

Indikator konsentrasi pelarut tembaga berbasis IOT

Hendro Darmono¹, Koesmarijanto², Nugroho Suharto³

e-mail: hendrodarmonoo@gmail.com¹, koesmarijanto@polinema.ac.id²,
nugroho.suharto@polinema.ac.id³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 13 September 2022

Direvisi 6 Oktober 2022

Diterbitkan 28 Oktober 2022

Kata kunci:

Pelarut Tembaga
Kadar Tembaga
Raspberry Pi
Laboratorium

Keywords:

Copper Solvent
Copper Level
Raspberry Pi
Laboratory

ABSTRAK

Penelitian ini menguji kinerja perangkat pelarut tembaga skala kecil untuk digunakan di labotarium elektronika. Bahan kimia ferri clorida 40 % 1500 ml digunakan sebagai bahan pelarut dasar, perangkat ini digunakan untuk menghapus atau menghilangkan sebagian lapisan tembaga yang tidak diperlukan pada rangkaian di *Printed Circuit Board* (PCB). Sebuah kamera digunakan sebagai sensor kepekatan larutan yang telah digunakan untuk menghapus lapisan tembaga. Data sensor diproses dengan menggunakan Raspberry Pi yang digunakan sebagai pembanding perhitungan kepekatan larutan secara manual dan data dikirimkan ke aplikasi android. Metoda pengalamatan warna Red, Green, dan Blue (RGB) digunakan untuk menentukan kadar tembaga berdasarkan warna yang ditangkap kamera. Hasil pengujian menunjukkan kamera mengidentifikasi warna untuk kadar tembaga dalam larutan mulai dari 0% sampai dengan 0,121 % dan waktu yang diperlukan untuk melarutkan tembaga mencapai 45 menit yang akan digunakan acuan untuk menentukan larutan sudah jenuh. Hasil pengolahan data menghasilkan tampilan kejenuhan dari 30% sampai dengan 100%, artinya perubahan warna untuk kadar larutan kurang dari 0,02% tidak dapat diidentifikasi demikian juga untuk diatas 0,121%. Dengan demikian dapat disimpulkan perangkat ini hanya mampu mendeteksi kadar tembaga dalam pelarut diatas 0.02% hingga maksimum 0,121%.

ABSTRACT

This research tested the performance of a small-scale copper solvent device for use in an electronics laboratory. The chemical ferric chloride 40 % 1500 ml is used as a primary solvent. This device removes or partially removes the copper layer that is not needed on the circuit on the Printed Circuit Board (PCB). A camera is used as a sensor for the concentration of a solution used to remove the copper layer. Sensor data is processed using a Raspberry Pi, which compares the attention of the solution manually and the data sent to the Android application. The Red, Green, and Blue (RGB) colour addressing method is used to determine the copper content based on the colour captured by the camera. The test results show the camera identifies the colour for the copper content in the solution ranging from 0% to 0.121%. The time required to dissolve the copper reaches 45 minutes, which will be used as a reference to determine whether the solution is saturated. The data processing results produce a saturation display from 30% to 100%, meaning that the colour change for a solution content of less than 0.02% cannot be identified as well as for those above 0.121%. Thus, it can be concluded that this device can only detect copper levels in solvents above 0.02% up to a maximum of 0.121%.

Penulis Korespondensi:

Hendro Darmono,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
Email: hendrodarmonoo@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pembuatan rangkaian elektronik pada sebuah PCB konvensional memerlukan suatu proses yang dikenal dengan proses pelarutan tembaga atau etching, proses menghilangkan logam tembaga yang tidak diperlukan pada suatu rangkaian merupakan hal yang harus dilakukan. Pengerjaan etching telah berkembang dengan banyak metode, mulai dari yang sederhana/manual maupun menggunakan bantuan alat elektronik. Teknologi terkini untuk menghilangkan lapisan tembaga yang tidak diperlukan menggunakan mesin CNC khususnya untuk rangkaian yang menggunakan komponen *Surface Mounting Device* (SMD). Pada proses konvensional, larutan yang digunakan untuk melarutkan tembaga dapat bermacam-macam larutan dan cara. Cara paling umum dan lebih sederhana menggunakan larutanferi klorida 40%, selain mudah diperoleh, larutan ini menghasilkan gas lebih aman dibandingkan dengan menggunakan larutan H₂O₂ yang berbahaya [1] dan [2].

Banyaknya berat feri klorida yang digunakan dalam proses etching menyesuaikan volume dan jumlah dari PCB yang akan dilarutkan, sesuai dengan kebutuhan dan luas area yang akan dilarutkan. Keamanan dalam proses *etching* harus diutamakan untuk proses manual maupun otomatis. Proses *etching* manual membutuhkan keamanan yang tepat karena bahan kimia yaitu feri klorida yang merupakan bahan kimia cukup berbahaya bagi manusia. Biasanya disarankan menggunakan alat bantu keselamatan seperti kaca mata pelindung dan sarung tangan [1]. Selain dari sisi keamanan, feri klorida yang digunakan dalam proses *etching* mempunyai kadar kejenuhan tertentu tergantung volume tembaga dalam larutan yang mengacu pada tingkat kejenuhan larutan [3].

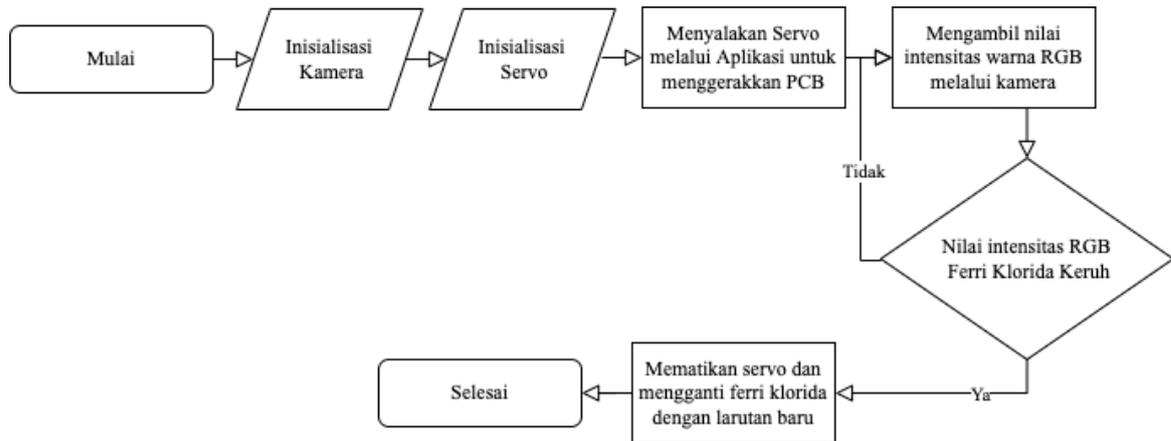
[4], [5] dan [6] telah membahas perangkat *etching* yang dilengkapi kontrol elektronik dan kamera sebagai monitor perangkat *etching*, namun penggunaan kamera sebagai monitor perangkat sekaligus *monitoring* tingkat kejenuhan larutan tidak dibahas.

Alat ini dirancang untuk memonitor tingkat kejenuhan larutan dan mengontrol gerakan mekanis PCB sehingga tembaga bisa cepat larut dalam larutan. Kamera berfungsi untuk mengidentifikasi tingkat kepekatan larutan feri klorida yang digunakan dengan metode pengalamanan warna RGB (*Red*, *Green*, dan *Blue*) [7] dan [8] sehingga pengguna tidak perlu memantau secara manual apakah larutan masih dapat digunakan. Piranti ini juga dilengkapi pembuangan larutan yang sudah jenuh secara manual. Nilai tingkat kepekatan dapat dimonitor [9] dan dikembangkan dari sisi sistem kontrolnya, yaitu gerakan mekanis PCB dapat di kontrol pada sebuah aplikasi android.

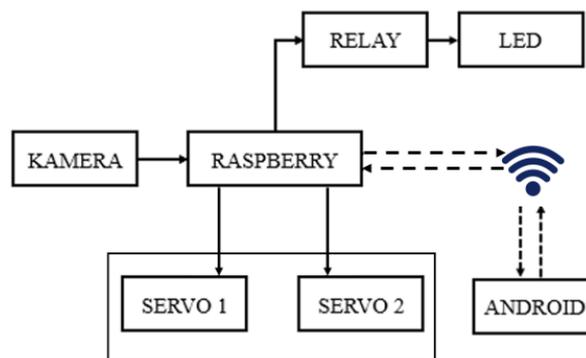
2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimen dan pengembangan dengan melalui beberapa tahapan yaitu perancangan penelitian, perancangan sistem, menyiapkan bahan dan alat, penentuan prosedur dan parameter sampai terbentuknya alat dan system. Penelitian ini digunakan untuk menguji kinerja sensor dalam hal ini kamera untuk dapat dideteksi perubahan warna pada larutan feri klorida sekaligus sistem dapat menghasilkan tampilan prosetase kejenuhan larutan.

Gambar 1 adalah rangkaian flowchart sistem yang dimulai dengan memastikan bahwa kamera telah tersambung dan menyala untuk menangkap gambar pada saat proses etching berlangsung, dilanjutkan dengan menyalakan mesin servo dan mengkonfigurasi pergerakannya melalui aplikasi. Ketika proses etching berlangsung, kamera akan memulai menangkap gambar sesuai dengan jarak dan intensitas pencahayaan tuangan yang sama dan mengambil nilai RGB larutan. Seiring berjalannya waktu larutanferi klorida yang berubah warna secara bertahap akan terus dipantau oleh kamera, apabila nilai rata rata RGB masuk kedalam batas ambang nilai keruh yang mengindikasikan larutan tersebut jenuh, maka status pada aplikasi akan menunjukkan peringatan bahwa larutanferi klorida tersebut Jenuh dan lampu LED pada perangkat akan menyala. Pengguna dapat mematikan mesin dengan menekan tombol off pada aplikasi dan mengganti larutan feri klorida lama dengan larutan yang baru.

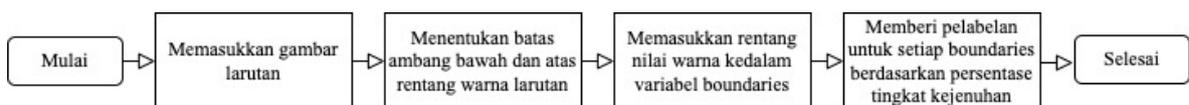


Gambar 1. Flowchart image processing



Gambar 2. Blok diagram sistem

Gambar 2 menjelaskan diagram blok sistem dimana servo1 dan servo 2 berfungsi untuk menggerakkan PCB dengan kemiringan tertentu, sehingga menghasilkan goyangan. Gerakan ini diperlukan untuk mempercepat proses pelarutan. Kamera akan mengangkap warna larutan untuk diolah oleh sistem dan melakukan deteksi warna. Sistem akan menampilkan tingkat kejenuhan larutan dengan nilai rata rata RGB dan membagi tingkat kejenuhan dalam satuan persentase.



Gambar 3. Flowchart menentukan batas ambang dan pelabelan sistem

Proses pengolahan dimulai dari memasukkan data gambar larutan kedalam sistem. Kumpulan data gambar diperoleh dari hasil penangkapan kamera dan dijadikan data acuan atau latih oleh sistem untuk menentukan tingkat kekeruhan warnaferi klorida pada batas ambang bawah dan batas ambang atas yang kemudian dilabeli dengan tingkat presentase kekeruhan larutan. Langkah selanjutnya setelah pelatihan data gambar larutan dibentuk, maka dilakukan proses identifikasi gambar larutan yang ditangkap oleh kamera sistem secara berkala dan mengkategorikan gambar tersebut berdasarkan pelabelannya, yaitu presentase kejenuhanferi klorida. Apabila nilai presentase pelabelannya adalah keruh atau jenuh, maka LED akan menyala dan sistem akan memberikan *alert*. Perakitan komponen untuk pergerakan servo hingga kamera seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Perakitan komponen

Gambar 5 menampilkan perancangan wadah pelarut beserta tiang penyangga untuk kamera. Desain keseluruhan dari alat ini meliputi wadah pelarut yang mana dari sisi samping kanan dan kiri terdapat servo yang akan digunakan untuk menggerakkan PCB, selain itu juga terdapat tatakan yang terbuat dari kayu untuk melindungi wadah yang terbuat dari akrilik agar tidak tergores dan mengakibatkan bocor. Di sisi samping terdapat tiang penyangga yang berfungsi untuk meletakkan kamera pada posisi menghadap ke bawah tepat pada larutanferi klorida sehingga dapat mengambil gambar secara baik.



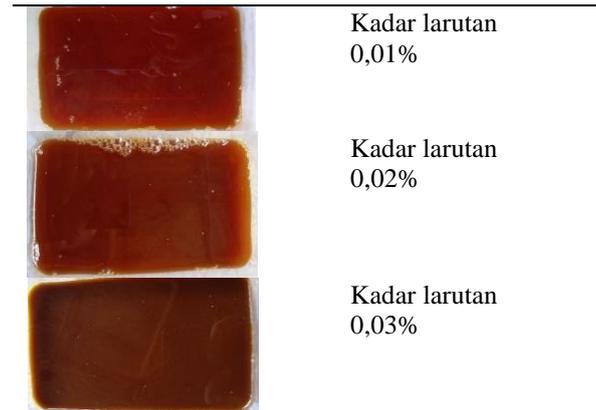
Gambar 5. Wadah larutanferi klorida

Penentuan sampel warna dari beberapa percobaan *etching* PCB dimaksudkan untuk menjadi acuan dalam menentukan nilai batas atas (*upper*) dan batas bawah (*lower*) pada masing-masing warnaferi klorida berdasarkan berapa kali larutan telah digunakan. Sampel warna juga akan menunjang kualitas hasil dari proses deteksi warna hingga mencapai pada batas penggunaanferi klorida.



Gambar 6. Hasil tangkapan warna dan nilai RGB pada Raspberry

Tabel 1. Sampel Warna	
Sampel Gambar Larutan	Keterangan



Gambar 7 menunjukkan data rentang warna, dimana setiap gambar akan dijadikan sebagai sampel yang dicari rentang warna RGB yaitu meliputi batas atas dan batas bawah. Rentang warna ini digunakan untuk menjadi batasan nilai intensitas warna gambar dan mengelompokkannya berdasarkan tingkat kejenuhan terdekatnya. Masing-masing rentang warna memiliki nilai intensitas piksel dengan kedalaman bit sebesar 8-bit yang artinya memiliki variasi warna sebanyak 2^8 derajat warna (0 sampai dengan 255).

```

Color (GBR): [39.75519 19.133575 94.63397 ] ; Counts: 111802
Color (GBR): [28.342743 16.016119 74.45258 ] ; Counts: 41133
Color (GBR): [30.4076 12.355379 86.00737 ] ; Counts: 108940
Color (GBR): [109.78085 74.740555 140.23425 ] ; Counts: 397
Max: [39.75519 19.133575 94.63397 ] Counts: 111802
Min: [109.78085 74.740555 140.23425 ] Counts: 397
Average: [15.91336475 34.18862479 87.95464632]

```

Gambar 7. Rentang Warna

Nilai RGB *lower* dan *upper* yang diperoleh dari pencarian rentang warna akan pada variabel *boundaries*.

```

104 #===== variables
105 #construct argument parser
106 ap = argparse.ArgumentParser()
107 ap.add_argument("-i", "--image", default="camera", help="path to image")
108 ap.add_argument("-a", "--abc", default="no", help = "auto brighten")
109 args = vars(ap.parse_args())
110
111 e1 = "Etching 1x"
112 e2 = "Etching 2x"
113 e3 = "Etching 3x"
114 e4 = "Etching 4x"
115
116
117 # define the list of color range boundaries
118 boundaries = [
119     # B G R lower B G R upper
120     ([10, 15, 101], [20, 30, 120], e1, 0.04),
121     ([13, 29, 82], [18, 39, 94], e2, 0.02),
122     ([250, 20, 165], [255, 80, 191], e3, 0.05),
123     ([190, 120, 60], [195, 128, 68], e4, 0.05),
124 ]
125
126

```

Gambar 8. Menentukan rentang warna dan nilai threshold

Proses selanjutnya setelah penentuan rentang warna yaitu memberi label pada sampel gambar, dalam label A diberikan label “*Etching 1x*” yang setara dengan kadar larutan 0,01%. yang nantinya akan ditampilkan pada aplikasi. Label B adalah proses memasukkan nilai RGB yang telah didapatkan pada proses sebelumnya untuk menjadi acuan dan menjadi batasan nilai RGB yang akan diidentifikasi. Nilai RGB ini akan membantu kamera saat sedang mengambil gambar melakukan *etching* berlangsung.

Penentuan gambar yang telah ditangkap oleh kamera dengan data yang sesuai ditunjukkan dari nilai yang tertera pada *thresh size*, yang mana status jumlah larutan yang digunakan dalam proses *etching* akan terdeteksi apabila nilai *thresh size* masuk pada kategori *non-zero size*. *Non-zero size* menyatakan jumlah rentang warna yang akan dijadikan batasan agar memenuhi kriteria jumlah total larutan telah digunakan.

```

Color (GBR): [39.75519 19.133575 94.63397 ] ; Counts: 111802
Color (GBR): [28.342743 16.016119 74.45258 ] ; Counts: 41133
Color (GBR): [30.4076 12.353379 86.00737 ] ; Counts: 108940
Color (GBR): [109.78085 74.740555 140.23425 ] ; Counts: 397
Max: [39.75519 19.133575 94.63397 ] Counts: 111802
Min: [109.78085 74.740555 140.23425 ] Counts: 397
Average: [15.91336475 34.18862479 87.95464632]

C:\Users\AshadiPutra\Desktop\Stuff\Final-Projects\Codes\Etching-python3_colorsegment.py -i 4.jpg
Image size: 786816
NonZero size: 221003
Thresh size: 393408.0
Not detected

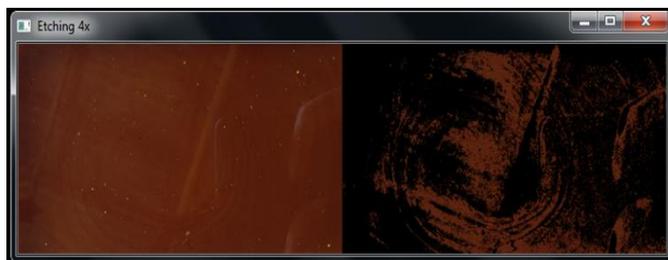
C:\Users\AshadiPutra\Desktop\Stuff\Final-Projects\Codes\Etching-python3_colorsegment.py -i 4.jpg
Image size: 786816
NonZero size: 221003
Thresh size: 15736.32
Detected: Etch 4x
    
```

Gambar 9. Nilai *thresh size* dan *non-zero size*

Gambar 9 menunjukkan *non-zero size* yaitu sebagai batasan dalam menentukan hasil yang sesuai, dimana apabila nilai *thresh size* masuk dalam nilai *non-zero* maka hasil output akan sesuai, misal presentase *etching* 10%, 20%, sampai 100%. Gambar 10 memperlihatkan hasil dari proses identifikasi dari larutanferi klorida telah digunakan 1 kali *etching* dan gambar 10 memperlihatkan proses identifikasi larutanferi klorida telah digunakan 4 kali *etching*. Mekanisme IOT dalam penelitian ini adalah data yang didapat oleh Raspberry Pi pada kondisi langsung di laboratorium dikirim ke firebase dan aplikasi android yang dibuat mengambil data yang ada di dalam firebase dan menampilkannya dalam aplikasi, Penambahan sistem kontrol menggunakan aplikasi android yaitu kontrol gerakan PCB dan mematikan alat di laboratorium secara *remote*.



Gambar 10. Hasil uji coba satu kali *etching*



Gambar 11 Hasil uji coba empat kali *etching*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

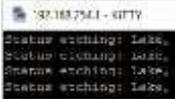
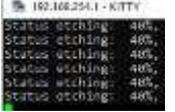
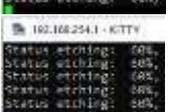
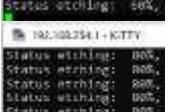
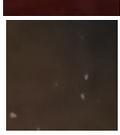
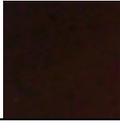
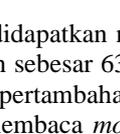
Perhitungan pertambahan volume pada etching ditampilkan dalam Persamaan 1.

$$\frac{Vol.tembaga (mm^3)}{Vol.tembaga(mm^3)+ vol.feri klorida (mm^3)} \times 100\% \tag{1}$$

$$\frac{152 mm^3}{152+1,5 \times 10^6} \times 100\% = 101 \times 10^{-6} = 0,0101\%$$

Tabel 2 adalah hasil pengambilan gambar dan uji akurasi kamera pada jarak 20 cm di lingkungan yang memiliki intensitas cahaya yang sama. Perubahan warnaferi klorida yang tidak berubah secara langsung dengan sekali uji coba dengan satu PCB telah diperlihatkan pada kolom tabel ini. Terlihat pada percobaan ke-3 mulai menunjukkan perubahan warna yang tampak oleh mata manusia sehingga terdeteksi telah digunakan 30%, dimana pada kondisi ini nilai RGBferi klorida *etching* ke 3 masuk dalam rentang warna pada *etching* ke 30%. Dilakukan percobaan 12 kali dikarenakan untuk mengetahui bahwa larutanferi klorida telah jenuh.

Tabel 1. Pengujian deteksi warna feri klorida

PCB	V PCB (mm ³)	V Fe ₂ Cl ₃ (cm ³)	Terbaca	Presentase Etching	Foto	Waktu (menit)
1	152	1500		Tidak Terbaca		15
2	304	1500		Tidak Terbaca		15
3	456	1500		30%		15
4	608	1.51		40%		15
5	760	1500		50%		16
6	912	1500		60%		17
7	1064	1500		70%		21
8	1216	1500		80%		25
9	1368	1500		90%		31
10	1520	1500		90%		37
11	1672	1500		100%		45
12	1824	1500		100%		60

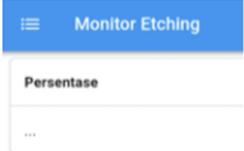
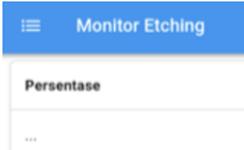
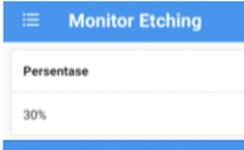
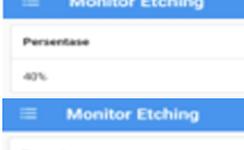
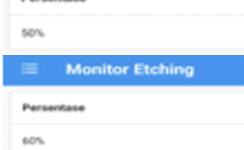
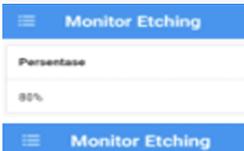
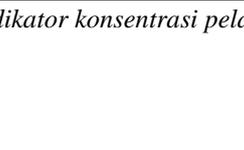
Gambar 12 menjelaskan nilai rata-rata hasil percobaan Tabel 2 dan didapatkan nilai RGB larutan dalam kondisi pencahayaan ruangan yang telah disediakan dengan kondisi jenuh sebesar 63,68 untuk warna merah, 94,17 warna hijau, dan 191,96 untuk warna biru. Pengujian *monitoring* pertambahan volume tembaga yang muncul dalam antarmuka pengguna menunjukkan bahwa sistem dapat membaca *monitoring etching* dengan presentase 30 % diatas, pengujian ini ditampilkan dalam Tabel 3. Status pada hasil penangkapan gambar jika nilai presentase mencapai “100%”, berarti larutan sedang dalam kondisi pemakaian maksimal berdasarkan system yang sudah diatur. Selama volume tembaga kurang dari 1672 mm³, larutan masih dapat digunakan.

Sistem *monitoring* pada Aplikasi Android ditampilkan dalam Tabel 3. Monitoring dan kontrol PCB serta mematikan sistem dapat dilakukan melalui aplikasi android ini.

```
PS D:\Etching\new\Etching> python detectcolor.py | change.jpg
color (BGR): [ 63.24301 94.80734 193.62431 ] ; Counts: 209069
color (BGR): [ 66.485855 99.73142 199.53908 ] ; Counts: 151060
color (BGR): [ 54.97046 86.43641 190.54512 ] ; Counts: 88497
color (BGR): [ 68.50319 91.022446 176.9201 ] ; Counts: 90938
Max: [ 63.24301 94.80734 193.62431 ] Counts: 209069
Min: [ 54.97046 86.43641 190.54512 ] Counts: 88497
Average: [ 63.68065126 94.17464648 191.96297237 ]
PS D:\Etching\new\Etching>
```

Gambar 12 Nilai rata-rata RGBferi klorida kondisi jenuh

Tabel 3. Sistem *monitoring* pertambahan bolume tembaga

Volume tembaga terlarut (mm ²)	Presentase tampilan aplikasi	Keterangan
190		Tidak terbaca
380		Tidak Terbaca
570		Terbaca dengan benar
760		Terbaca dengan benar
950		Terbaca dengan benar
1140		Terbaca dengan benar
1520		Terbaca dengan benar
1710		Terbaca dengan benar
1900		Terbaca dengan benar

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah perangkat hanya mampu mendeteksi konsentrasi larutan diatas 30% sampai 100%. Konsentrasi larutan dianggap jenuh jika proses etching membutuhkan waktu 45 menit dan volume tembaga sudah mencapai 1672 mm³, larutan perlu diganti dengan yang baru. Perangkat mesin Etching PCB dapat dioperasikan melalui aplikasi android untuk mengatur laju kerja gerakan PCB dan dapat mematikan mesin ketika telah selesai.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] C.T. Obe; S.E. Oti ; C.U. Eya ; D.B.N. Nnadi ; O.E. Nnadi, "A low-cost printed circuit board design technique and processes using ferric chloride solution," *Nigerian Journal of Technology* , vol. Vol. 39 , nr No. 4 , 2020.
- [2] Riafinola H; Lifitri S. ; Ginting, M. T. ;Budiana, B. , "Kajian Efektivitas Larutan Etsa NH₄OH, FeCl₃, dan CuCl₂ pada Multilayar Rigid Printed Circuit Board," *Journal of Applied Electrical Engineering (JAEE)*, vol. 3, nr 1, 2019.
- [3] Chandradip Kumar Yadav; Brahamdeo Yadav," Measurement of Conductance of FeCl₃ in Distilled Water at Different Temperature and Concentration," *Rupantaran: A Multidisciplinary Journal*, vol. 3, 2020.
- [4] Kurniawan, Adhadi ; I. Wayan Mustika; Sri Suning Kusumawardani, "Pengujian Tracking Color Menggunakan IP Webcam untuk Deteksi Ketinggian Air," *PROCEEDINGS OF CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY AND ELECTRICAL ENGINEERING*, p. 261, 2014.
- [5] Maulidina, A. S. ; Oktavianti, R. , "Alat Etching PCB Berbasis Aduino Nano dengan Monitoring Via Kamera," 2020.
- [6] Cahyono ; Handaru Bowo ; Nurul Mahmida Ariani., "Reduksi tembaga dalam limbah cair proses etching Printing Circuit Board (PCB) dengan proses elektrokimia.," *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, vol. 8, nr 2, 2014.
- [7] Song, X., Jiang, S., Herranz, L., & Chen, C. , "Learning effective RGB-D representations for scene recognition.," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 28, nr 2, pp. 980-993., 2018.
- [8] Liciotti, D., Paolanti, M., Frontoni, E., & Zingaretti, P., "People detection and tracking from an RGB-D camera in top-view configuration: review of challenges and applications.," *International Conference on Image Analysis and Processing*, 2017.
- [9] D. Rosmala ; G. Dwipa L., "Pembangunan website content monitoring system menggunakan DiffliB Python," *Jurnal Informatika*, vol. vol. 3, nr no. 3, , 2012.