

## STUDI PENGEMBANGAN SISTEM VISION BERBASIS KAMERA DALAM PENENTUAN POSISI MENISKUS PADA KALIBRASI GELAS UKUR

GIANTO\*, VERA FIRMANSYAH, NANDANG GUNAWAN TUNGGAL WARAS, DUDI ADI FIRMANSYAH,  
AZIS MUSLIM, BUDI YASRI, WILLI SUTANTO

*Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentas, Akademi Metrologi dan Instrumentasi  
Jl. Raya Bandung-Sumedang km 25 No. 28, Kutamandiri, Kec. Tanjungsari, Kab. Sumedang.*

**Abstrak.** Perhitungan estimasi nilai ketidakpastian pada proses kalibrasi gelas ukur, salah satunya dipengaruhi oleh pembacaan posisi meniskus cairan dalam gelas ukur. Oleh karena sifatnya yang masih analog, maka pembacaan meniskus sangat bergantung pada kemampuan operator dalam membaca skala gelas ukur. Umumnya, operator mampu membaca skala alat ukur pada batas  $\frac{1}{2}$  divisi skala tanpa alat bantu. Akurasi penentuan posisi meniskus dapat ditingkatkan menggunakan sistem vision berbasis kamera, yang menjadi tujuan di dalam studi ini. Pada studi ini, dikembangkan metode olah citra digital untuk membaca volume cairan di dalam gelas ukur kapasitas 50 mL dengan resolusi 1 mL. Sebagai objek penelitian, digunakan citra sintetis dan sampel gelas ukur yang memiliki garis skala berwarna biru muda, cukup kontras dengan warna meniskus yang abu-abu. Untuk itu pada proses segmentasi, digunakan metode pemisahan warna dalam model citra HSV. Pada simulasi yang menggunakan citra sintetis, dapat ditunjukkan bahwa metode olah citra yang dikembangkan berhasil membaca volume cairan dalam gelas ukur, dengan rentang kesalahan 0,07 mL, yang disebabkan oleh sebagian tinggi meniskus cairan yang tertutup oleh garis skala yang memiliki tebal 8 piksel setara dengan 0,14 mL. Hasil eksperimen juga menunjukkan metode olah citra yang dikembangkan berhasil diterapkan pada sampel gelas ukur.

**Kata kunci:** gelas ukur, sistem vision, kamera, kalibrasi, olah citra, pembacaan meniskus.

**Abstract.** Calculation of the estimated uncertainty value in the volumetric glassware calibration, is influenced by the reading of the meniscus position of the liquid in the volumetric glassware. Due to the volumetric glassware is analog, the meniscus reading is highly dependent on the operator ability to read the volumetric glassware scale. Generally, the operator is able to read the scale of the volumetric glassware at the limit of  $\frac{1}{2}$  division of the scale without tools. The accuracy of meniscus positioning reading can be improved by using a camera-based vision system. In this study, a digital imaging processing method was developed to read the volume of liquid in the volumetric glassware with a capacity of 50 mL with a resolution of 1 mL. As the research object, a synthetic image and a volumetric glassware sample are used which have light blue scale lines, quite a contrast to the gray meniscus. For this reason, in the segmentation process, the color separation method is used in the HSV image model. Through a simulation using a synthetic image, it can be shown that the developed image processing method successfully reads the volume of liquid in a volumetric glassware, with an error of 0.07 mL, which is caused by partly the height of the meniscus of the liquid which is covered by a scale line which has a thickness of 8 pixels equivalent to 0.14 mL. The experimental results also show that the developed image processing method was successfully applied to a volumetric glassware sample.

**keywords:** volumetric glassware, vision system, camera, image processing, meniscus reading.

### 1. Pendahuluan

Gelas ukur merupakan salah satu instrumen ukur volume yang banyak digunakan, di antaranya di bidang material pada laboratorium kimia/analitik, maupun di bidang energi seperti pada pengujian anti drain Pompa Ukur Bahan Bakar Minyak (PU BBM) di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Berdasarkan SK Dirjen PKTN No. 121 Tahun 2020 tentang Syarat Teknis Meter Arus BBM dan Produk Terkait, Pompa Ukur BBM dan Pompa Ukur Elpiji, pada pengujian anti drain ini, gelas ukur digunakan untuk mengukur cairan BBM yang tertinggal di dalam selang. Akurasi

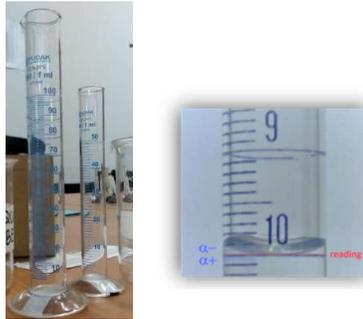
---

\* Email: gianto@akmet.ac.id

pembacaan gelas ukur pada pengujian anti drain PU BBM menjadi bagian penting dalam perlindungan konsumen dalam hal tertib niaga pada sektor jual beli energi BBM di masyarakat. Di samping akurasi, kecepatan dalam proses pengukuran energi BBM juga menjadi faktor yang diperhatikan disebabkan banyaknya jumlah PU BBM di SPBU. Untuk meningkatkan akurasi dan mempercepat proses pengukuran BBM pada pengujian anti drain PU BBM, sistem vision menjadi alternatif pembacaan cairan BBM di dalam gelas ukur secara otomatis berdasarkan citra hasil tangkapan kamera.

Gelas ukur yang digunakan dalam pengujian anti drain PU BBM, harus memiliki ketertelusuran (*traceability*), dengan dikalibrasi secara rutin dalam jangka waktu tertentu [1]. Pada kalibrasi gelas ukur, salah satu sumber ketidakpastian yang cukup signifikan berasal dari pembacaan meniskus cairan di dalam gelas ukur [2]. Oleh karena elemen tampilan (*display*) dari gelas ukur direpresentasikan oleh garis-garis skala (bersifat analog), pembacaan posisi meniskus pada gelas ukur hanya bisa dilakukan secara manual langsung menggunakan mata telanjang. Hasil akurasi pembacaan posisi meniskus cairan dalam gelas ukur berbeda-beda, sangat bergantung pada kemampuan teknis teknisi/operator di laboratorium [3]. Umumnya, teknisi/operator hanya mampu membaca skala alat ukur pada batas  $\frac{1}{2}$  divisi skala tanpa alat bantu optik, seperti kaca pembesar. Gelas ukur yang digunakan sebagai objek penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1(a).

Akurasi penentuan posisi meniskus tersebut dapat ditingkatkan menggunakan sistem vision [5], seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Citra digital dengan objek posisi meniskus cairan dalam gelas ukur dihasilkan menggunakan alat kamera yang diambil secara tegak lurus untuk mengurangi kesalahan paralaks dalam pembacaan, seperti tampak pada Gambar 1(b). Kemudian, terhadap citra digital tersebut dilakukan pengolahan dan analisis citra untuk memperoleh nilai volume cairan di dalam gelas ukur berdasarkan posisi meniskus.



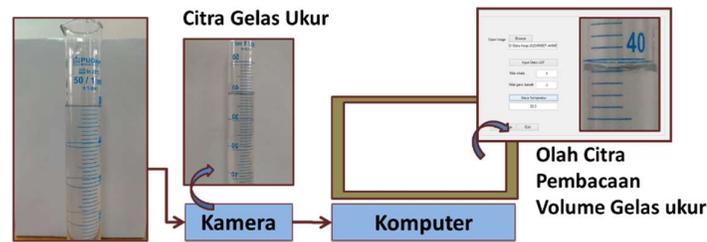
(a)

(b)

**Gambar 1.** (a) Gelas ukur dan (b) Pembacaan meniskus gelas ukur [4]

Penggunaan sistem vision penentuan posisi meniskus cairan di dalam gelas ukur tersebut, diharapkan dapat meningkatkan akurasi pembacaan volume gelas ukur dan memperkecil risiko kesalahan pembacaan yang dilakukan oleh teknisi/operator (*human error*) dalam proses kalibrasi gelas ukur. Dengan demikian, nilai ketidakpastian yang bersumber dari pembacaan meniskus dapat diperkecil, yang merepresentasikan performansi hasil kalibrasi yang lebih baik. Estimasi nilai ketidakpastian pembacaan meniskus yang digunakan pada penelitian ini menggunakan distribusi

kotak (*uniform/rectangular distribution*), mengacu pada Pedoman Kalibrasi Gelas Ukur (*EURAMET*) [4, 6].



**Gambar 2.** Rancangan sistem vision penentuan posisi meniskus pada gelas ukur.

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, dikembangkan metode pengolahan citra penentuan meniskus cairan di dalam gelas ukur. Metode pengolahan citra yang dikembangkan diuji dengan diterapkan pada citra sintesis (Gambar 3(a)) terlebih dahulu, yang kemudian divalidasi dengan sampel gelas ukur yang terdapat di laboratorium (Gambar 3(b)). Dalam sistem vision pada penelitian ini, bagian proses pengolahan citra adalah bagian penting yang berpengaruh pada hasil pengukuran volume cairan di dalam gelas ukur. Metode pengolahan citra ini dikembangkan dengan mengakomodasi jika terjadi ketidakefektifan hasil kualitas citra gelas ukur yang diambil menggunakan kamera. Metode dan analisis pengolahan citra yang dikembangkan pada penelitian ini, dirancang menggunakan program Matlab.

Metode pengolahan citra yang dikembangkan terdiri atas tiga bagian utama, yaitu:

- Pre-processing*, berupa penentuan ROI (*Region Of Interest*) dan perbaikan kualitas citra menggunakan metode CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*),
- Proses segmentasi, untuk pemisahan objek citra (meniskus dan garis skala) dari latar citra yang tidak diperlukan,
- Post-processing*, berupa analisis citra untuk penentuan nilai volume cairan di dalam gelas ukur berdasarkan pembacaan posisi meniskus terhadap garis-garis skala. Pada proses ini dilakukan identifikasi garis skala gelas ukur untuk menghitung piksel per nilai satuan volume (*pixel per volume - ppv*), dan menghitung volume cairan di dalam gelas ukur berdasarkan nilai *ppv* tersebut, sesuai dengan Persamaan (1) berikut.

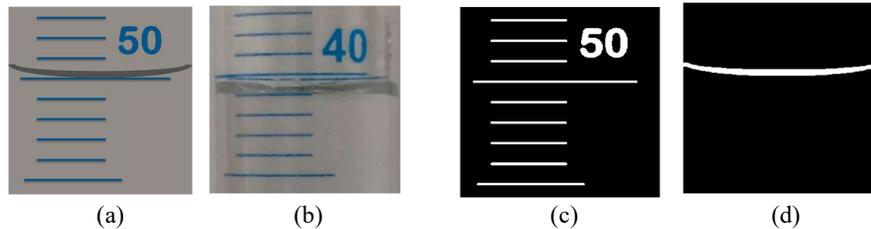
$$\begin{aligned} \text{Volume} = & \text{nilai garis skala bawah} + (\text{jumlah skala} \times \text{resolusi}) + \dots \\ & \dots + \text{ppv} \times (\text{pixel kolom sisa} - \text{koreksi lebar skala}) \end{aligned} \quad (1)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Simulasi

Metode yang dikembangkan pada penelitian ini terlebih dahulu disimulasikan menggunakan citra sintetis, seperti tampak pada Gambar 3(a), yang dibuat menyerupai citra gelas ukur hasil akuisisi menggunakan kamera. Pada gambar tersebut, ditunjukkan citra sintetis dengan ukuran resolusi lateral citra adalah  $(552 \times 536 \times 3)$  dan dalam format RGB. Ukuran tersebut merupakan ukuran ROI (*Region Of Interest*). Pada citra ROI minimal harus memuat objek meniskus cairan di dalam gelas ukur dan objek garis-garis skala pada dinding gelas ukur. Pada gambar, tampak meniskus ditunjukkan dengan warna abu-abu, yang cukup kontras dengan garis-garis skala yang berwarna biru muda, kemudian dengan citra latar (*background*) yang dominan putih. Hal ini kemudian dimanfaatkan pada proses segmentasi yang menggunakan metode pemisahan objek berdasarkan warna dalam model citra HSV [7 - 9].

Tahapan proses segmentasi citra adalah bagian yang sangat penting dalam metode yang dikembangkan dalam penelitian ini. Akurasi informasi (data pembacaan volume gelas ukur dan posisi meniskus) yang dihasilkan dari proses olah citra sangat bergantung pada proses pemisahan objek citra yang diinginkan dengan latar (*background*) yang tidak diperlukan. Dalam penelitian ini, proses segmentasi yang digunakan, dipilih dalam citra warna model HSV. Masing-masing nilai H (*Hue*), S (*Saturation*), dan V (*Value*) diberikan rentang *threshold* sedemikian hingga citra yang dihasilkan dari proses segmentasi ini hanya objek citra yang diinginkan.



**Gambar 3.** (a) Citra sintetis dan (b) Citra hasil akuisisi menggunakan kamera. (c) Hasil segmentasi objek garis skala, (d). Hasil segmentasi objek meniskus

Pada citra yang terdapat pada Gambar 3(a), untuk memperoleh objek citra garis skala (berwarna biru), diberikan rentang *threshold* sebagai berikut.

- Threshold* bawah (*Hue*) = 0,20;
- Threshold* atas (*Hue*) = 1,00;
- Threshold* bawah (*Saturation*) = 0,20;
- Threshold* atas (*Saturation*) = 1,50;
- Threshold* bawah (*Value*) = 0,20;
- Threshold* atas (*Value*) = 1,00;

Dengan parameter tersebut, diperoleh hasil proses segmentasi garis skala, yang dapat ditunjukkan pada Gambar 3(c).

Selain objek garis skala, untuk membaca nilai volume gelas ukur, diperlukan proses segmentasi objek meniskus untuk mengetahui posisi permukaan cairan. Metode segmentasi yang digunakan sama dengan yang digunakan pada objek garis skala, tetapi dengan nilai rentang *threshold* yang

disesuaikan. Pada citra yang terdapat pada Gambar 3(a), untuk memperoleh objek citra meniskus (berwarna abu-abu), diberikan rentang *threshold* sebagai berikut.

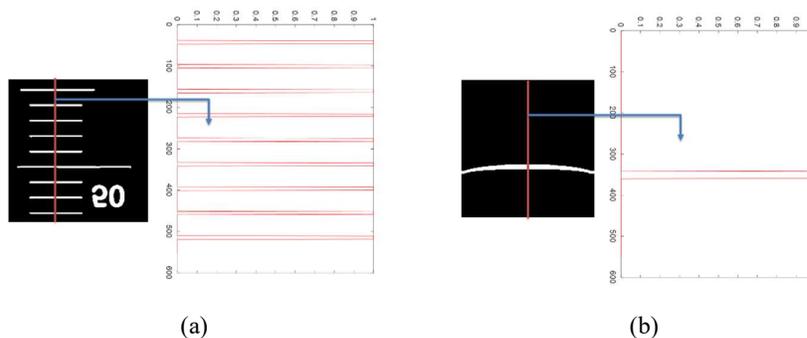
- Threshold* bawah (*Hue*) = 0,00;
- Threshold* atas (*Hue*) = 0,40;
- Threshold* bawah (*Saturation*) = 0,00;
- Threshold* atas (*Saturation*) = 0,10;
- Threshold* bawah (*Value*) = 0,00;
- Threshold* atas (*Value*) = 0,40;

Dengan parameter tersebut, diperoleh hasil proses segmentasi garis skala, yang dapat ditunjukkan pada Gambar 3(d).

Setelah tahapan segmentasi, analisis citra untuk membaca volume gelas ukur dilakukan dengan mengidentifikasi posisi objek meniskus dan garis skala, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pada kedua gambar tersebut, ditunjukkan bahwa metode yang dikembangkan berhasil dengan baik mengidentifikasi objek garis dan objek meniskus (warna merah). Selanjutnya, kedua hasil identifikasi objek meniskus dan garis skala digabung dalam satu grafik, seperti tampak pada Gambar 5, untuk pembacaan nilai volume gelas ukur. Dengan mengetahui nilai garis skala bawah = 45 mL dan per divisi skala = 1 mL, *pixel per volume scale (ppv)* dapat dihitung dan pembacaan volume gelas ukur dapat ditentukan sesuai Persamaan (2)

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{nilai garis skala bawah} + (\text{jumlah skala} \times \text{resolusi}) + \dots \\ &\dots + \text{ppv} \times (\text{pixel kolom sisa} - \text{koreksi lebar skala}) \end{aligned}$$

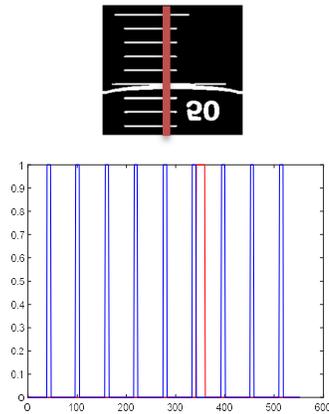
$$\text{Volume} = 45 + (5 \times 1) + 0,02 \times (8 - 4) = 50,07 \text{ mL} \quad (2)$$



**Gambar 4.** Identifikasi posisi objek (a) garis skala dan (b) meniskus.

Pada simulasi yang menggunakan citra sintetis, dapat ditunjukkan bahwa metode olah citra yang dikembangkan berhasil membaca volume cairan dalam gelas ukur, dengan rentang kesalahan 0,07

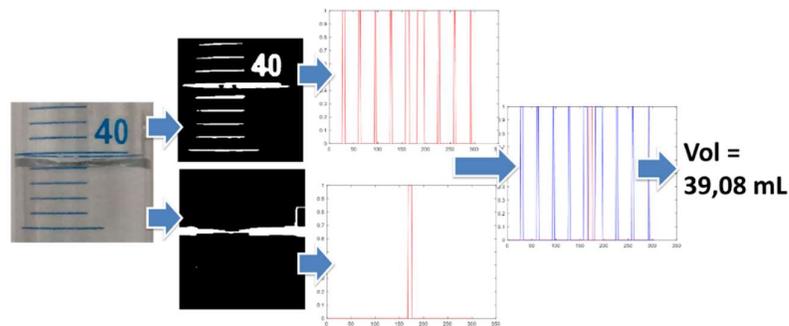
mL, yang disebabkan oleh sebagian tinggi meniskus cairan yang tertutup oleh garis skala yang memiliki tebal 8 piksel setara dengan 0,14 mL



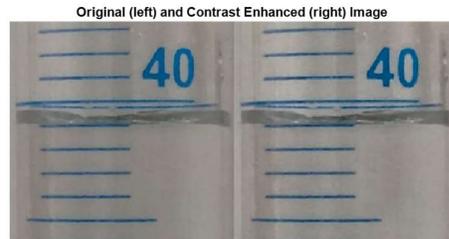
**Gambar 5.** Identifikasi posisi objek meniskus dan garis skala

### 3.2 Hasil Eksperimen

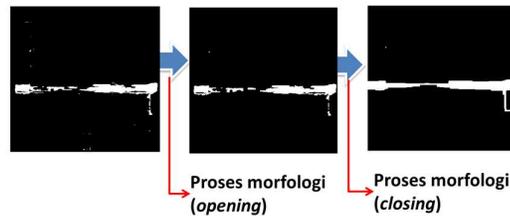
Setelah berhasil diterapkan pada citra sintetis, metode yang dikembangkan kemudian diujicobakan pada pembacaan cairan di dalam gelas ukur secara nyata. Tahapan-tahapan proses oleh citra mengikuti seperti halnya yang diterapkan pada citra sintetis. Hasil eksperimen penerapan metode yang dikembangkan terhadap citra digital hasil akuisisi kamera, dapat ditunjukkan pada Gambar 6. Pada gambar tersebut, tampak hasil pembacaan cairan di dalam gelas ukur menggunakan sistem vision sebesar 39,08 mL, tidak jauh berbeda dengan hasil pembacaan manual sebesar 39 mL (meniskus dibaca berdasarkan batas bawah dari tebal meniskus yang berimpit pada garis skala 39 mL). Pada proses olah citra, dilakukan tahapan *pre-processing* sebelum tahapan proses segmentasi, berupa perbaikan kualitas citra, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 6.** Hasil eksperimen metode yang dikembangkan.



Gambar 7. Hasil perbaikan kualitas citra.



Gambar 8. Proses morfologi pada objek citra meniskus.

Pada tahapan proses segmentasi juga digunakan teknik morfologi *opening* dan *closing* [10-12]. Teknik morfologi *opening* digunakan sebagai *post-filtering* setelah segmentasi awal untuk mengatasi jika masih terdapat artefak pada citra hasil segmentasi. Selanjutnya, teknik morfologi *closing* digunakan sebagai *post-filtering* untuk menggabungkan objek-objek yang berdekatan sehingga objek citra hasil segmentasi dapat teridentifikasi lebih jelas. Pada Gambar 8, ditunjukkan contoh proses morfologi yang terjadi pada objek citra meniskus.

### 3.3 Estimasi Ketidapastian Pembacaan Meniskus

Pada kalibrasi gelas ukur, jika pembacaan meniskus dilakukan secara konvensional (menggunakan mata tanpa alat bantu optik), nilai ketidapastian dari sumber pembacaan meniskus cairan di dalam gelas ukur dihitung menggunakan persamaan berikut mengikuti distribusi kotak (*rectangular/uniform distribution*)[4],[13].

$$u(\delta V_{men}) = \frac{\alpha}{2\sqrt{3}}, \text{ dengan } \alpha = \text{resolusi}$$

$$u(\delta V_{men}) = \frac{1 \text{ mL}}{2\sqrt{3}} = 0,29 \text{ mL} \quad (3)$$

Dengan menggunakan sistem vision, resolusi gelas ukur dapat ditingkatkan menjadi 1/10 kali menjadi 0,1 mL atau bahkan 1/100 kali menjadi 0,01 mL, seperti yang dihasilkan pada sistem vision pada penelitian ini. Dengan demikian, nilai estimasi perhitungan ketidapastian yang bersumber dari pembacaan meniskus dapat diperkecil yang menunjukkan meningkatnya performansi hasil kalibrasi gelas ukur.

#### 4. Simpulan

Pada penelitian ini, sudah dikembangkan metode pengolahan dan analisis citra (*image processing*) untuk pembacaan volume gelas ukur sebagai alat bantu dalam kalibrasi gelas ukur. Melalui data simulasi menggunakan citra sintesis gelas ukur, ditunjukkan bahwa teknik yang dikembangkan telah berhasil membaca nilai volume gelas ukur (yang memiliki unit skala 1 mL) dengan kesalahan pengukuran 0,07 mL. Selisih tersebut dapat berasal dari hasil segmentasi objek citra meniskus yang belum optimal dan rentang ketidakpastian posisi meniskus kolom cair yang berimpit dengan skalanya (sebagian tinggi meniskus cairan tertutup oleh garis skala yang memiliki tebal 8 piksel setara dengan 0,14 mL). Hasil eksperimen juga menunjukkan metode olah citra yang dikembangkan berhasil diterapkan pada sampel gelas ukur dengan selisih pembacaan sebesar 0,08 mL.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Studi pengembangan sistem vision berbasis kamera dalam penentuan posisi meniskus pada kalibrasi gelas ukur ini dilaksanakan di Laboratorium Volume Akademi Metrologi dan Instrumentasi dengan pembiayaan dari anggaran penelitian Akademi Metrologi dan Instrumentasi Kementerian Perdagangan.

#### Daftar Pustaka

- [1] L. Revocatus, N. Shaban, and I. S. Mbalawata. (2019). *Statistical Analysis of Ambient Conditions and Water Temperature on Standard Achievement of Volume Calibration of Small Laboratory Glassware*. Vol. C, no. 1, pp. 67–80.
- [2] G. Harris and M. Hicks. (2021). *Specifications and Tolerances for Reference Standard and Field Standard Weights and Measures NIST Handbook*. Specifications and Tolerances for Reference Standard and Field Standard Weights and Measures Flasks. 105-2.
- [3] I. Castanheira et al. (2006). *Quality assurance of volumetric glassware for the determination of vitamins in food*. Food Control. Vol. 17, no. 9, pp. 719–726.
- [4] EURAMET e.V.. (2018). *Guidelines on the determination of uncertainty in gravimetric volume calibration - Guide No. 19*. Euramet. Vol. C, no. 19, p. 26.
- [5] T. Haiyunnisa and H. S. Alam. (2015). *Meniscus Recognition on Volumetric Glassware Calibration Using Image Processing*. Proceeding of ICACOMIT. pp. 8–12.
- [6] ISO 4787:2021(en). (2021). *Laboratory glass and plastic ware — Volumetric instruments — Methods for testing of capacity and for use*, 61010-1 © Iec2001. Vol. 2021, no. 1, p. 13.
- [7] I. Ivasenko et. al. (2021). *Detection of Rust Defects of Protective Coatings Based on HSV Color Model*. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON).
- [8] R. Hassan, R. R. Ema, and T. Islam. (2017). *Color Image Segmentation using Automated*. Global Journal Inc. Vol. 17, no. 2.
- [9] A. P. Chakkaravarthy and A. Chandrasekar. (2019). *An Automatic Threshold Segmentation and Mining Optimum Credential Features by Using HSV Model*. 3D Res. Vol. 10(2)
- [10] Gianto, V. Firmansyah, I. Setiawan, and A. Rifani. (2021). THE DEVELOPMENT OF IMAGE PROCESSING METHOD ON THE AUTOMATIC READING SYSTEM OF THE GLASS THERMOMETER USING A DIGITAL. Spektra. Vol. 6, no. 1, pp. 1–8.
- [11] Roy Davies. (2017). *Computer Vision: Principles Algorithm, Applications Learning*. 5<sup>th</sup> edition. AP Publisher.
- [12] C. Learning., A. R. Reserved, and C. Learning. (2015). *Image Processing, Analysis, and*

- Machine Vision*. IEEE Conference.
- [13] E. Batista, N. Almeida, E. Filipe, and J. A. E. Sousa. (2009). *Comparison of two diferent approaches in the uncertainty calculation of gravimetric volume calibration*. 19th IMEKO World Congr. Vol. 1, pp. 235–237.