

Prototipe *Chromameter* untuk Deteksi Bumper Berbasis Raspberry Pi-4 dan Sensor AS7341

FAJAR CHOIRUL ANAM, FAISAL SAMSURI, JONI WELMAN SIMATUPANG

Teknik Elektro, Universitas Presiden, Indonesia
e-mail: joniwsmt@president.ac.id

Received 6 Mei 2023 | *Revised* 2 Juni 2023 | *Accepted* 15 Juni 2023

ABSTRAK

Ada kebutuhan untuk peningkatan kualitas kontrol pengecekan akurasi warna bumper yang diproduksi di PT. Sugity Creatives. Kebutuhan ini disebabkan oleh berbagai pekerjaan repetitif, tidak efisien, dan relatif lama. Sesuai pengamatan, pengecekan membutuhkan waktu 45 detik, validasi data manual selama 15 detik dan pencatatan di kertas selama 60 detik. Sehingga total proses adalah 120 detik. Di artikel ini, kami mengusulkan sebuah prototipe menggunakan Konica Minolta CR400 chromameter. Prototipe ini terdiri dari dua komponen utama yaitu Raspberry Pi-4 sebagai pengontrol dan penyimpan data, dan sensor spektrometri AS7341 untuk mengukur spektrum bumper setelah selesai dilakukan pengecatan. Berdasarkan hasil pengujian, prototipe mampu mereduksi waktu inspeksi kualitas dari 120 detik menjadi 40 detik, termasuk pengukuran, validasi warna, dan juga pencatatan di spreadsheet. Validasi juga memiliki akurasi 100% sesuai dengan hasil validasi chromameter CR400 setelah prototipe dikalibrasi dengan sampel bagus dan reject. Namun, risiko kesalahan manusia selama perekaman data menyebabkan kesalahan validasi mungkin tidak dapat dihindari.

Kata kunci: *Raspberry Pi-4, AS7341, Chromameter, Spektrometri, Sensor*

ABSTRACT

There is a need to improve the quality control process efficiency for bumper color accuracy checking at Sugity Creative Companies. This need caused by several repetitives, inefficient, and relatively working time. As we observed, there is 45 seconds for checking process, 15 seconds for manual validation, and 60 seconds for data writing on paper. Thus, total processing time is 120 seconds. In this paper, we propose an improvement through a prototype using Konica Minolta CR400 chromameter. This prototype consists of two main components, namely Raspberry Pi-4 as controller and storage, and AS7341 spectrometry sensor for measuring the spectrum of the bumper color after being painted. According to our experimental result, prototype can reduce the inspection quality time from 120 to 40 seconds over the measurement, color validation, and data recording in the spreadsheet. Validation also has 100% accuracy compared to the CR400 chromameter after it is calibrated to the good and rejected samples. Moreover, the human error risk during the data recording caused the validation error is might inevitable.

Keyword: *Raspberry Pi-4, AS7341, Chromameter, Spectrometry, Sensor*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin ketatnya persaingan di industri manufaktur, perusahaan yang bergerak di bidang tersebut dituntut untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik dengan biaya yang kompetitif. Untuk mencapai target tersebut, diperlukan inovasi secara berkelanjutan demi efisiensi biaya produksi dan kualitas mumpuni, sehingga diharapkan mampu untuk meningkatkan pendapatan dan keuntungan secara maksimal. Salah satu bentuk nyata dari inovasi pada proses industri adalah sistem otomasi yang meniscayakan efisiensi pada penggunaannya **(Afristanto, dkk, 2023) (Simatupang, dkk, 2022)**.

PT Sugity Creatives merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur. Salah satu produk yang dihasilkan dari perusahaan ini adalah *bumper* untuk mobil. Dalam proses pembuatannya, terdapat proses *painting* di mana proses tersebut membutuhkan validasi untuk mengecek akurasi dari gradasi warna yang dihasilkan. Pada saat penelitian ini dilakukan, proses masih dilakukan secara manual dengan bantuan *chromameter* Konica Minolta CR400, ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Chromameter Konica Minolta CR400

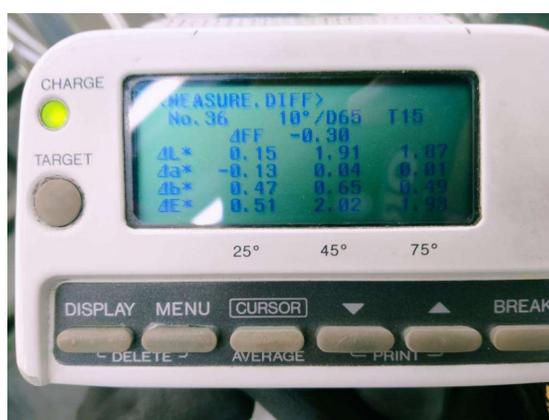
Chromameter Konica Minolta CR400 adalah suatu instrumen yang umum digunakan untuk mendeteksi akurasi dan kualitas dari gradasi warna **(Konica, 2013)**. Instrumen tersebut biasa dimanfaatkan di dunia industri seperti manufaktur, otomotif, kimia, bahkan industri makanan dan farmasi untuk mengecek kualitas dari suatu substansi yang diproduksi atau diuji, terutama digunakan oleh divisi *Quality Control* (QC) yang menentukan suatu produk memenuhi standar kelayakan berdasarkan kriteria tertentu sehingga lulus untuk pemasaran atau tidak.

Alat ini bersifat portabel dan didayai oleh baterai jenis AA sebanyak empat buah, atau total tegangan sebesar $\pm 6V$, atau bisa juga menggunakan tegangan dari jala-jala PLN menggunakan adapter AC 110V – 230V. Instrumen ini bekerja dengan konsep spektrometri, yaitu pengukuran terhadap interaksi antara cahaya dan materi, serta fenomena berupa reaksi yang dihasilkannya seperti intensitas radiasi (cahaya) dan juga panjang gelombang. Dengan kata lain, spektrometri adalah metode dalam mempelajari dan mengukur spektrum tertentu **(Noreiga, dkk, 2021)**.

Prinsip spektrometri tidak lepas dari prinsip dasar bagaimana warna bisa terlihat oleh pengamat, yaitu benda dengan pigmen tertentu menerima radiasi elektromagnetik yang tidak lain adalah cahaya. Radiasi elektromagnetik tersebut membawa berbagai spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan diterima oleh pigmen pada benda, pigmen tersebut memantulkan sebagian spektrum dan menyerap yang lainnya berdasarkan panjang gelombangnya **(Simatupang, dkk, 2022) (Kenamer, dkk, 2017) (Baumker, dkk,**

2021). Panjang gelombang yang dipantulkan dan diterima oleh sensor optik seperti mata pada manusia kemudian diinterpretasikan sebagai warna tertentu.

Prinsip tersebut diadaptasi oleh Konica Minolta CR400 melalui mekanisme fotosensor dengan bantuan sumber cahaya berupa *pulsed xenon lamp*, yang intensitas cahayanya diatur berdasarkan *duty cycle* atau modulasi lebar pulsa. Cahaya tersebut diarahkan kepada bumper dengan warna tertentu sehingga sebagian gelombang elektromagnetik yang diterima oleh bumper kemudian dipantulkan dan dideteksi oleh *photocell* yang bertindak sebagai sensor penerima pantulan gelombang. Sebagaimana kinerja *photocell* pada umumnya, energi dari panjang gelombang yang diterimanya kemudian diubah menjadi sinyal listrik untuk kemudian diubah menjadi sinyal digital untuk selanjutnya diterjemahkan secara numerik sehingga dapat dibaca oleh pengguna (**Konica, 2012**). Contoh hasil kalkulasi dan analisis numerik yang dilakukan oleh instrumen ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai berikut.



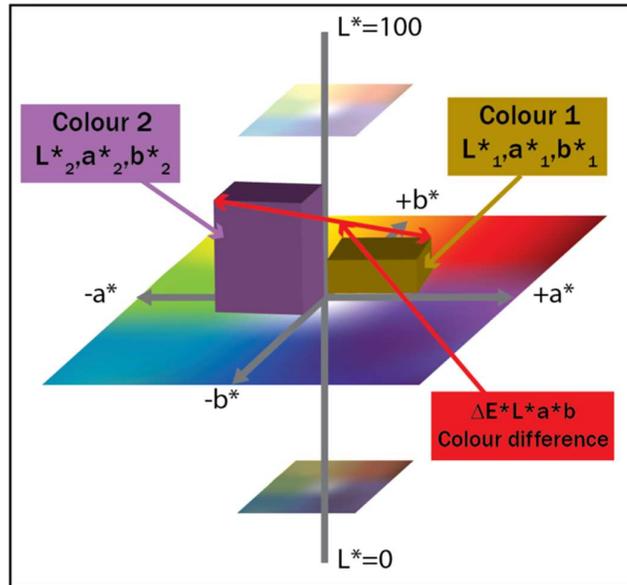
Gambar 2. Contoh Hasil Pengukuran pada *Chromameter*

Kalkulasi numerik yang dilakukan pada instrumen adalah dengan metode $L^*a^*b^*$ dan ΔE . $L^*a^*b^*$ adalah metode standar yang dibuat oleh *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE), suatu lembaga yang memusatkan penelitiannya mengenai cahaya dan warna secara khusus (**Waskale & Bhong, 2017**). $L^*a^*b^*$ terdiri dari tiga aksis sesuai dengan urutan hurufnya, yaitu L^* sebagai *lightness* atau tingkat cahaya, direpresentasikan dengan angka antara 0 – 100, a^* sebagai tingkat konsentrasi hijau dengan merah secara berlawanan, direpresentasikan dengan angka -128 – +127, dan b^* sebagai tingkat konsentrasi biru dengan kuning secara berlawanan, direpresentasikan dengan angka -128 – +127.

ΔE adalah perbandingan antara dua buah warna yang memiliki $L^*a^*b^*$ yang berbeda, atau $\Delta E = \Delta L^*a^*b^*$ (**Mockrzycki & Tatol, 2011**). Formula untuk ΔE ditunjukkan pada Persamaan (1) berikut.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \quad (1)$$

Representasi visual untuk Persamaan (1) ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Representasi Metode $L^*a^*b^*$ pada Dimensi Tiga

Persamaan (1) dan Gambar 3 adalah penjelasan ringkas mengenai kalkulasi numerik yang dilakukan oleh *chromameter*. Berdasarkan Persamaan (1), dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai ΔE , maka semakin akurat antara *bumper* yang diuji dengan warna yang dijadikan sebagai standar.

Penggunaan *chromameter* tersebut cukup praktis berdasarkan cara pemakaiannya sehingga memudahkan operator, tingkat akurasi dan presisi yang dimiliki oleh instrumen tersebut juga cukup tinggi. Namun demikian, instrumen tersebut memiliki beberapa potensi yang mungkin untuk dikembangkan sebagaimana dijelaskan pada bab sebelumnya, di antaranya adalah pengecekan warna di permukaan bumper selama 45 detik, proses validasi akurasi warna baik OK maupun NG (*not good*) selama 15 detik, menulis data hasil pengecekan selama 60 detik. Waktu total untuk pengecekan dari mulai sampai selesai dengan instrumen tersebut adalah 120 detik, sementara *take time line* (conveyor) bergerak setiap 62 detik. Apabila *take time line* diperlambat, akan mempengaruhi kecepatan inspeksi kualitas secara drastis dikarenakan perlambatan hampir 100% dari total waktu sebelumnya.

Berdasarkan pengamatan tersebut, terdapat potensi untuk mengoptimalkan proses pengecekan dalam arti mengurangi waktu pengecekan menjadi seminimal mungkin, seperti mengurangi pekerjaan repetitif yang sebelumnya dilakukan oleh operator secara manual, untuk kemudian digantikan dengan mesin. Selain itu, merujuk kepada beberapa hasil penelitian, mesin disinyalir memiliki akurasi yang relatif lebih baik daripada manusia untuk pekerjaan-pekerjaan tertentu, sehingga diharapkan mampu mengeliminasi *human error* pada setiap proses pengecekan.

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, telah dirancang sebuah prototipe *chromameter* berbasis spektrometri yang terotomasi berbasis Raspberry Pi-4 dan sensor AS7341 yang diharapkan mampu mengoptimasi proses dan mengeliminasi pekerjaan yang bersifat repetitif sebagaimana disebutkan sebelumnya.

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan data referensi dan acuan pengembangan yang diimplementasikan pada prototipe. Referensi pertama (1) merupakan publikasi yang disusun pada tahun 2018. Alat yang dibuat pada penelitian tersebut menggunakan pengontrol berupa

Arduino dan sensor TCS230, dengan fungsi utama sebagai pendeteksi beberapa varian warna berdasarkan warna dasar RGB, lalu menampilkan warna tersebut pada LCD (**Rinaldo, dkk, 2018**).

Referensi kedua (2) merupakan publikasi yang disusun pada tahun 2020. Alat yang dibuat pada penelitian tersebut menggunakan Raspberry Pi-3 sebagai pengontrol dan kamera Vi2 dan juga teknologi *machine learning* untuk *image processing*, dengan fungsi utama sebagai alat bantu bagi penyandang buta warna (**Ghael, dkk, 2021**) (**Susila, dkk, 2020**) (**Bachrudin, dkk, 2017**).

Perbandingan secara umum disajikan pada Tabel 1 yang memuat detail dan improvisasi sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan Studi Literatur

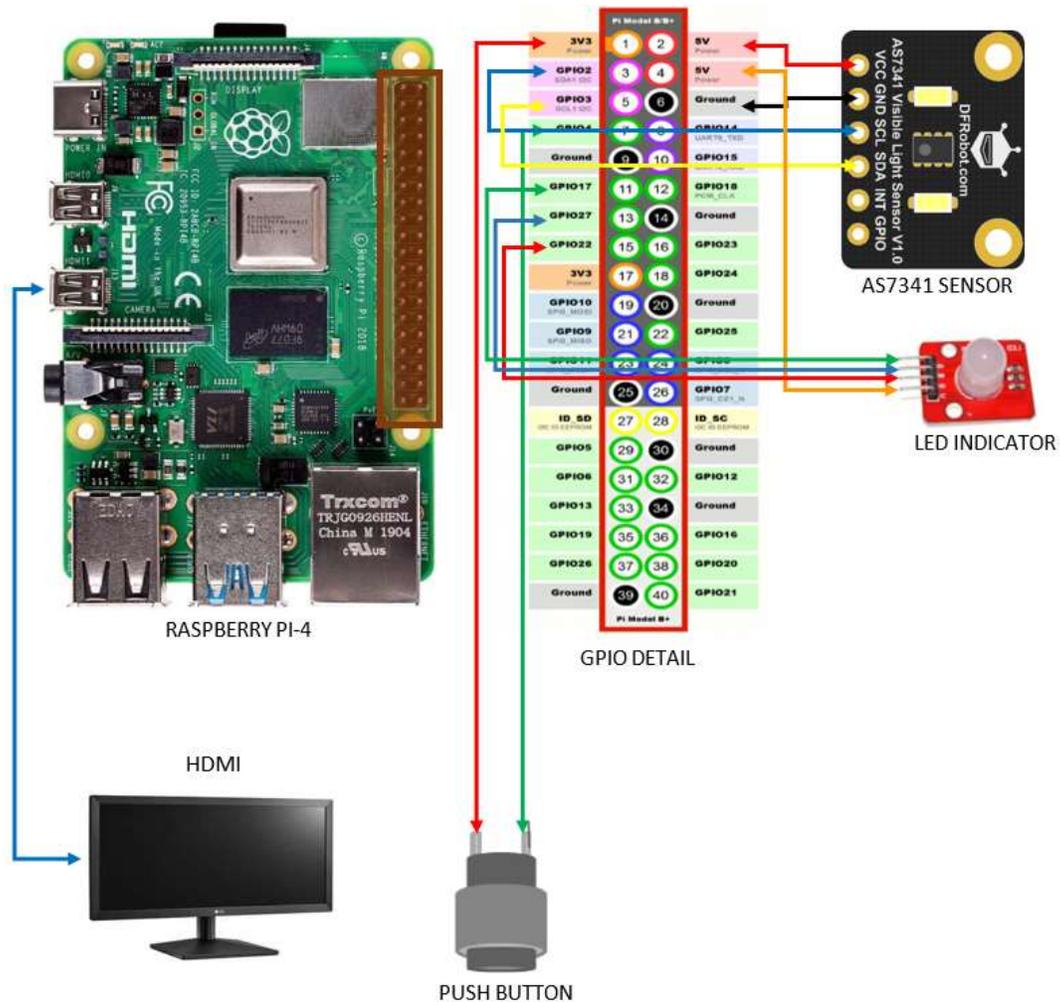
| No. | Sumber | Pengontrol | Sensor | Keterangan |
|-----|----------------|----------------|------------|---|
| 1 | Referensi 1 | Arduino | TCS230 | Sensor hanya terdapat tiga kanal sehingga untuk mendeteksi degradasi warna kurang. |
| 2 | Referensi 2 | Raspberry Pi-3 | Kamera Vi2 | Implementasi kamera pada alat yang akan dibuat membutuhkan spesifikasi pixel yang lebih tinggi sehingga biaya nya tinggi. |
| 3 | Riset sekarang | Raspberry Pi-4 | AS7341 | Sensor terdapat sepuluh kanal dan biaya nya relatif murah dan mudah didapatkan. |

Berdasarkan referensi-referensi yang dirujuk, meskipun tujuan dari dibuatnya masing-masing prototipe adalah berbeda, tetapi beberapa poin penting seperti algoritma dan perbandingan komponen dapat disadur dan dikembangkan pada penelitian kali ini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

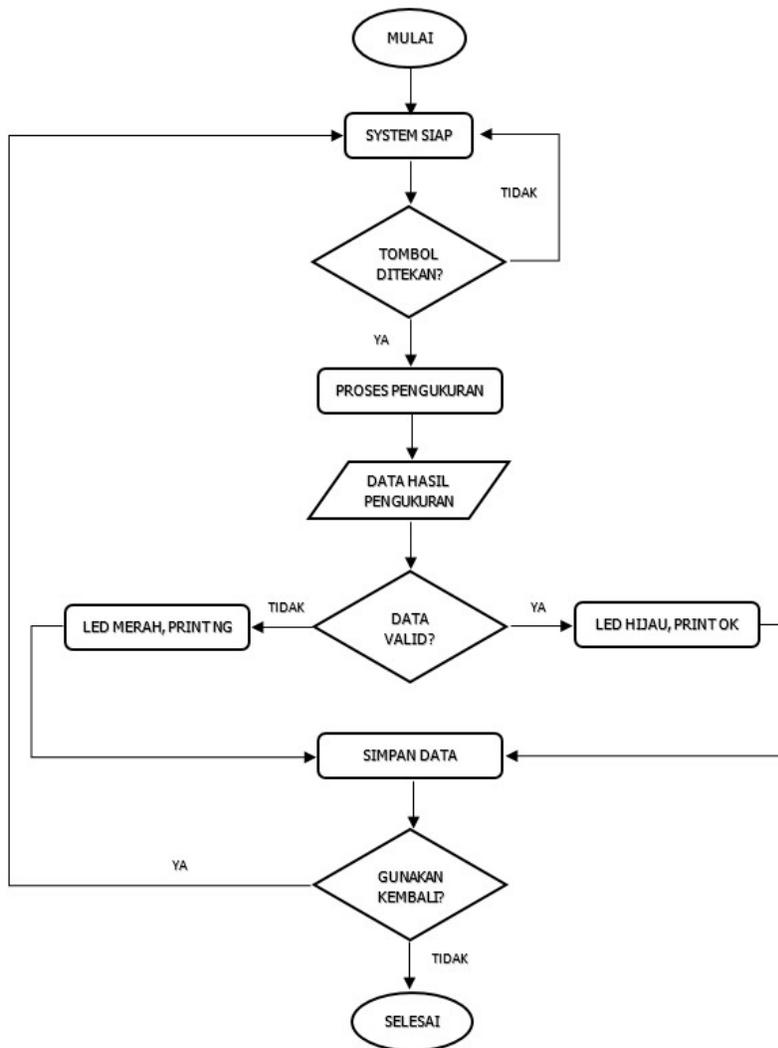
Konfigurasi prototipe secara ringkas merupakan bagaimana prototipe disusun, seperti pin pada komputer mikro yang terhubung pada perangkat *input* berupa sensor dan *push button* dan juga perangkat *output* seperti monitor dan juga indikator LED, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4.

Konfigurasi tersebut kemudian diimplementasikan secara *compact* menjadi sistem terintegrasi yang diharapkan mampu melakukan serangkaian pekerjaan repetitif. Secara ringkas, prototipe diawali dengan menempatkan dan mengatur sampel benda kerja pada dudukan sampel, kemudian benda kerja didekatkan pada bagian sensor AS7341 yang ditempatkan menghadap pada benda kerja. Sensor tersebut dilengkapi dengan penutup untuk mengurangi intervensi cahaya dari luar sehingga cahaya yang dipantulkan oleh benda kerja adalah cahaya yang berasal dari sensor itu sendiri. Dengan demikian, diharapkan *detector* dari AS7341 menghasilkan pembacaan data dengan akurasi yang baik. Dudukan sampel dapat digerakkan maju dan mundur terhadap sensor, oleh karenanya disediakan mistar ukur yang ditempelkan pada rangka prototipe untuk membantu mengukur jarak dari sampel ke sensor (**Osram, 2022**).



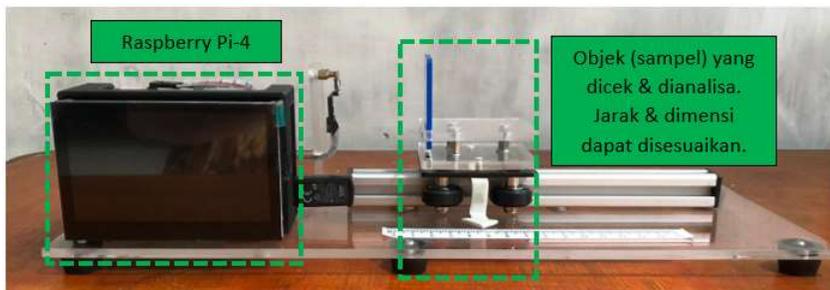
Gambar 4. Konfigurasi Prototipe Chromameter

Setelah sampel ukur dan sensor berada pada posisi siap, *push button* digunakan sebagai inisiator pengukuran dengan cara ditekan. Setelahnya, *flash LED* pada sensor akan mengemisikan cahaya dan akan diterima kembali oleh *photo cell*. Cahaya yang dipantulkan akan diterima oleh *photo cell* sebagai panjang gelombang yang merepresentasikan spektrum warna tertentu. Spektrum warna tersebut dikonversi oleh *photo cell* menjadi sinyal analog, untuk kemudian diteruskan ke ADC dan menjadi sinyal digital. Sinyal digital tersebut diproses oleh Raspberry Pi melalui serangkaian prosedur yang dijawabahkan kepada pemrograman untuk kemudian diterjemahkan menjadi hasil pengukuran dalam bentuk angka. Angka-angka hasil pengukuran kemudian dicatat pada *spreadsheet* dalam format `.csv` dan dapat terlihat melalui aplikasi pengolah *spreadsheet* seperti Libre Office yang ter-*install* pada Raspberry Pi dan pengukuran selesai. Algoritma cara kerja prototipe ditunjukkan pada Gambar 5.

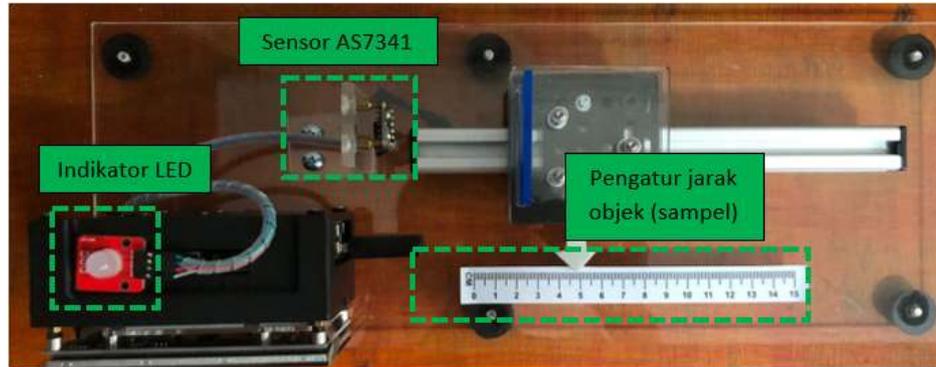


Gambar 5. Algoritma Cara Kerja Prototipe

LED memiliki tiga warna yang mengindikasikan kondisi tertentu pada proses pengukuran, yaitu biru untuk posisi *standby*, merah untuk indikasi *error* atau sampel ukur tidak lulus uji, dan hijau untuk sampel yang berhasil lulus uji. Secara lengkap, prototipe ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Desain Prototipe Tampak Depan



Gambar 7. Desain Prototipe Tampak Atas

Prototipe tersebut memiliki dimensi 450 mm x 210 mm x 180 mm dengan berat sekitar 2 kg, dan akan diintegrasikan dengan konveyor pada *line* produksi. Namun demikian, pengujian kali ini dengan cara manual, yaitu dengan mengangkat prototipe dan menempelkan sensor pada *bumper* secara langsung seperti yang biasa dilakukan dengan *chromameter* yang sudah ada. *Chromameter* standar yang digunakan pada proses produksi memiliki dimensi umum 120 mm x 50 mm x 160 mm dengan *handle* yang memudahkan untuk digenggam karena didesain untuk penggunaan secara langsung oleh operator tanpa diintegrasikan ke *conveyor*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

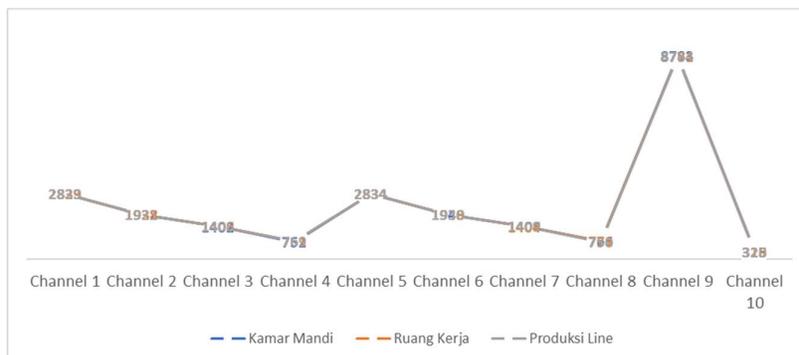
3.1 Uji Spektrum pada Sampel

Pada Tabel 2 dengan plot pada Gambar 8 disajikan uji spektrum dengan sampel warna merah di tempat yang berbeda, antara lain di dalam rumah pribadi, di ruang kerja, dan juga di tempat produksi. Jarak antara sampel dengan sensor adalah 20 mm atau merapat ke penutup sensor.

Tabel 2. Uji Spektrum Terhadap Sampel Warna Merah di Beberapa Ruangan

| Intensitas Cahaya/Kanal | Dalam Rumah | Ruang Kerja | Tempat Produksi |
|-------------------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | 95 lux | 250 lux |
| Kanal 1 | 2833 | 2829 | 2833 |
| Kanal 2 | 1932 | 1938 | 1921 |
| Kanal 3 | 1402 | 1408 | 1406 |
| Kanal 4 | 752 | 761 | 769 |
| Kanal 5 | 2834 | 2834 | 2834 |
| Kanal 6 | 1940 | 1938 | 1930 |
| Kanal 7 | 1408 | 1404 | 1409 |
| Kanal 8 | 766 | 771 | 750 |
| Kanal 9 | 8783 | 8771 | 8764 |
| Kanal 10 | 325 | 318 | 320 |

Isi dari Tabel 2 kemudian diplot dan menghasilkan grafik karakteristik spektrum seperti pada Gambar 8 sebagai berikut.

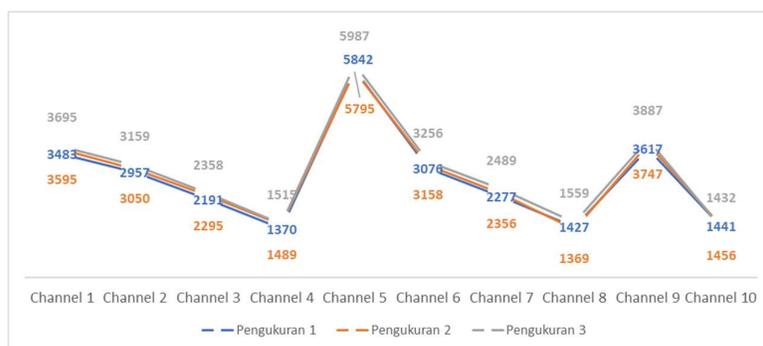


Gambar 8. Uji Spektrum Terhadap Sampel Berwarna Merah di Beberapa Ruangan

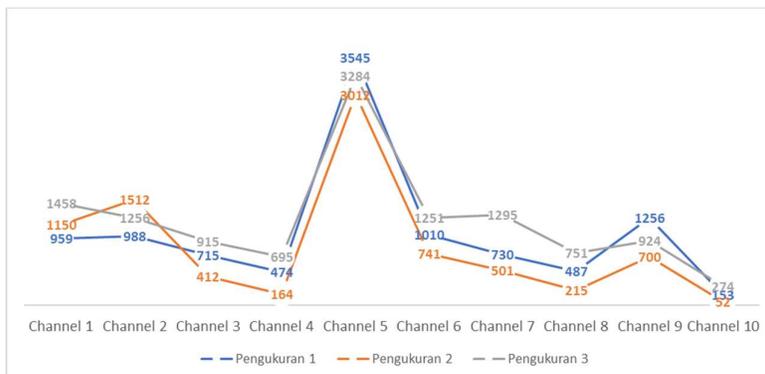
Berdasarkan data pada Tabel 2 dan Gambar 8, spektrum terdeteksi oleh sensor terletak pada panjang gelombang yang dimunculkan di kanal 9 untuk mendeteksi warna merah. Sensor juga memunculkan bias pada pengukuran warna sampel, hal ini ditunjukkan pada setiap kanal yang menunjukkan angka yang bervariasi. Fenomena tersebut sangat wajar terjadi mengingat terdapat bias yang disebabkan oleh karakteristik sensor terhadap suhu dan kelembaban di lingkungan uji, serta interferensi gelombang elektromagnetik yang dapat mempengaruhi pengukuran. Namun demikian spektrum dominan tetap dapat terbaca dengan baik sehingga bias pada pengukuran dapat diabaikan.

Selain itu, uji sampel dengan penutup sensor menyebabkan hasil pengukuran di tempat berbeda tidak terpengaruh secara masif. Ini dikarenakan interferensi cahaya dari luar menjadi sangat minimum dan sampel hanya memantulkan cahaya dari *flash* LED yang dimiliki oleh sensor, sehingga perbedaan hasil uji di satu tempat dengan tempat lainnya tidak terlalu signifikan. Ini menunjukkan bahwa desain untuk sensor adalah sesuatu yang krusial terutama agar gangguan eksternal berupa cahaya dapat dikurangi bahkan dieliminasi.

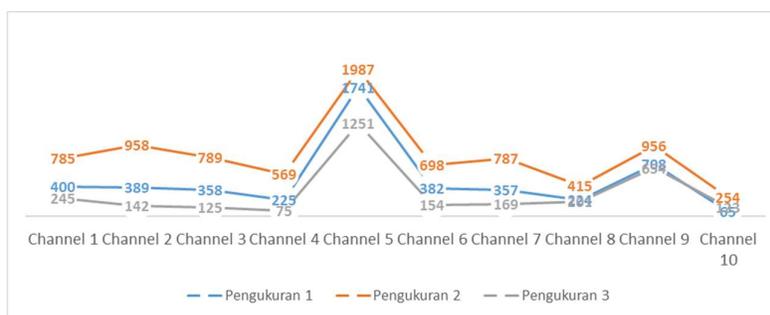
Jarak antara sensor dengan sampel juga sangat berpengaruh terhadap pengujian. Jarak yang membesar menyebabkan emisi cahaya dari flash LED terpendar meluas dan tidak fokus kepada sampel, sehingga spektrum yang dipantulkan dan diterima oleh *photocell* pada sensor terbaur secara signifikan dengan distorsi yang terdapat di lingkungan, terutama cahaya dan gelombang elektromagnetik lainnya. Berikut adalah perbandingan pengukuran dengan jarak antara sensor dan sampel berbeda-beda pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 berturut-turut.



Gambar 9. Pengukuran Sampel Warna Biru pada Jarak 0 mm dari Sensor



Gambar 10. Pengukuran Sampel Warna Biru pada Jarak 50 mm dari Sensor



Gambar 11. Pengukuran Sampel Warna Biru pada Jarak 100 mm dari Sensor

Dengan memperhatikan perbandingan pengukuran pada setiap gambar, dapat terlihat apabila semakin jauh sensor dari sampel, semakin besar bias yang terjadi. Bias ditunjukkan pada jarak antar angka dari pengukuran 1 ke pengukuran 2, dan juga dari pengukuran 2 ke pengukuran 3. Jarak yang melebar menandakan akurasi yang menurun sejalan dengan cahaya yang terpendar dan tidak terkonsentrasi.

Selain itu, karakteristik dari gelombang yang diterima oleh *photocell* juga cenderung melemah dengan penurunan nilai puncak dari hasil pengukuran. Sebagai contoh, untuk jarak 0 mm nilai puncak adalah 5987, untuk jarak 50 mm nilai puncak adalah 3545, dan untuk jarak 100 mm nilai puncak adalah 1987. Besarnya nilai puncak menunjukkan kekuatan karakteristik gelombang, semakin besar nilai puncak, semakin kuat karakteristik gelombang tersebut terbaca, dan juga sebaliknya. Lebih lanjut apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan sensor tertutup pada Gambar 12, nilai puncaknya adalah 8783 yang mengindikasikan karakteristik suatu gelombang yang terbaca sangatlah kuat dan tegas untuk panjang gelombang tertentu.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kondisi ideal untuk prototipe *chromameter* berbasis sensor AS7341 adalah jarak sensor yang kecil di rentang 0 mm – 20 mm dengan keadaan terisolasi dengan penutup agar cahaya diterima oleh sampel dan dipantulkan dengan maksimal.

3.2 Uji Validasi Sampel dan Efisiensi Waktu

Uji validasi sampel adalah menentukan apakah sampel lolos uji atau tidak. Kriteria uji adalah membandingkan prototipe *chromameter* dengan Konica Minolta CR400, dengan nilai toleransi pada prototipe adalah nilai antara batas atas dan batas bawah yang ditentukan setelah

dikalibrasi dengan sampel OK dan sampel *reject*. Titik uji diilustrasikan pada Gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12. Titik Uji Validasi Sampel pada *Bumper*

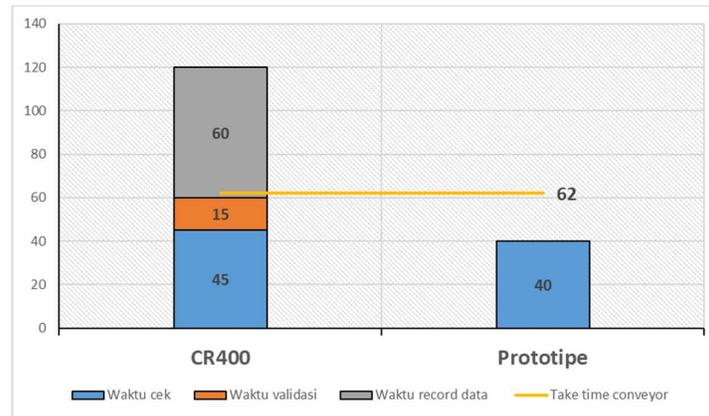
Hasil uji validasi sebanyak delapan buah bumper dengan warna sama disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Uji Validasi pada 8 Buah *Bumper* Berbeda dengan Warna Sama

| | | Hasil uji pada posisi | | | |
|----------|-----------|-----------------------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Bumper 1 | CR400 | Pass | Pass | Pass | Pass |
| | Prototipe | Pass | Pass | Pass | Pass |
| Bumper 2 | CR400 | Pass | Pass | NG | NG |
| | Prototipe | Pass | Pass | NG | NG |
| Bumper 3 | CR400 | Pass | Pass | Pass | Pass |
| | Prototipe | Pass | Pass | Pass | Pass |
| Bumper 4 | CR400 | Pass | NG | Pass | Pass |
| | Prototipe | Pass | NG | Pass | Pass |
| Bumper 5 | CR400 | Pass | Pass | Pass | Pass |
| | Prototipe | Pass | Pass | Pass | Pass |
| Bumper 6 | CR400 | Pass | Pass | Pass | Pass |
| | Prototipe | Pass | Pass | Pass | Pass |
| Bumper 7 | CR400 | Pass | Pass | Pass | Pass |
| | Prototipe | Pass | Pass | Pass | Pass |
| Bumper 8 | CR400 | Pass | Pass | Pass | Pass |
| | Prototipe | Pass | Pass | Pass | Pass |

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu menyamai hasil uji validasi oleh Konica Minolta CR400, dibuktikan dengan keberhasilan 100% pada 32 kali pengujian pada empat titik untuk delapan *bumper* yang berbeda.

Sementara itu untuk efisiensi waktu, prototipe berhasil mereduksi waktu yang dibutuhkan untuk setiap proses pengukuran dari 120 detik menjadi 40 detik, disajikan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan Waktu yang Dibutuhkan untuk Pengukuran Antara CR400 dan Prototipe

Tabel 4. Contoh *Spreadsheet* Hasil Pengukuran

| Value 1 | Value 2 | Value 3 | Value 4 | Value 5 | Value 6 | Value 7 | Value 8 | Value 9 | Value 10 | Reading Time |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------------------|
| 1207 | 982 | 696 | 383 | 1207 | 981 | 697 | 384 | 3919 | 151 | 04/07/2022 23:44 |
| 2428 | 1703 | 1246 | 689 | 2428 | 1705 | 1248 | 692 | 8004 | 273 | 04/07/2022 23:44 |
| 2429 | 1703 | 1247 | 691 | 2429 | 1706 | 1249 | 693 | 8010 | 273 | 04/07/2022 23:45 |
| 1970 | 1370 | 1018 | 550 | 1970 | 1371 | 1019 | 552 | 6413 | 222 | 04/07/2022 23:45 |
| 1582 | 1289 | 899 | 511 | 1579 | 1289 | 898 | 512 | 5374 | 195 | 04/07/2022 23:46 |
| 1585 | 1291 | 901 | 512 | 1580 | 1289 | 901 | 512 | 5376 | 195 | 04/07/2022 23:46 |
| 1577 | 1287 | 898 | 510 | 1578 | 1288 | 898 | 512 | 5375 | 195 | 04/07/2022 23:47 |
| 1991 | 1384 | 1029 | 558 | 1989 | 1383 | 1029 | 559 | 6483 | 224 | 04/07/2022 23:47 |
| 2562 | 1795 | 1314 | 728 | 2560 | 1796 | 1315 | 730 | 8338 | 289 | 04/07/2022 23:48 |
| 2449 | 1714 | 1260 | 695 | 2449 | 1715 | 1261 | 697 | 8066 | 275 | 04/07/2022 23:48 |
| 2446 | 1713 | 1258 | 694 | 2445 | 1714 | 1259 | 696 | 8053 | 274 | 04/07/2022 23:49 |
| 1547 | 1268 | 882 | 500 | 1545 | 1267 | 880 | 501 | 5260 | 192 | 04/07/2022 23:50 |
| 1550 | 1269 | 883 | 501 | 1546 | 1268 | 882 | 501 | 5265 | 192 | 04/07/2022 23:51 |
| 2445 | 1711 | 1256 | 693 | 2442 | 1711 | 1257 | 696 | 8047 | 274 | 04/07/2022 23:51 |
| 2447 | 1711 | 1258 | 694 | 2448 | 1712 | 1259 | 696 | 8067 | 275 | 04/07/2022 23:52 |
| 559 | 5501 | 30773 | 48811 | 1981 | 1378 | 1019 | 553 | 6406 | 223 | 05/07/2022 00:00 |

Efisiensi waktu target tercapai dikarenakan proses pengukuran oleh prototipe lebih cepat dari pada *take time conveyor*, termasuk memulai dan pemrosesan pengukuran sampel oleh sensor, validasi, dan pencatatan hasil pengukuran pada *spreadsheet* untuk kemudian disimpan di memori internal Raspberry Pi-4. Tabel 4 menyajikan contoh hasil pengukuran *spreadsheet*.

4. KESIMPULAN

Prototipe *chromameter* berbasis Raspberry Pi-4 dan sensor AS7341 memiliki tingkat keberhasilan yang diharapkan. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pengukuran spektrum yang memiliki akurasi tinggi dengan karakteristik yang kuat dibantu dengan mengidealkan kondisi pengukuran seperti memperkecil jarak antara sensor dan sampel, serta mengisolasi cahaya yang diemisikan pada sampel untuk dipantulkan kembali dan diterima oleh *photocell*. Selain

itu, prototipe juga mampu memvalidasi hasil lolos uji (OK) dan *reject* (NG) setelah melalui proses kalibrasi terlebih dahulu, dengan keberhasilan 100% terhadap hasil pengujian dengan CR400. Prototipe juga mampu memangkas pekerjaan repetitif seperti mencatat hasil pengukuran setelah proses dan validasi data secara lebih cepat terhadap prosedur yang telah dijalankan pada proses produksi. Proses pengukuran yang dijalankan pada saat produksi membutuhkan waktu selama 120 detik, waktu ini lebih lama dari pada *take time conveyor* yang dijalankan setiap 62 detik. Sementara itu, prototipe mampu memproses keseluruhan setiap siklus dalam waktu 40 detik, termasuk proses pengukuran, validasi data apakah sampel lolos uji atau *reject*, serta pencatatan pada *spreadsheet*. Sehingga, prototipe memiliki potensi untuk digunakan dengan beberapa pengembangan tambahan sehingga mampu mengisi kebutuhan *quality control* skala industri, seperti diintegrasikan dengan IoT agar sistem dapat menyimpan data di pusat data yang lebih terorganisir dalam skala besar, dan juga HMI yang memudahkan operator untuk mengoperasikan prototipe dan keperluan *monitoring*. Prototipe juga masih menggunakan *push button* untuk *trigger* pengoperasian yang mana sangat memungkinkan untuk diganti dengan sensor *proximity* agar dapat terhubung dengan *conveyor* secara langsung sehingga terbentuk sistem otomasi yang terintegrasi secara penuh.

DAFTAR RUJUKAN

- Afristanto, S. D., Dewandaru, B., Samsuri, F., Simatupang, J. W., & Lim, R. (2023). Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol Air Otomatis Sederhana untuk Aplikasi Mesin Pencuci Komponen Industri. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(1), 256 – 270. doi: <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v11i1.256>
- Bachrudin, Z., Widodo, C. E., & Adi, K. (2017). Simulator input-output sistem kontrol menggunakan Raspberry Pi. *Youngster Physics Journal*, 6(3), 272 – 279. ISSN: 2302-7371.
- Bäumker, E., Zimmerman, D., Schierle, S., & Woias, P. (2021). A Novel Approach to Obtain PAR with a Multi-Channel Spectral Microsensor, Suitable for Sensor Node Integration. *Sensors*, 21(10), 1 – 12. doi: 10.3390/s21103390
- Ghael, H. D., Solanki, L., & Sahu, G. (2021). A Review Paper on Raspberry Pi and its Application. *International Journal of Advanced in Engineering and Management (IJAEM)*, 2(12), 225 – 227. ISSN: 2395-5252.
- Kenamer, G., Bricks, B., Augusta, Georgia, and Frederic., J. (2017). Understanding and Controlling Color: Maintaining Your Product's Image. *KONICA MINOLTA & SENSING AMERICA'S Inc.*
- KONICA. (2013). CHROMAMETER CR400/410 Instruction Manual. *KONICA MINOLTA*. ISSN: 9222-1878-20.
- KONICA. (2012). CHROMAMETER CR400/410 Technical Specification. *KONICA MINOLTA*. ISSN: 9242-4889-11.

- Mokrzycki, W. & Tatol, M. (2011). Color Difference Delta E – A Survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4), 383 – 411
- Noreiga, P., Gortaire, G., & Osorio, E. A. (2021). Mass Spectrometry and Its Importance for the Analysis and Discovery of Active Molecules in Natural Products. *Intechopen: Pharmacognosy – Medical Plants*. doi: 10.5772/intechopen.97733
- OSRAM. (2022). AS7341 11-Channel Spectral Sensor. *AMS OSRAM GROUP*, 1 – 65.
- Rinaldo, A., Fahmi, K., Sari, L., & Hendro. (2018). Alat Pendeteksi Warna Dengan Menggunakan Sensor TCS230 Berdasarkan Warna Dasar Penyusun RGB. *PROSIDING SNIPS 2018*, 78 – 85. ISBN: 978-602-61045-4-0.
- Simatupang, J. W., Prasetyo, B., Galina, M., & Suhartomo, A. (2022). Prototipe Mesin Penjual Air Mineral Otomatis berbasis Arduino Mega 2560 dan RFID-RC522. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(2), 484 – 499. doi: <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v10i2.484>
- Simatupang, J. W., Samsuri, F., Bramasto, R., Anam, F. C., & Ardanta, R. H. Y. (2022). Analisis Perhitungan Kerugian Daya Pada Lendutan Serat Optik Dengan Simulasi MATLAB. *TESLA: Journal Teknik Elektro Universitas Tarumanagara*, 24(1), 13 – 24. doi:<https://doi.org/10.24912/tesla.v24i1.15371>
- Susila, I. P. A., Ismail, S. J. I., & Satrya, G. B. (2020). Perancangan Sistem Deteksi Warna Untuk Membantu Orang Buta Warna Berbasis Machine Learning Menggunakan Tensorflow. *e-Proceeding of Applied Science*, 6(2), 2031 – 2052. ISSN: 2442-5826.
- Waskale, H. S. & Bhong., M. G. (2017). Experimental RGB and CIE L*a*b* colour space analysis and comparison for fruits and vegetables. *Journal of Emerging Technology and Innovative Research (JETIR)*, 4(4), 1 – 4. ISSN: 2349-5162.