

PENILAIAN OTOMATIS LEMBAR JAWABAN KOMPUTER (LJK) SECARA REAL TIME DENGAN MEMANFAATKAN WEBCAM

Ronny Makhfuddin Akbar¹ dan Endang Setyati²

¹Teknik Informatika Universitas Islam Majapahit Mojokerto

²Teknologi Informasi Sekolah Tinggi Teknik Surabaya

ronny8686@gmail.com dan endang@sts.edu

ABSTRAK

Lembar jawaban komputer (LJK) merupakan sebuah inovasi untuk mempercepat proses pemeriksaan hasil ujian menggunakan mesin OMR atau scanner. Sementara solusi terbaru didasarkan pada scanner mahal, penelitian ini mengajukan perancangan sistem yang murah untuk penilaian otomatis LJK dan hanya membutuhkan webcam biasa. Metode deteksi dan penilaian LJK yang digunakan adalah kalibrasi kamera, adaptive threshold dan region merging. Penelitian ini menghasilkan sistem penilaian otomatis lembar jawaban komputer secara real time dengan memanfaatkan webcam. Sistem ini dibangun menggunakan EMGU CV dan C#. Sistem ini telah divalidasi dengan sejumlah eksperimen yang menunjukkan kemudahan penggunaan, real time, dan keandalan hasil bila dibandingkan dengan konvensional, sistem yang lebih mahal.

Kata kunci: penilaian otomatis, kalibrasi kamera, adaptive threshold, region merging, webcam.

ABSTRACT

Computer answer sheet is an innovation to accelerate the result of examination evaluation using OMR machine or scanner. While most current solutions are based on expensive scanner, this thesis proposed a low-cost system design for automatic grading of computer answer sheet by requiring only a regular webcam. The method to detect and assess the computer answer sheet uses calibration camera, adaptive threshold and region merging. This research made an automatic grading system of computer answer sheet in real time by using webcam. This system was built using EMGU CV and C#. The system has been validated with a set of experiments that show the ease of use, real time, and reliability of the results when compared with conventional, more expensive systems.

Keywords: automatic grading, camera calibration, adaptive threshold, region merging, webcam

I. PENDAHULUAN

Penggunaan metode pengolahan citra dalam sistem OMR telah lama diteliti, penelitian ditujukan untuk menggantikan mesin OMR yang berat dan mahal, digantikan dengan scanner dan komputer. Sebuah aplikasi pengolahan citra dikembangkan yang memberikan informasi bubble yang terisi dan tidak terisi pada form.

Namun pada penelitian Kubo H, menyatakan biaya scanner yang dibutuhkan dan waktu setup untuk aplikasi ini (akses ke peralatan dan persiapan scan) membatasi penggunaannya, dimana pengurangan waktu dan biaya sangat penting [4]. Dan Ashish Arora menyatakan bahwa metode pengolahan citra lebih efisien terutama dalam hal biaya selain tingkat akurasi yang semakin baik. Kelemahan dari metode ini adalah sangat rentan terhadap perbedaan ukuran, posisi, dan kualitas citra yang dihasilkan webcam, sehingga tahap kalibrasi citra dan pre-processing menjadi sangat penting [1]. Oleh karena itu, penulis mencoba untuk menggunakan solusi penilaian otomatis LJK menggunakan webcam secara real time.

Dalam penelitian ini, tidak hanya perangkat keras webcam saja yang diperlukan tetapi juga perangkat lunak yang mana mampu menyelesaikan masalah identifikasi dan koreksi secara real time untuk perhitungan nilai pada LJK. Maka untuk menyelesaikan masalah ini diperlukan metode yang cocok dengan perangkat lunak yang digunakan. Pada penelitian ini metode kalibrasi kamera pada tahap kalibrasi citra, adaptive threshold dan region merging pada tahap identifikasi dan penilaian LJK menggunakan webcam secara real time.

II. DASAR TEORI

2.1 Metode Kalibrasi Kamera

Metode kalibrasi pada penelitian ini menggunakan OpenCV berdasarkan metode yang dikembangkan Zhang [8]. Proses kalibrasi gambar sebagai berikut:

1. Kalibrasi. Mengidentifikasi sejumlah titik koordinat acuan dengan menentukan area kalibrasi kamera pada LJK dengan memberikan posisi 4 sudut terluar dari kotak hitam (bar) LJK. Dengan mengetahui letak titik-titik pada world coordinate dan pixel coordinate maka dapat dicari matriks yang menghubungkan keduanya. Matriks inilah yang disebut matriks intrinsik dan ekstrinsik.
2. Parameter Intrinsik Kamera. Matriks intrinsik terdiri atas fokus kamera, titik tengah proyeksi seperti pada persamaan (2.1) atau *principal point*. Matriks intrinsik adalah matriks yang menyatakan geometri dari kamera itu sendiri.
3. Parameter Ekstrinsik Kamera. Matriks ekstrinsik merupakan orientasi posisi dari kamera terhadap world coordinate. Matriks ekstrinsik ini terdiri atas matriks rotasi (R) dan matriks translasi (T) pada persamaan (2.1).
4. Proyeksi Gambar. Perhitungan proyeksi suatu titik pada ruang 3D menjadi titik pada gambar 2D dilakukan dengan perkalian titik 3D terhadap parameter kamera yang terdapat pada matriks intrinsik dan ekstrinsik. Formula untuk menghitung proyeksi dari world coordinate (Pw) ke image coordinate (P) adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & C_x \\ 0 & f_y & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.1)$$

2.2 Adaptive Threshold

Pada metode thresholding Sauvola [7], threshold $T(x,y)$ dihitung menggunakan mean $m(x,y)$ dan standar deviasi $\delta(x,y)$ untuk window dengan ukuran $w \times w$ seperti pada persamaan (2.2) berikut:

$$T(x, y) = m(x, y) [1 + k(\delta(x, y) / R - 1)] \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana R adalah nilai maksimum standar deviasi, dan k adalah bias, yang mempunyai nilai positif pada rentang [0.2, 0.5]. Pada penelitiannya, Sauvola menggunakan nilai 0.5 begitu juga Sezgin [5]. Rerata lokal $m(x,y)$ dan standar deviasi $\delta(x,y)$ menyesuaikan nilai threshold berdasarkan nilai kontras pada piksel tetangga lokal.

Menurut Badekas et al [2], nilai yang paling optimal adalah 0.34. Tentu itu terbatas pada data penelitian yang mereka gunakan karena secara umum algoritma ini tidak sensitif terhadap perubahan nilai.

2.3 Metode Region Merging

Algoritma region merging dapat ditentukan oleh: kriteria penggabungan yang mendefinisikan biaya penggabungan dua wilayah, urutan penggabungan, menentukan urutan di mana daerah yang bergabung berdasarkan kriteria penggabungan, dan model daerah/region yang menentukan bagaimana untuk mewakili persatuan daerah [6].

Algoritma region merging mengelompokkan antara warna hitam yang diibaratkan bernilai 1 dan warna putih bernilai 0 yang berwarna putih ini tidak diproses kembali. Sedangkan warna hitam yang bernilai 1 akan dihitung jumlahnya. Sehingga akan diketahui warna (bernilai 1) yang dominan merupakan jawaban.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bahan Penelitian

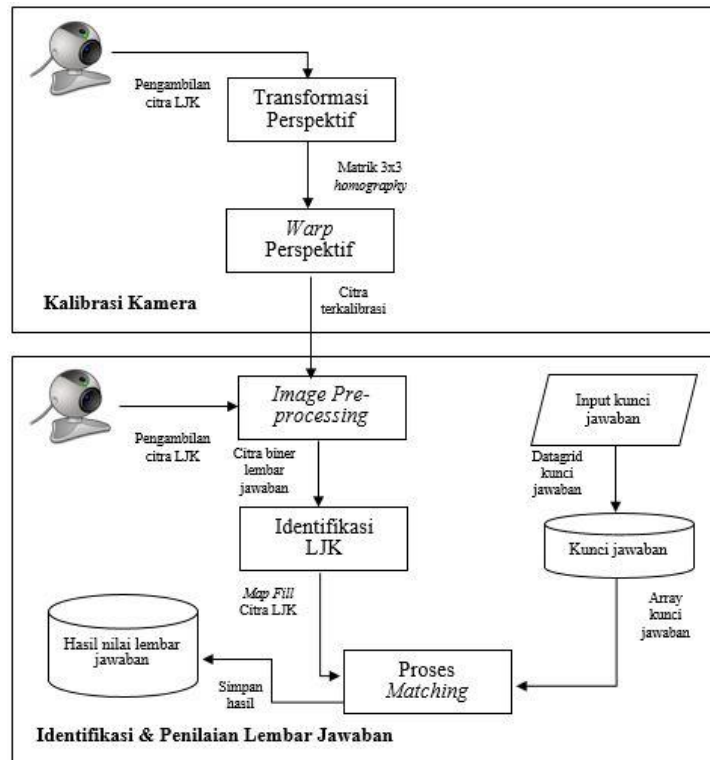
Penelitian ini akan menggunakan bahan penelitian berupa LJK yang telah diisi oleh siswa dan ditangkap oleh webcam sebanyak 100 LJK. Sebagai alat bantu dalam pengujian sistem penilaian otomatis LJK akan digunakan tempat scan LJK seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tempat Scan LJK

3.2 Perancangan Sistem

Rancangan algoritma yang digunakan untuk identifikasi LJK dibagi menjadi 2 bagian seperti pada Gambar 2, yaitu bagian pertama adalah untuk menerapkan kalibrasi kamera untuk menyelaraskan gambar yang diambil dari webcam dan menghasilkan citra terkalibrasi. Kemudian bagian kedua adalah identifikasi dan penilaian lembar jawaban ujian untuk menerapkan adaptive thresholding dan region merging.

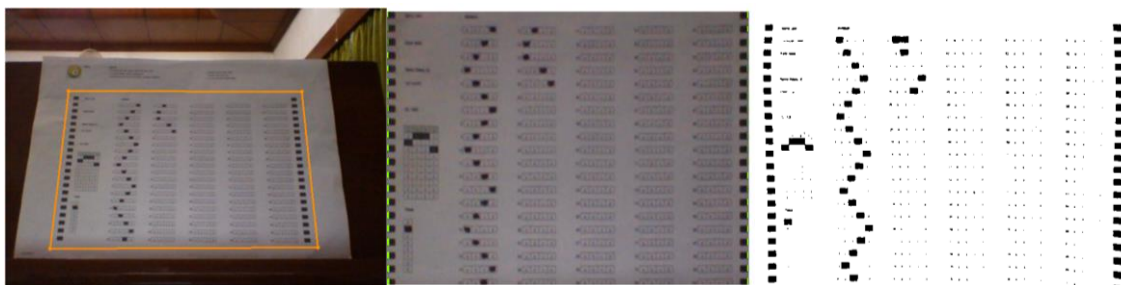


Gambar 2. Perancangan Sistem Penilaian Otomatis LJK

3.3.1 Bagian Kalibrasi Kamera

Tahap pertama adalah transformasi perspektif, proses untuk mendapatkan koordinat homography, yaitu intrinsik dan ekstrinsik dengan menggunakan posisi koordinat sudut terluar dari tanda marker pada LJK sebagai acuan seperti pada Gambar 3. Intrinsik dibutuhkan untuk mentransformasikan koordinat dari obyek ke dalam koordinat kamera. Ekstrinsik dibutuhkan untuk mengetahui posisi kamera terhadap koordinat dunia. Hasil dari proses ini berupa matriks 3x3 homography.

Tahap kedua adalah warp perspektif, proses untuk menerapkan transformasi perspektif ke dalam gambar. Hasil dari proses ini berupa gambar LJK yang berubah menjadi citra terkalibrasi seperti pada Gambar 3.

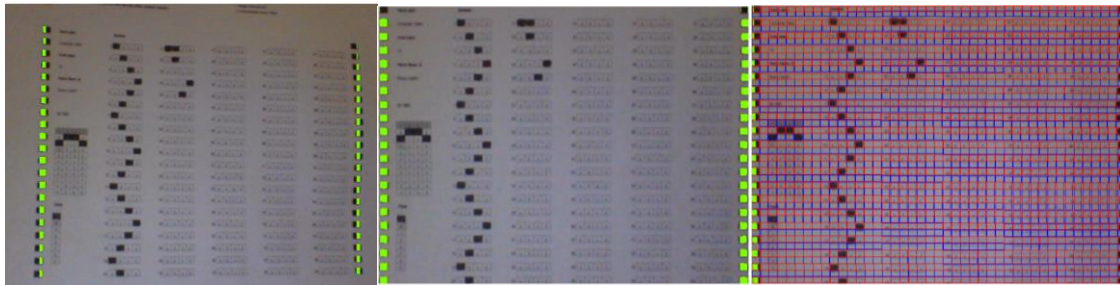


Gambar 3. Input Titik Koordinat, Hasil dari Warp Perspektif, dan Hasil Proses Adaptive Threshold

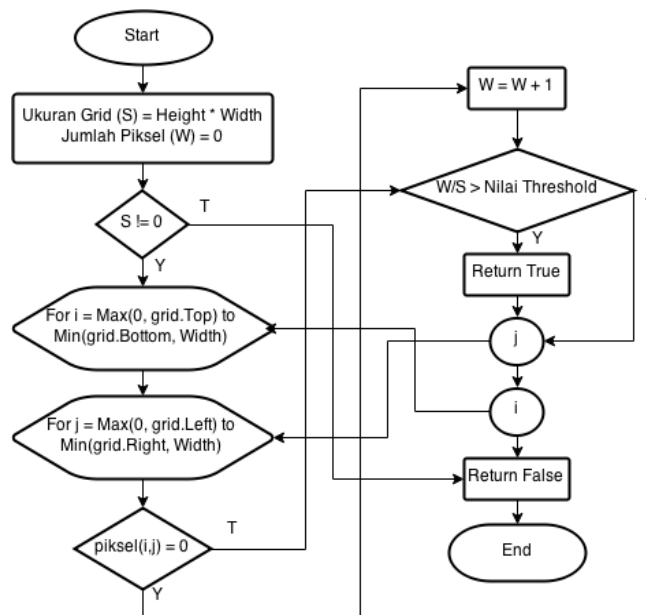
3.3.2 Bagian Identifikasi dan Penilaian LJK

Tahap pertama yang dilakukan adalah input kunci jawaban. Proses ini akan menampung 2 array, yaitu array nilai soal per paket dan array kunci jawaban. Tahap kedua adalah melakukan proses image pre-processing pada citra input dengan adaptive threshold seperti pada Gambar 3. Tahap ketiga adalah melakukan proses identifikasi LJK. Langkah-langkah untuk identifikasi LJK dan menangkap jawaban pada LJK:

- Menggambar line segment: menggambar garis pada marker di sebelah kiri dan kanan LJK seperti pada Gambar 4.
- Kalibrasi citra LJK: menyelaraskan gambar LJK dengan mengambil acuan 4 sudut dari garis line segment pada proses sebelumnya seperti pada Gambar 4.
- Deteksi tabel jawaban: geometri tabel jawaban dideteksi dengan menggunakan segmentasi grid. Proses segmentasi citra LJK dilakukan dengan membagi-bagi citra biner ke dalam grid-grid sejumlah 41 x 43 grid / sel seperti pada Gambar 4.
- Pengambilan keputusan: program menganalisa bagian dari gambar dalam setiap grid dan memutuskan apakah bubble telah ditandai atau tidak dengan menggunakan metode region merging seperti pada Gambar 5.



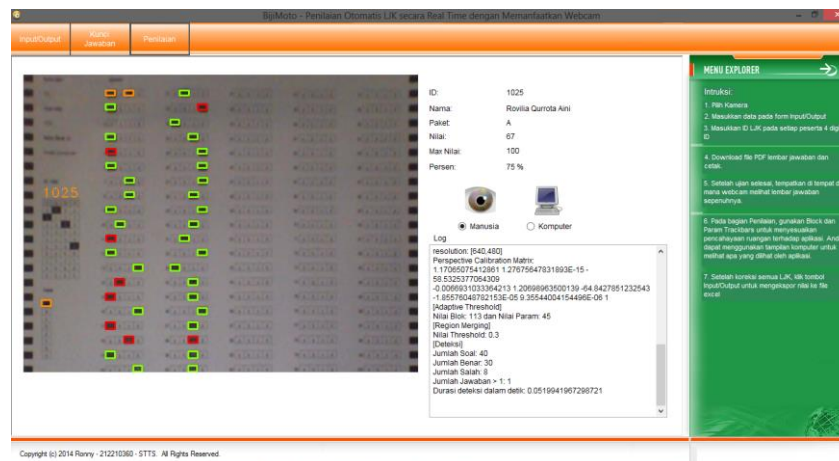
Gambar 4. Menggambar Linesegment, Hasil Citra LJK Terkalibrasi, dan Segmentasi Grid pada LJK



Gambar 5. Flowchart Region Merging

Tahap keempat adalah melakukan proses matching. Mencocokkan antara array kunci jawaban dengan map fill/pemetaan citra LJK dengan posisi koordinat jawaban. Sehingga bisa diketahui berapa jumlah benar dan salah dalam LJK. Adapun langkah-langkah proses matching sebagai berikut:

- Proses deteksi ID LJK, proses untuk mendeteksi posisi dan mengambil nilai id LJK.
- Proses deteksi kode paket, proses pengecekan kode paket.
- Proses permintaan data kunci jawaban, proses mengirimkan permintaan kunci jawaban yang sesuai dengan kode paket pada proses deteksi kode paket.
- Proses pencocokan jawaban, sistem akan menghitung nilai LJK dengan komparasi array kunci jawaban.
- Proses tampilkan hasil, merupakan proses akhir dimana sistem memberikan ID LJK, nama, kode paket, dan nilai untuk ditampilkan pada aplikasi seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Hasil Koreksi LJK

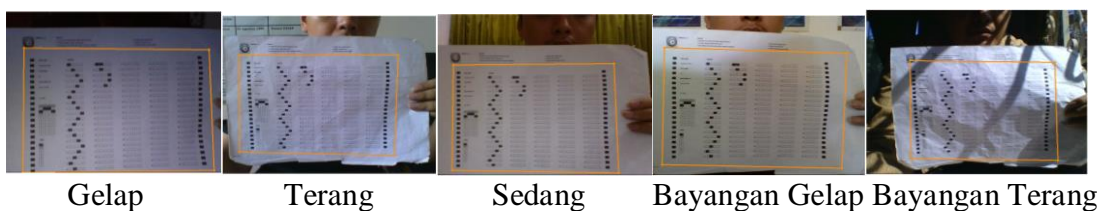
3.3 Hasil Uji Coba

3.3.1 Pengujian Kalibrasi Kamera

Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat memproyeksikan LJK berdasarkan jarak dengan hasil yang lebih akurat maka LJK ditaruh di depan webcam dengan jarak 25 cm dan koordinat titik sudut disesuaikan dengan tempat scan pada area LJK.

3.3.2 Pengenalan LJK

Untuk mengevaluasi kemampuan sistem terhadap kondisi pencahayaan, pada pengujian ini dibedakan lima kondisi pencahayaan yang berbeda seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian LJK pada Kondisi Pencahayaan

Berdasarkan hasil pengujian. Untuk setiap kondisi, sistem dapat mendeteksi jawaban dengan tingkat akurasi 100%. Kondisi bayangan terang mendapatkan deteksi error ketika ada bayangan gelap pada form. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemeriksaan LJK pada kondisi ruangan dengan bayangan terang harus dihindari.

3.3.3 Pengenalan Bubble

Pada tahap ini, aplikasi diuji untuk mengenali jawaban/bubble dengan membandingkan nilai threshold yang berbeda. Berikut adalah tabel data yang didapat dari hasil pengujian.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Region Merging

No	Nilai Threshold	Waktu Komputasi Deteksi Jawaban	Tingkat Akurasi
1	0.2	1 detik	100%
2	0.4	1-3 detik	100%
3	0.6	2-5 detik	84%
4	0.8	8-10 detik	72%

Hasil pengujian pada Tabel 1 mengindikasikan bahwa nilai threshold pada nomor 3 dan 4 tingkat akurasinya kurang dari target persentase yaitu 95%. Hal ini terlihat dari lamanya waktu komputasi pendeteksian, dikarenakan nilai threshold yang besar. Pengujian ini mengharapkan waktu komputasi yang cepat seperti nomor 1 dan 2. Artinya sistem akan mendeteksi bubble secara kontinu dalam waktu yang lebih cepat atau real time, paling tidak satu sampai dua detik. Sehingga nilai threshold untuk mendapatkan akurasi pendeteksian bubble secara real time adalah 0.2 sampai 0.4.

3.3.4 Penilaian Koreksi LJK

Pengujian akurasi dari sistem diukur berdasarkan perbandingan penilaian manual dengan penilaian yang dilakukan oleh sistem. Penghitungan akurasi dilakukan dengan membandingkan jumlah jawaban benar yang dideteksi oleh sistem dengan jumlah jawaban benar yang dihitung secara manual.

Tabel 2. Hasil Uji Coba Penilaian Koreksi LJK

No	Nama	Kelas	Jumlah Nilai Benar		Tingkat Akurasi
			Sistem	Manual	
1	Bagus Setyawan	VIIA	20	20	100%
2	Dwiana Putri	VIIA	19	19	100%
3	Fadillah Timur Gumelar	VIIA	20	20	100%
98	Nadya Ayu Wulandari	VIIIB	20	20	100%
99	Nurul Hidayah	VIIIB	24	24	100%
100	Wahyu Hidayatullah	VIIIB	25	25	100%
Total akurasi					100%

Dari hasil pengujian pada Tabel 2 terhadap 100 LJK yang dilakukan diperoleh tingkat akurasi penilaian sebesar 100%. Dengan menggunakan sistem penilaian

otomatis LJK, kemudahan yang didapat yaitu mengoreksi dalam jumlah besar maupun kecil dapat dikoreksi secara real time dan langsung dapat mengetahui nilai oleh sistem.

IV. PENUTUP

Berdasarkan perancangan dan hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian, dapat disimpulkan hal-hal berikut ini. (1) Penelitian ini membuat sistem OMR berbiaya rendah karena hanya membutuhkan webcam biasa, portabilitas karena ukuran kecil dan keringanan webcam, dan dapat mengkoreksi LJK secara real time, yaitu dengan rata-rata durasi deteksi sebesar 0.05 detik sehingga muncul output berupa nilai akhir. (2) Pengujian mengenai algoritma deteksi jawaban menggunakan kalibrasi kamera yang dioptimalkan dengan toleransi posisi jarak pada 25 cm dan sudut kemiringan disesuaikan dengan tempat scan LJK. (3) Keakuratan sistem dalam mendeteksi jawaban menggunakan adaptive threshold dan region merging menunjukkan tingkat akurasi sebesar 100% dari 100 LJK. (4) Design tempat scan LJK dibuat dengan jarak dan posisi webcam terhadap form LJK untuk notebook 14 inch. Serta penggunaan tempat scan LJK bertujuan untuk memudahkan dan mempercepat proses koreksi LJK sehingga deteksi koordinat jawaban bisa lebih cepat dan mudah.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashish Arora, Rakesh S, Kailash Atal. *Cost Effective Optical Mark Reader*. International Journal of Computer Science and Artificial Intelligence, Vol. 3 Iss. 2, PP. 44-49. 2013.
- [2] E. Badekas dan N. Papamarkos. *Automatic evaluation of document binarization results*. 10th Iberoamerican Congress on Pattern Recognition, pp. 1005–1014. 2005.
- [3] GradeCam. *Grading With a Camera*. 2014. Diakses pada 28 Januari 2014, <http://www.gradecam.com>.
- [4] Kubo H, Ohashi H, Tamamura M, Kowata T, dan Kaneko I. *Shared questionnaire system for school community management*. International symposium on applications and the internet, IEEE, pp 408–414. 2004.
- [5] M. Sezgin dan B. Sankur. *Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation*. Journal of Electronic Imaging 13(1), pp. 146–165. 2004.
- [6] Salembier, P., dan Garrido, L. *Binary partition tree as an efficient representation for image processing, segmentation, and information retrieval*. IEEE Transactions on Image Processing, pp. 561-576. 2000.
- [7] Sauvola, J., Seppanen, T., Haapakoski, S., dan Pietikainen, M. *Adaptive document binarization*. Proc. 4th Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, Ulm Germany. pp. 147–152. 1997.
- [8] Zhang, Zhengyou. *Flexible Camera Calibration by Viewing a Plane from Unknown Orientation*. In International Conf. on Computer Vision. 1999.