obyek yang berbeda seperti pada pengujian histogram pada sub bab sebelumnya. Citra referensinya adalah citra khusus dari masing-masing obyek tersebut dengan kecerahan dan kontras paling tinggi, sehingga penulis dapat membandingkan secara radikal jenis citra dengan tekstur banyak dan sedikit dan pengaruhnya terhadap kualitas yang dibandingkan. Tabel berikut ini menunjukkan rata-rata kualitas perbandingan 20 pasang citra tes dengan citra referensi.

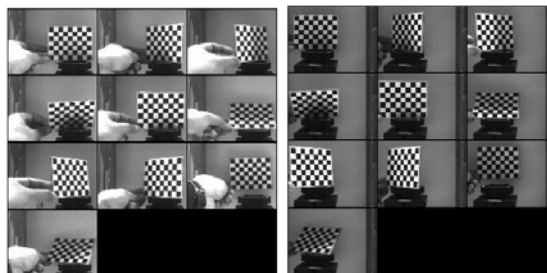
**Tabel I.** Hasil perbandingan Kualitas 20 pasang citra tes dengan 4 variasi obyek

No	Citra	Rata-rata kualitas 20 citra (0-1)
1	Wayang – kiri	0.83141
	Wayang – kanan	0.913955
2	Kotak bertekstur - kiri	0.84879
	Kotak bertekstur - kanan	0.906595
3	Penghapus cair – kiri	0.81391
	Penghapus cair – kanan	0.91008
4	Kotak polos – kiri	0.795965
	Kotak polos – kanan	0.86941

Secara umum, karena citra pembandingnya adalah citra dengan kecerahan dan kontras paling tinggi, penulis menemukan obyek citra bertekstur banyak ternyata memiliki indeks kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra bertekstur rendah. Selain itu, perbedaan titik pandang obyek juga mempengaruhi indeks kualitas citra. Dari data di atas, kita dapat melihat rata-rata kualitas indeks dari 20 citra kiri dibandingkan dengan 20 citra kanan, ternyata citra kiri memiliki indeks yang lebih rendah.

#### 2.4. Tes Kalibrasi Stereo

Sebagai penegas kualitas citra yang didapatkan dari sistem akuisisi ini, penulis mencoba mengkalibrasi citra stereo yang didapat dengan menggunakan *kakas kalibrasi Bouguet* (bouguet, 2008). Untuk keperluan ini, penulis melakukan akuisisi 10 pasang citra citra dengan obyek *check board*, dengan ukuran kotak dalam *check board* sebesar 10mm x 10mm, dan menentukan ukuran jendela untuk pencarian sudut 5 dan 3(*wintx* dan *winty*).



**Gambar 6.** Citra untuk kalibrasi dari kamera kiri dan kamera kanan

Pada proses kalibrasi ini, kaskas kalibrasi Bouguet kemudian mengekstrak kotak sudut (*grid corner*) sebagai pedoman perhitungan, lalu mengkalibrasinya untuk mendapatkan parameter intrinsik setiap kamera (kiri dan kanan). Untuk keperluan ini, penulis melakukannya satu per satu untuk setiap kamera.

Hasil kalibrasi Bouguet adalah mendapatkan data intrinsik panjang fokal (*focal length*) dan titik prinsip (*prinsipal point*) kamera kiri dan kanan dengan masing-masing *pixel error* seperti di bawah ini.

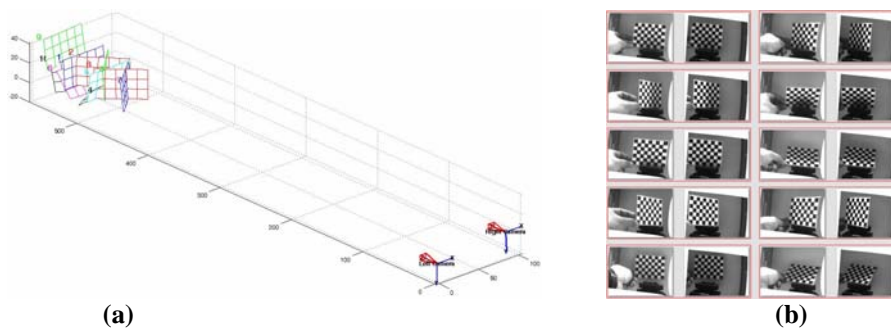
Pixel error left:  $err = [ 0.26174 \quad 0.25549 ]$

Pixel error right:  $err = [ 0.27587 \quad 0.23443 ]$

Setelah mendapatkan data tersebut di atas, maka dengan kaskas yang sama, kita dapat mengkalibrasi stereo untuk mendapatkan vektor rotasi dan translasi yang menunjukkan parameter ekstrinsik antara dua kamera stereo tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7-(a).

Rotation vector:  $om = [ 0.05870 \quad -0.03126 \quad 0.00980 ] \pm [ 0.04273 \quad 0.07177 \quad 0.00232 ]$

Translation vector:  $T = [ -85.33403 \quad 6.93823 \quad -1.05960 ] \pm [ 1.56573 \quad 1.03274 \quad 12.56509 ]$



**Gambar 7.** Parameter ekstrinsik dua kamera Guppy F-080B yang dirangkai Stereo (a) dan Hasil perbaikan (*Rectify*) Citra stereo (b)

Langkah terakhir, adalah melakukan perbaikan geometri citra stereo yang didapat untuk menunjukkan garis hubungan piksel antara citra kiri dan kanan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7-(b). Sampai tahapan ini, dengan mengacu pada hasil pengujian kalibrasi di atas, dapat menunjukkan bahwa citra yang diambil menggunakan sistem akuisisi stereo ini cukup layak dan dapat diproses lebih lanjut.

### 3. Kesimpulan

Salah satu tujuan pembuatan kaskas ini adalah untuk mengatasi kelemahan perangkat lunak bawaan kamera yang pada umumnya tidak memiliki kemampuan mengakuisisi citra stereo lebih dari satu kamera secara simultan. Pada penelitian ini, kaskas sistem akuisisi citra stereo yang disusun telah mengalami 3 langkah pengujian kelayakan citra yang diambil. Secara umum hasil pengujian histogram, pengujian indeks kualitas metoda Wang dan proses pengujian kalibrasi stereo memberikan hasil yang baik. Pengembangan dapat dilakukan dengan memanfaatkan GUI Matlab pada seluruh bagian program agar pengguna mendapatkan tampilan yang lebih baik lagi. Selain itu juga, dapat program ini dapat dikombinasikan dengan mengadaptasi kemampuan kalibrasi kamera secara langsung sehingga tidak menggunakan kaskas kalibrasi kamera lainnya secara terpisah.

### Daftar Pustaka

Brown, Myron Z. (2003), *Advances in Computational Stereo*, IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 25, NO. 8.

Gonzales R, Woods R Eddins S (2004), *Digital Image Processing Using Matlab*, Pearson Prentice Hall.



Humenberger, Martin (2007), Evaluation of Stereo Matching Systems for Real World Applications Using Structured Light for Ground Truth Estimation, MVA2007 IAPR Conference on Machine Vision Applications, May 16-18, 2007, Tokyo, JAPAN.

J.Bouguet. (2008), *Matlab camera calibration toolbox*, Website Caltech.edu  
[http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib\\_doc/index.html](http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/index.html).

Marvin Ch Wijaya, Agus Prijono (2007), *Pengolahan Citra Digital menggunakan Matlab Image processing toolbox*, Penerbit Informatika, Bandung.

Matlab team (2009), *Image Acquisition Toolbox 3.3 ; Acquire images and video from industry-standard hardware*, Matlab Product Preview Article,  
<http://www.mathworks.com/products/imaq/>, Februari.

R. Hartley and A. Zisserman (2000), *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge: UK, Cambridge Univ. Press.

Rinaldi Munir (2004), *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Penerbit Informatika, Bandung.

Zhou Wang, Alan C. Bovik (2002), *A Universal Image Quality Index*, IEEE Signal Processing Letter, Vol. XX, No. Y.

