

Perbandingan Metode Konversi Grayscale Menggunakan Metrik Kualitas *Butteraugli*

Burhan Sabini

Teknik Industri; Universitas Kristen Krida Wacana; Jl. Tanjung Duren Raya no. 4 Jakarta Barat;

Telp 021 566 6952; email : Burhan.sabini@ukrida.ac.id

Abstrak: Pengenalan produk atau wajah mulai memainkan peranan yang penting di dunia digital. Di dalam sebuah sistem manufaktur, terutama dalam pengecekan kualitas di lini produksi, kamera mulai menggantikan manusia dan alat sederhana. Pengenalan wajah juga mulai banyak digunakan untuk sistem absensi dan keamanan. Dalam semua hal ini, sebuah kamera dibutuhkan untuk mengambil gambar dari objeknya. Gambar yang diambil dari kamera ada dalam format berwarna penuh. Kebanyakan proses gambar membutuhkan konversi dari gambar berwarna menjadi gambar hitam putih. Hasil pengkonversian ini akan mempengaruhi hasil dari pemrosesan gambar. Tujuan dari artikel ini adalah untuk melaporkan hasil evaluasi empat metode perubahan warna menggunakan metrik kualitas *Butteraugli* sebagai cara mengukur kemampuan setiap metode. Metode yang di coba adalah : rata-rata, berbobot, non-linear, dan non-linear yang dilebarkan. Untuk sistem absensi, ada empat kondisi pencahayaan dimana percobaan ini dilakukan yaitu : Rendah, Normal, Terang, dan Di luar. Hasil dari pengambilan gambar, dibandingkan antara yang berwarna dan hasil konversinya menggunakan kualitas metrik *Butteraugli* dimana semakin rendah nilai *Butteraugli* nya, semakin baik hasilnya karena ini bermakna gambar yang dikonversikan semakin sedikit perbedaannya dengan gambar aslinya. Kesimpulannya, non-linear yang dilebarkan mendapat nilai terbaik.

Kata kunci: Rendah, Normal, Terang, Di luar, pencahayaan

Abstract: *Image recognition is playing a more and more important role in today's digital era. In a manufacturing environment, especially in inline quality control, camera is replacing human and other simple devices. Face recognition is also gaining a lot of usages for attendance and security system. The method for image recognition is simple, take an image using camera and process the image to produce a result that is useful for the user. Images taken from the camera is in full color. Most image processing would require to convert the color image into grayscale. The resulting grayscale will effect the result of subsequent image processing. Therefore, the selection of grayscale conversion method becomes critical. The objective of this paper is to report the evaluation of four grayscale conversion methods by using Butteraugli Quality Metric. Butteraugli quality Metric is a tool to measure the performance of color to grayscale conversion method. The methods to be tested are average, weighted, non-linear, and expanded non-linear under four lighting condition : low, normal, bright, and outdoor. The resulting grayscale images are compared to the original color images using Butteraugli Quality Metric. The lower the score the better because it means the difference between the original and the other is lesser. In conclusion, the expanded non-linear method produces the lowest Butteraugli Score and the weighted average method in second place.*

Keywords: average, weighted, non-linear, expanded non-linear, lighting

1. Pendahuluan

Di era Industri 4.0 saat ini, gaya hidup manusia sangat dipengaruhi oleh teknologi digital. Sementara teknologi digital memudahkan untuk melakukan lebih banyak tugas dengan cara yang lebih nyaman, itu juga membawa tantangan keamanan serius yang perlu ditangani oleh semua pengguna (Kavak et al. 2021). Misalnya, komputer perlu mengidentifikasi pengguna yang meminta masuk ke sistemnya, gedung, atau ruangan. Memberikan izin ke orang yang salah dapat mengakibatkan hilangnya barang berharga, data komputer, atau bahkan keselamatan orang. Oleh karena itu, mengidentifikasi pengguna

dengan benar menjadi hal yang penting. Untuk mengidentifikasi seseorang, perancang sistem harus mengembangkan metode yang mampu mencapai hal ini.

Dalam banyak penelitian sebelumnya, salah satu metode dalam mengidentifikasi pengguna adalah dengan menggunakan *RFID* yang hemat biaya untuk identifikasi produk, pemantauan lalu lintas, dan untuk tujuan keamanan (Rieback, Crispo, and Tanenbaum 2006). Sebagai contoh, untuk sebuah sistem absensi hanya dibutuhkan sebuah pembaca *RFID* dan tag *RFID*. Namun, sistem ini memiliki satu kelemahan kritis yaitu tidak bisa memverifikasi apakah pengguna adalah pemilik sebenarnya dari tag *RFID*. Untuk mengurangi pengguna dari menggunakan tag *RFID* orang lain, sistem harus mengumpulkan info tambahan tentang pengguna seperti sidik jari, retina, atau gambar wajah mereka. Kelemahan ini dapat menimbulkan beberapa masalah privasi dan keamanan bagi sebagian orang (Pireva, Siqeca, and Berisha 2013).

Dengan munculnya *AI*, dengan menggunakan algoritme yang lebih baru dan prosesor yang lebih cepat, sekarang dimungkinkan untuk menambahkan pengenalan wajah untuk meningkatkan menutupi kelemahan dari sistem *RFID* (R et al. 2017). Manfaat lain dari sistem absensi menggunakan pengenalan wajah adalah penghematan waktu dalam melakukan absensi di ruang kelas (El Mrabet and Ait Moussa 2020). Karena *AI*, membutuhkan gambar untuk diproses, menyediakan gambar yang benar sangat penting untuk bisa menghasilkan analisa yang benar. Melakukan analisis terhadap gambar berwarna sering dilakukan dengan terlebih dahulu mengubahnya menjadi skala abu-abu (Čadík 2008). Bergantung pada tujuan dan metodenya, mengkonversi gambar berwarna menjadi skala abu-abu bisa menjadi rumit dan membutuhkan sumber daya komputer yang intensif (Saravanan 2010).

Pemilihan metode konversi skala abu-abu yang sesuai adalah penting karena hasil pemrosesan gambar selanjutnya sangat bergantung pada hasil konversi. Ada banyak diskusi di dunia akademis apakah pemrosesan gambar menggunakan gambar berwarna lebih baik daripada konversi skala abu-abu. Pada akhirnya, itu bermuara pada tujuan. Di satu sisi, sistem biner (hitam dan putih) terlalu sederhana karena tidak memiliki cukup data untuk menggambarkan gambar secara detail, sedangkan di sisi gambar berwarna memiliki banyak data yang memerlukan terlalu banyak sumber daya untuk dihitung. Oleh karena itu, skala abu-abu adalah kompromi antara kedua sisi. Dalam penelitian sebelumnya, ada banyak alat populer yang tersedia untuk mengukur kinerja konversi skala abu-abu. Misalnya *PSNR* (*Peak-Signal-to-Noise-Ratio*) dan *SSIM* (*Structural Similarity Index Measure*) (Hore and Ziou 2010) (Tanchenko 2014) (Renieblas et al. 2017). Kedua metode ini menggunakan perhitungan matematis. Dalam makalah ini akan digunakan metode *Butteraugli Quality Matrix*. Pada saat penulisan ini, hampir tidak ada penelitian tentang metode ini sehingga makalah ini mencoba untuk mengeksplorasi lebih lanjut tentang metode ini. *Butteraugli Quality Matrix* menggunakan analisis statistik dan juga mempertimbangkan persepsi manusia terutama karena kepekaan manusia terhadap warna biru (Alakuijala et al. 2017) (Alakuijala, Jyrki [2016] 2020). Diskusi mendalam tentang metode *Butteraugli Quality Matrix* berada di luar cakupan makalah ini. Namun, sudah ada alat online yang dapat menghitung skor *Butteraugli* dengan mengirimkan gambar penuh warna asli dan versi skala abu-abu yang dikonversi (Hombberger, Dominik 2017).

2. Metode Penelitian

Untuk mendapatkan gambar dari dunia nyata, diperlukan kamera digital. Kamera harus dapat mengubahnya menjadi data digital menggunakan kamera digital berdasarkan *Bayer's Color Filter Array*. Kamera juga harus menghasilkan dan menyimpan gambar dalam codec jpeg. Untuk makalah ini, sebuah kamera khusus telah dikembangkan dengan menggabungkan kamera, dua lampu kilat, dan mikrokontroler sehingga gambar yang diambil dapat ditransfer langsung ke laptop *via* kabel ethernet untuk analisa lebih lanjut. Kamera ini terdiri dari mikrokontroler *Raspberry Pi 3* dengan Modul Kamera 8 Megapiksel V2. Kamera ini cocok untuk menangkap gambar resolusi tinggi (Pramono, Hendrawan, and Daru 2019). Sensor tersebut berukuran gambar 3,68 x 2,76 mm dan memiliki resolusi 3280x2464 piksel. Sensornya dibuat oleh SONY. *Raspberry Pi* dipilih karena faktor biayanya cocok untuk aplikasi *prototyping* (Salem et al. 2020). Setiap gambar yang diambil akan disimpan ke sistem data internal kamera dan dapat ditransfer ke komputer atau laptop menggunakan aplikasi *VNC*.

Modul kamera memiliki beberapa parameter yang dapat diubah. Untuk mengurangi jumlah variabel ke dalam sistem, beberapa parameter perlu diset. Waktu eksposur diatur ke nilai tetap 0,3 detik. Resolusi diset ke 640 x 480 piksel. Diskusi tentang eksposur dan resolusi yang dipilih berada di luar cakupan makalah ini. Pengukur cahaya diperlukan untuk menentukan tingkat pencahayaan lingkungan.

Dengan mengatur *luminance* lampu yang tersedia di dalam ruangan, tingkat iluminasi dapat diatur ke rendah, normal, dan terang. Untuk ini dibutuhkan sebuah *light meter*. Untuk menghemat biaya, penulis telah membuat sebuah *light meter* sederhana menggunakan sensor cahaya BH1750 dan mikrokontroler Arduino Uno. Untuk pengenalan gambar dan meminimalkan objektivitas dan kontrol yang lebih mudah, objek yang dipilih adalah kepala dan wajah manusia. Untuk itu telah disiapkan patung Ludwig Von Beethoven. Patung itu diukir dari potongan besar balok sabun. Lihat Gambar 1. Ukuran kepalanya sebanding dengan kepala manusia dewasa biasa. Permukaan bahan sabun memiliki nilai reflektansi yang mirip dengan kulit manusia. Pada 500nm nilai reflektansi mereka sekitar 40% (pamela.corey@nist.gov 2015) (K 2019). Jadi, patung ini cukup bisa mewakili wajah manusia. Dalam percobaan ini, patung ini diletakkan sekitar 40 cm dari kamera.



Gambar 1 Sculpture of Ludwig Von Beethoven and the Lightmeter

Pengembangan sistem pencitraan harus mempertimbangkan kinerja sistem serta biaya dan waktu pengembangan secara keseluruhan. Kinerja dalam hal ini berarti sistem harus dapat bekerja sebagaimana dimaksud secara konsisten. Waktu pengembangan merupakan bagian dari pertimbangan biaya. Ada banyak *codec* dan format gambar data berbeda yang dikembangkan sejak Bryce Bayer menemukan susunan filter warnanya pada tahun 1976 (Neelamani et al. 2006) (Hudson et al. 2018). Saat ini *file* format gambar paling populer dikembangkan oleh *Joint Photographic Experts Group* (Hudson et al. 2018). Jpeg adalah kompresi *lossy* untuk gambar digital berdasarkan *DCT (Discrete Cosine Transform)* (Wen-Hsiung Chen, Smith, and Fralick 1977) yang dianggap paling efisien untuk mengompresi dan mendekompresi gambar. Jadi, memilih jpeg sebagai *codec* pilihan akan membuka lebih banyak pilihan modul kamera digital karena sebagian besar kamera yang tersedia secara komersial akan mengubah datanya menjadi jpeg. Juga, ada sejumlah besar aplikasi perangkat lunak yang dapat memproses *codec* jpeg. Format file jpeg menggunakan meta data EXIF. Gambar yang dihasilkan oleh kamera adalah jpeg warna 24bit. Ini terdiri dari tiga data warna primer: Merah, Hijau, Biru. Format data jpeg diatur sebagai *array* tiga lapis. Satu *array* untuk setiap warna primer. Karena tujuan utama dari proyek ini adalah untuk mengubah gambar berwarna menjadi skala abu-abu, maka perlu ditampilkan histogram hasil konversi skala abu-abu adalah jumlah dari ketiga nilai warna primer pada setiap piksel. Lebih mudah untuk menganalisa jumlah ketiga warna primer daripada masing-masing warna primer (Kanan and Cottrell 2012).

Tabel 1: *Suggested Illumination level by area (Sumber :Standards n.d.)*

<i>ILLUMINATION LEVEL</i>	<i>Ref. No.</i>	<i>AREAS</i>	<i>Em (lx)</i>
<i>LOW</i>	7.3.5	<i>Night lighting, observation lighting</i>	5
<i>LOW</i>	5.1.1	<i>Entrance halls</i>	100
<i>LOW</i>	5.2.7	<i>Corridors</i>	100
<i>NORMAL</i>	6.2.1	<i>Classrooms, tutorial rooms</i>	300
<i>NORMAL</i>	3.2	<i>Writing, typing, reading, data processing</i>	500
<i>NORMAL</i>	6.2.2	<i>Classroom for evening classes and adults education</i>	500
<i>BRIGHT</i>	7.11.3	<i>ICU Examination and treatment</i>	1000
<i>BRIGHT</i>	7.15.2	<i>Autopsy table and dissecting table</i>	5000
<i>OUTDOOR</i>		<i>Sunny day but not under direct sunlight</i>	>10000

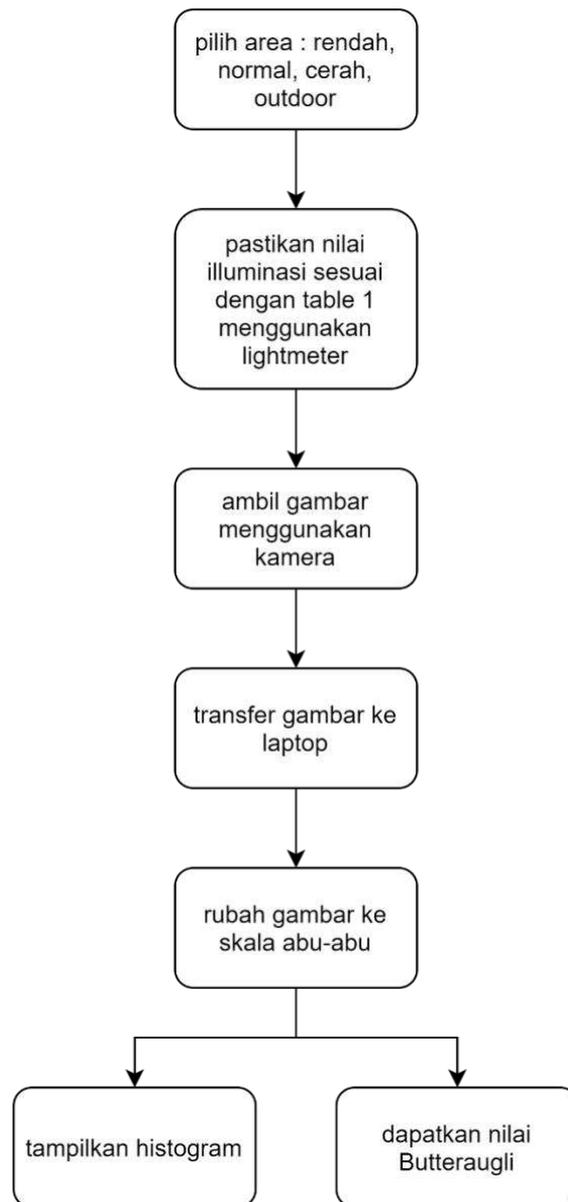
Tabel 2: *Selected Em for each illumination level based on the minimum Em (Sumber :Standards n.d.)*

<i>ILLUMINATION LEVEL</i>	<i>Ref. No.</i>	<i>AREAS</i>	<i>Em (lx)</i>
<i>LOW</i>	7.3.5	<i>Night lighting, observation lighting</i>	5
<i>NORMAL</i>	6.2.1	<i>Classrooms, tutorial rooms</i>	300
<i>BRIGHT</i>	7.11.3	<i>ICU Examination and treatment</i>	1000
<i>OUTDOOR</i>		<i>Sunny day but not under direct sunlight</i>	>10000

Secara umum di dunia nyata, ada dua jenis lingkungan: *indoor* dan *outdoor*. Hal yang membedakan keduanya adalah tingkat iluminasinya. Untuk itu penulis memilih empat lingkungan berbeda dengan empat tingkat iluminasi yang berbeda : Rendah, Normal, Cerah, dan Di luar. Kondisi cahaya rendah adalah kondisi dimana tidak adanya cahaya alami dan kurangnya cahaya buatan. Misalnya gerbang utama, koridor, dan aula masuk. Contoh lingkungan dengan kondisi cahaya normal antara lain ruang kelas dan kantor. Lingkungan yang memerlukan tingkat penerangan yang tinggi seperti ruang operasi atau *ICU* banyak dijumpai di institusi kesehatan. Tingkat penerangan diambil dari standar EN 12464-1: untuk penerangan dalam ruangan. “Dalam kondisi pencahayaan normal, diperlukan sekitar 20 lx untuk membedakan fitur wajah manusia dan merupakan nilai terendah yang diambil untuk skala pencahayaan”(Standards n.d.:7). Oleh karena itu, pada pengaturan terendah dimana tingkat iluminasi

mendekati nol lx, setidaknya satu senter harus dapat membawa tingkat iluminasi ke 20 lx atau lebih tinggi. Beberapa persyaratan tingkat iluminasi untuk berbagai ruangan dan kegiatan diperlihatkan di Tabel 1

Berdasarkan Tabel 1, tingkat iluminasi untuk setiap tingkat yang berbeda dan diatur berdasarkan tingkat terendah dari setiap tingkat dan dipilih seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 Em yang dipilih untuk setiap tingkat penerangan berdasarkan Em minimum. Untuk mengumpulkan data, prosedur berikut dibuat untuk mendapatkan gambar, mengubahnya menjadi skala abu-abu dan mendapatkan skor *Butteraugli*. Lihat pada Gambar 2.



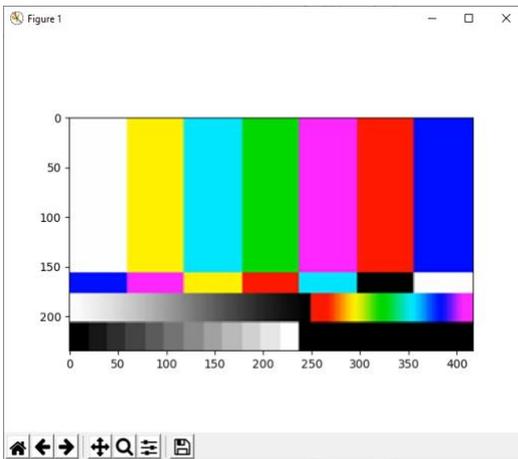
Gambar 1 Flowchart of the whole process

Bahasa pemrograman *Python* dipilih untuk mengubah data dari warna 24bit menjadi skala abu-abu 8 bit, karena ini adalah bahasa pemrograman yang direkomendasikan untuk mikrokontroler dan memiliki semua pustaka yang diperlukan untuk membaca *file* jpeg. Manusia dapat melihat gambar ketika ada cahaya dalam spektrum cahaya yang masuk ke mata, dikumpulkan di retina, dan dikirim ke otak untuk

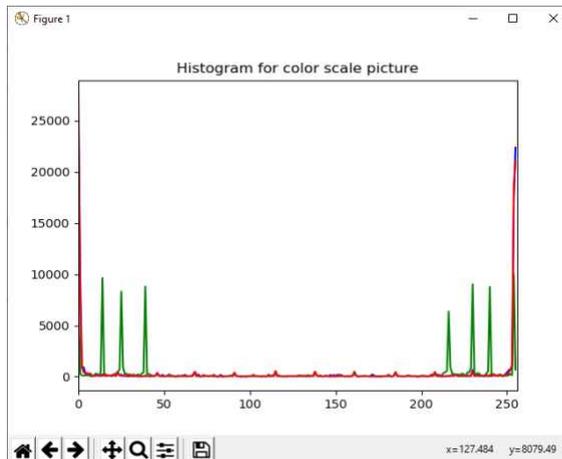
diproses. Kisaran cahaya tampak yang dapat dilihat oleh manusia berada pada kisaran 400 nm hingga 700 nm (Foley 1995).

Warna dalam rentang ini telah diberi nama seperti kuning, merah, biru, dan lain-lain. Untuk memungkinkan pemrosesan warna ini oleh komputer, warna ini harus diubah menjadi data digital. Ada banyak cara untuk melakukan ini. Cara ini disebut pemodelan warna. Beberapa pemodelan warna yang paling populer adalah RGB, CMYK, dan HSL. Karena sebagian besar kamera menghasilkan format jpeg yang terdiri dari tiga informasi warna Merah, Hijau, dan Biru, maka paling mudah untuk menggunakan model warna RGB untuk tujuan makalah ini. Sebuah gambar dalam format jpeg terdiri dari tiga lapisan: Merah, Hijau, Biru dan biasanya disebut sebagai RGB.

Histogram suatu gambar adalah bagan distribusi frekuensi dimana piksel-piksel dengan nilai yang sama terakumulasi. Histogram gambar menggambarkan distribusi statistik piksel gambar dalam hal jumlah piksel pada setiap rentang kecerahan/intensitas (Patel, P. S. Maravi, and Sharma 2013). Rentangnya adalah nilai antara 0 – 255. Histogram citra biasanya digunakan untuk menganalisis sebuah gambar. *File* jpeg yang dihasilkan oleh kamera disimpan dalam 24-bit warna. Ini berarti satu piksel mungkin memiliki 2^{24} kemungkinan warna. Data yang disimpan dalam file dipisahkan menjadi tiga *array* terpisah. Satu *array* untuk setiap warna. Untuk keperluan makalah ini, file warna perlu diubah menjadi skala abu-abu 8-bit di mana semua warna digabungkan menjadi satu warna.



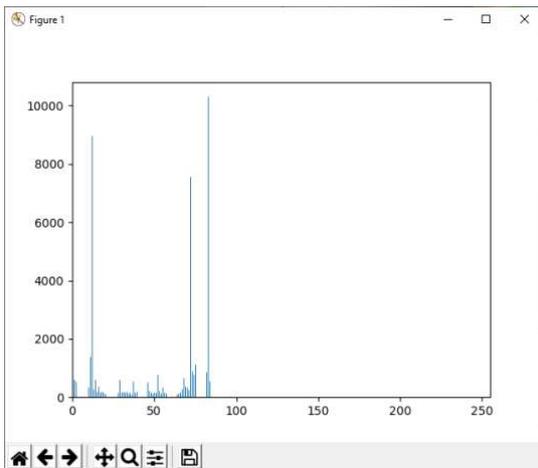
Gambar 2 Full Color Reference



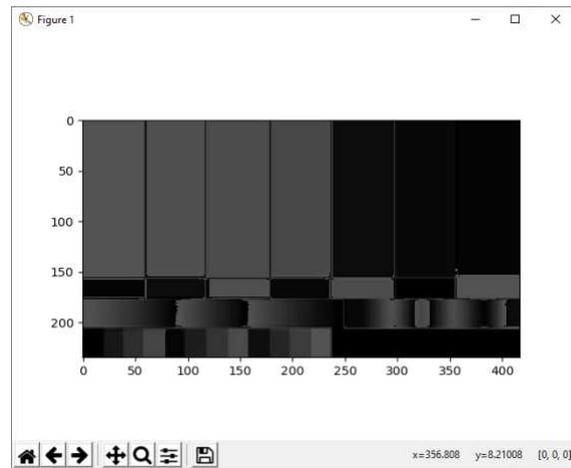
Gambar 4 Histogram Full Color Reference

Ada dua metode utama untuk mengubah model warna RGB menjadi skala abu-abu : Linier dan Non-Linier (Ibraheem et al. 2012:268). Untuk memutuskan metode yang sesuai, *file* warna referensi digunakan. Gambar 3 dan **Error! Reference source not found.** menunjukkan gambar referensi dan histogramnya. Dalam Metode Linier, ada dua submetode yaitu Luminositas Rata-rata dan Berbobot. Dalam metode ini, nilai gamma, yang merupakan tingkat luminasi piksel (Anon n.d.), dianggap linier. Oleh karena itu, meningkatkan level gamma juga akan meningkatkan luminasi secara linier.

Metode Linier Rata-rata, mengasumsikan bahwa semua ruang warna memiliki bobot yang sama sehingga nilai tingkat keabuan adalah rata-rata dari ketiga warna tersebut. Lihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 3 Max= 85.0 Min= 0.0 Range= 85.0



Gambar 4 Average Method

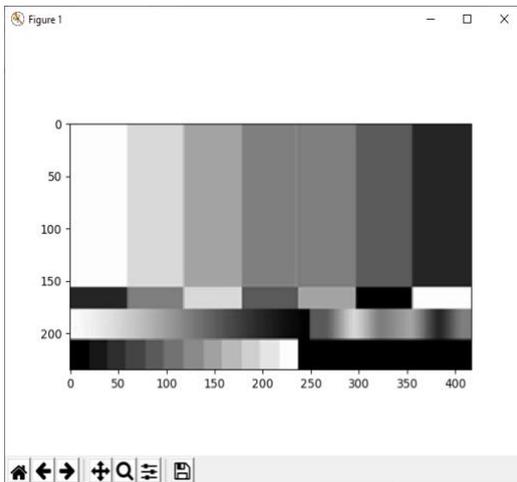
Formulasi untuk metode ini adalah sebagai berikut :

$$G = (R + G + B)/3 \quad (\text{Grundland and Dodgson 2007})$$

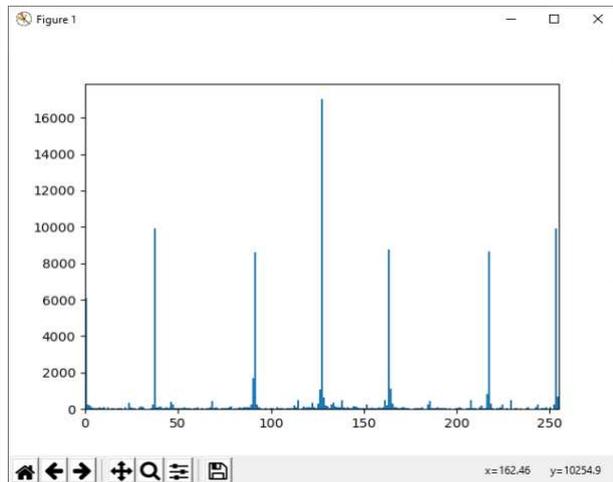
Linier Berbobot adalah submetode lain yang juga menggunakan metode linier. Karena mata manusia lebih sensitif terhadap warna hijau, setiap ruang warna diberi bobot yang berbeda. Menurut Foley, pembobotan warna adalah : 0.299 untuk warna merah, 0.587 untuk warna hijau, dan 0.114 untuk warna biru. Lihat pada *figure 8* dan *9*.

$$G = (0.299 * R) + (0.587 * G) + (0.114 * B) \quad (\text{Foley 1995})$$

Rumus di atas menunjukkan bahwa warna Merah, Hijau, dan Biru diberi bobot yang berbeda. Hijau (0,587) memiliki bobot tertinggi, diikuti Merah (0,299), dan Biru (0,114).



Gambar 5 Weighted Luminosity



Gambar 8 Max= 255.0 Min= 0.0 Range= 255.0

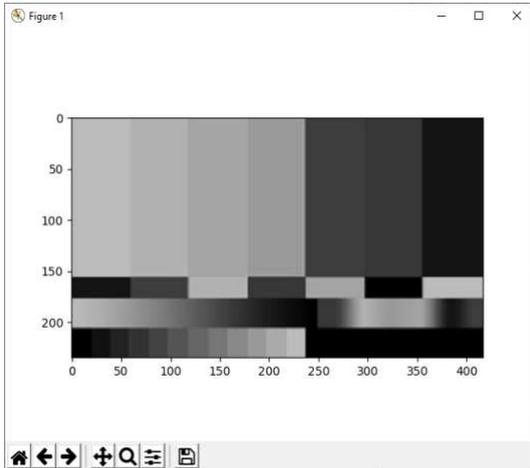
Metode Non-Linier juga terdiri dari dua metode yaitu Non-linier dan Non-Linier diperluas. Dalam metode ini, nilai gamma yang ditangkap oleh mata manusia tidak linier. Artinya semakin tinggi nilai gammanya, nilai luminasi yang ditangkap oleh mata manusia tidak meningkat secara linier.

Non-Linier , untuk menghitung skala abu-abu dari file warna, rumus di bawah ini yang digunakan. Kanaan menyebut metode ini Gleam (Kanan and Cottrell 2012).

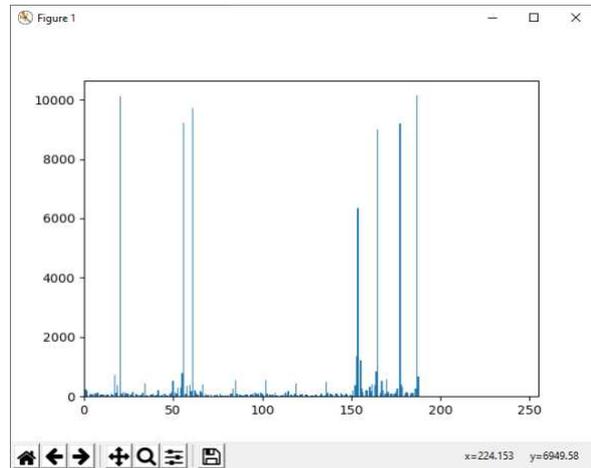
$$G = (0.2126 \times \text{Red}^{2.2} + 0.7152 \times \text{Green}^{2.2} + 0.0722 \times \text{Blue}^{2.2})^{1/2.2}$$

(Kanan and Cottrell 2012) (Summers, Jason 2018)

Rumus untuk metode nonlinier akan menghasilkan nilai range antara 0 sampai dengan 188,53. Lihat pada figure 9 dan 10.



Gambar 9 Non - Linear



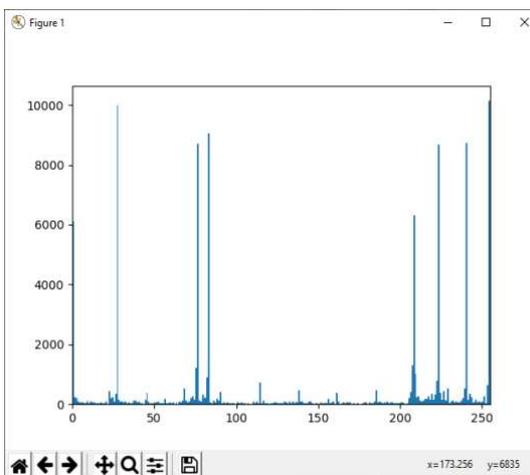
Gambar 10 Max= 188.53212875602523
 Min= 0.0 Range= 188.53212875602523

Non-Linier diperluas, untuk memanfaatkan rentang yang tersedia untuk 8-bit yaitu 255, rentang harus diperluas menggunakan nilai ekspansi 255/188.53. Jadi, rentang akhir akan menjadi rentang penuh skala abu-abu 8-bit. Jadi secara proporsional kita bisa menentukan nilai dari rasio $c = 255/188.53$ dimana 255 adalah nilai maksimum sebuah piksel dan 188,53 adalah nilai piksel tertinggi dalam *array* yang dibuat menggunakan metode non-linear. Lihat pada figure 11 dan 12.

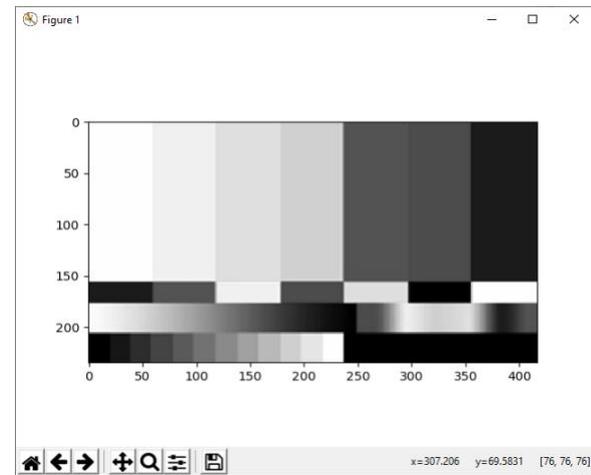
Jadi, formulanya menjadi:

$$G = c (0.2126 \times \text{Red}^{2.2} + 0.7152 \times \text{Green}^{2.2} + 0.0722 \times \text{Blue}^{2.2})^{1/2.2}$$

where $c = 255 / \alpha$
 $\alpha = \max \{ f(x) : x \in \mathbb{Z} \wedge 1 \leq x \leq n \}$
 $f(x) = (0.2126 \times \text{Red}^{2.2} + 0.7152 \times \text{Green}^{2.2} + 0.0722 \times \text{Blue}^{2.2})^{1/2.2}$



Gambar 11 Max= 255.0 Min= 0.0 Range=



Gambar 12 Expanded Non- Linear

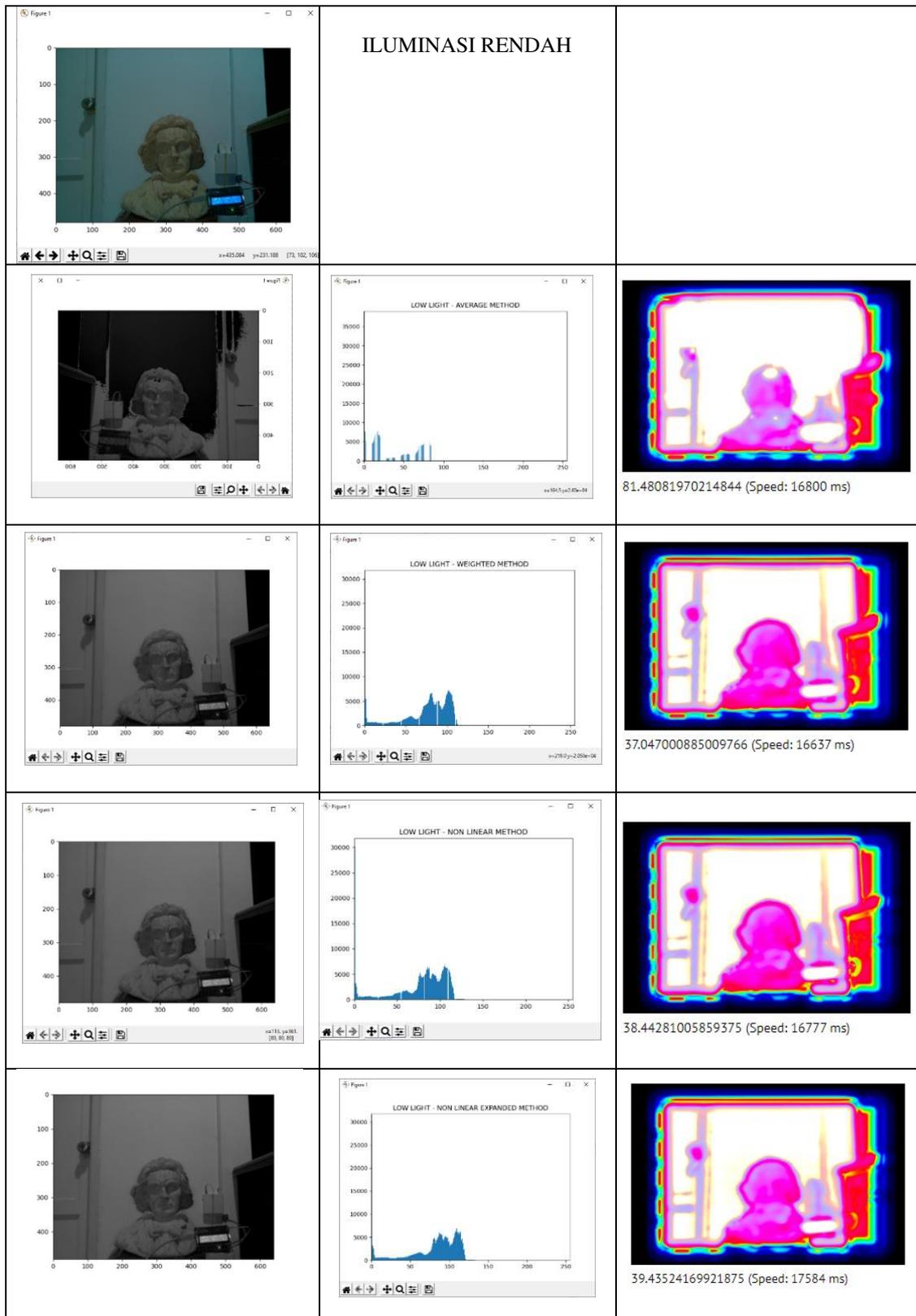
Skala abu-abu 8-bit terdiri dari tiga *array* tetapi semua nilainya sama karena data dari setiap *array* warna digabungkan menggunakan rumus di atas dan nilainya disalin ke setiap *array* warna. Data 8-bit berarti satu piksel dapat memiliki 2^8 tingkat kecerahan. Nilai terendah adalah 2^0 yang merupakan satu. Pada nilai minimum, tidak ada cahaya sama sekali, kegelapan mutlak. Nilai tertinggi adalah 2^8 yaitu 256, yang merupakan tingkat kecerahan maksimum. Di komputer digital, indeks *array* selalu dimulai dengan nol. Jadi, nilai keabuan terendah menjadi nol dan nilai tertinggi menjadi 255. Sebuah gambar dengan rentang dinamis tinggi akan memiliki setidaknya satu data dengan nilai terendah dan satu data dengan nilai tertinggi. Jadi rentang maksimum skala abu-abu adalah $256-1 = 255$. Pada *Figure 11*, bagian bawah gambar menunjukkan bahwa skala abu-abu memiliki rentang penuh dari 0 hingga 255 dan warna batang dari putih ke gelap berbeda satu sama lain. “*For object and face recognition, Gleam is almost always the top performer.*” (Kanan and Cottrell 2012).

3. Hasil dan Pembahasan

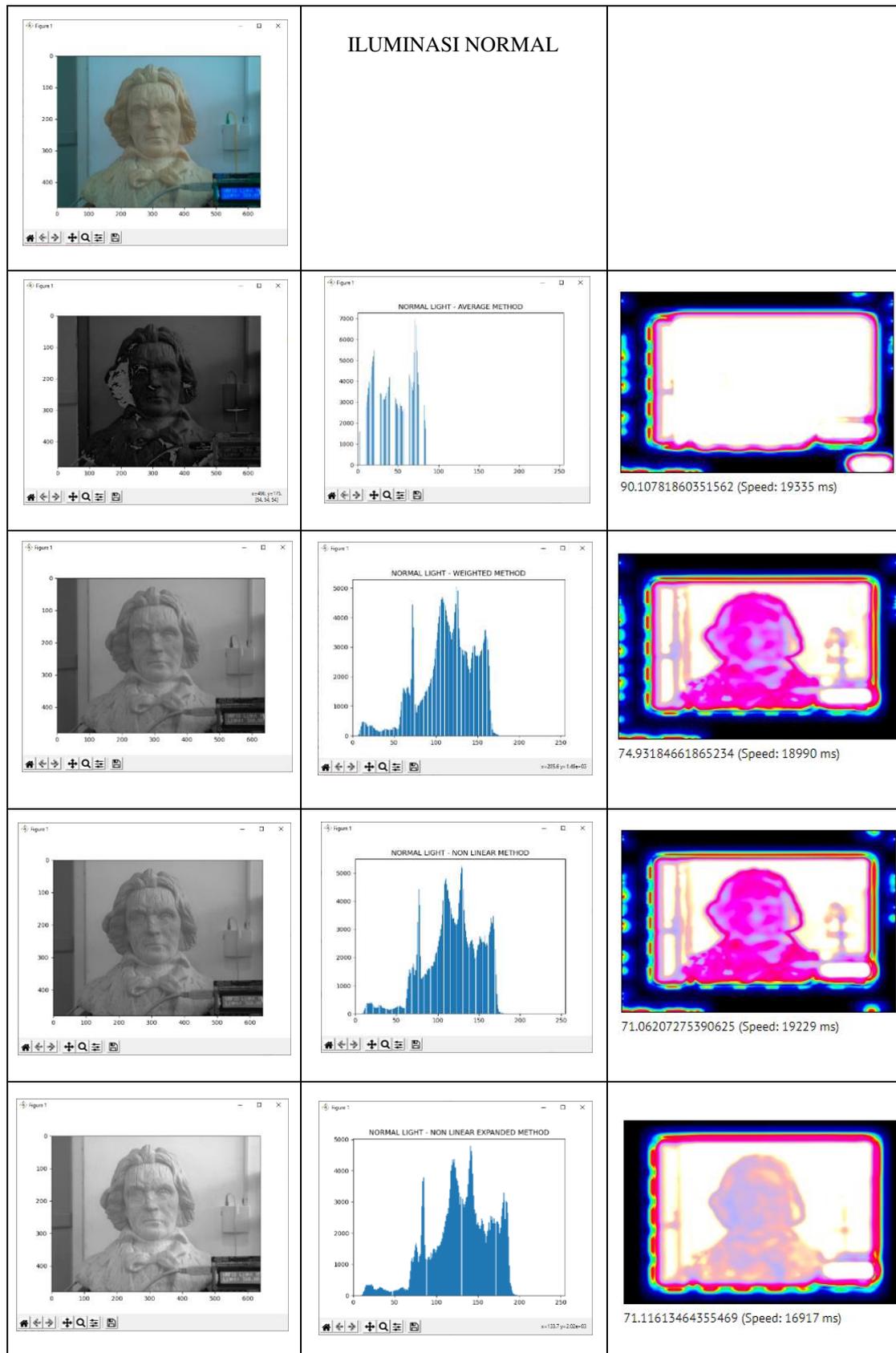
Figure 13 sampai *16* menampilkan gambar yang diperoleh kamera. Berdasarkan pengamatan, gambar yang diambil di bawah cahaya redup dan di luar ruangan memiliki kontras yang lebih sedikit dibandingkan dengan cahaya normal dan terang. Dari mata manusia kontrasnya terlihat sempit tetapi ini ternyata berbeda dengan hasil data yang diperoleh. Sebagai contoh, dari *Table 3* range untuk pencahayaan rendah menggunakan metode berbobot adalah 244,89 yang merupakan tertinggi dibandingkan kondisi pencahayaan lainnya. Jadi, meskipun lebih gelap tetapi jangkauannya sebenarnya lebih tinggi dari tingkat iluminasi lainnya. *Table 3* juga menunjukkan bahwa tingkat kecerahan terendah untuk cahaya redup dan tertinggi untuk outdoor. Nilai kecerahan adalah jumlah dari semua nilai piksel dalam file untuk mengubah warna 24-bit menjadi skala abu-abu 8-bit. Cahaya rendah cenderung berada di sisi yang lebih gelap sedangkan di luar ruangan cenderung terlalu terang karena banyak cahaya. Sangat menarik untuk dicatat bahwa rentang piksel tidak menunjukkan bahwa perbedaan kontras itu signifikan. Misalnya nilai kecerahan dengan metode pembobotan dari pencahayaan rendah dan di luar masing-masing adalah 21.724.153,95 dan 64.117.656,87.

Metode Rata-rata, menunjukkan hasil terburuk. Skala abu-abu yang dikonversi menggunakan metode ini memiliki kontras rendah dengan rentang yang konstan pada 85. Hal ini terjadi karena metode ini menjumlahkan semua nilai piksel dan mengambil rata-rata. Jadi, pada dasarnya adalah $255/3$ yaitu 85. Skor *Butteraugli* untuk metode ini adalah yang terendah di 533,34. Lihat Tabel 4. Hasil metode Pembobotan sangat mendekati metode berkinerja terbaik, yaitu Non-Linier Diperluas dengan margin kecil. Skor total *Butteraugli*-nya adalah 181,97. Pada pencahayaan terang, Skor *Butteraugli* sama dengan Non-Linier Diperluas di 30,79. Selisih skor total metode ini dari top performer adalah 1,92, yaitu 1%. Metode non-linear mendapat nilai yang tidak baik karena rentang nilai abu2 nya tidak maksimal jadi menghasilkan kontras yang lebih rendah dibandingkan dengan metode Non-Linier Diperluas. Skor *Butteraugli*-nya adalah 209,97 Metode dengan skor total *Butteraugli* terendah (semakin rendah semakin baik) adalah metode Non-Linier Diperluas. Skor total *Butteraugli*-nya adalah 180,02. Ini sesuai dengan dengan Kanan yang menyatakan bahwa Non-Linier Diperluas adalah metode yang dipilih untuk pengenalan objek dan wajah (Kanan and Cottrell 2012)

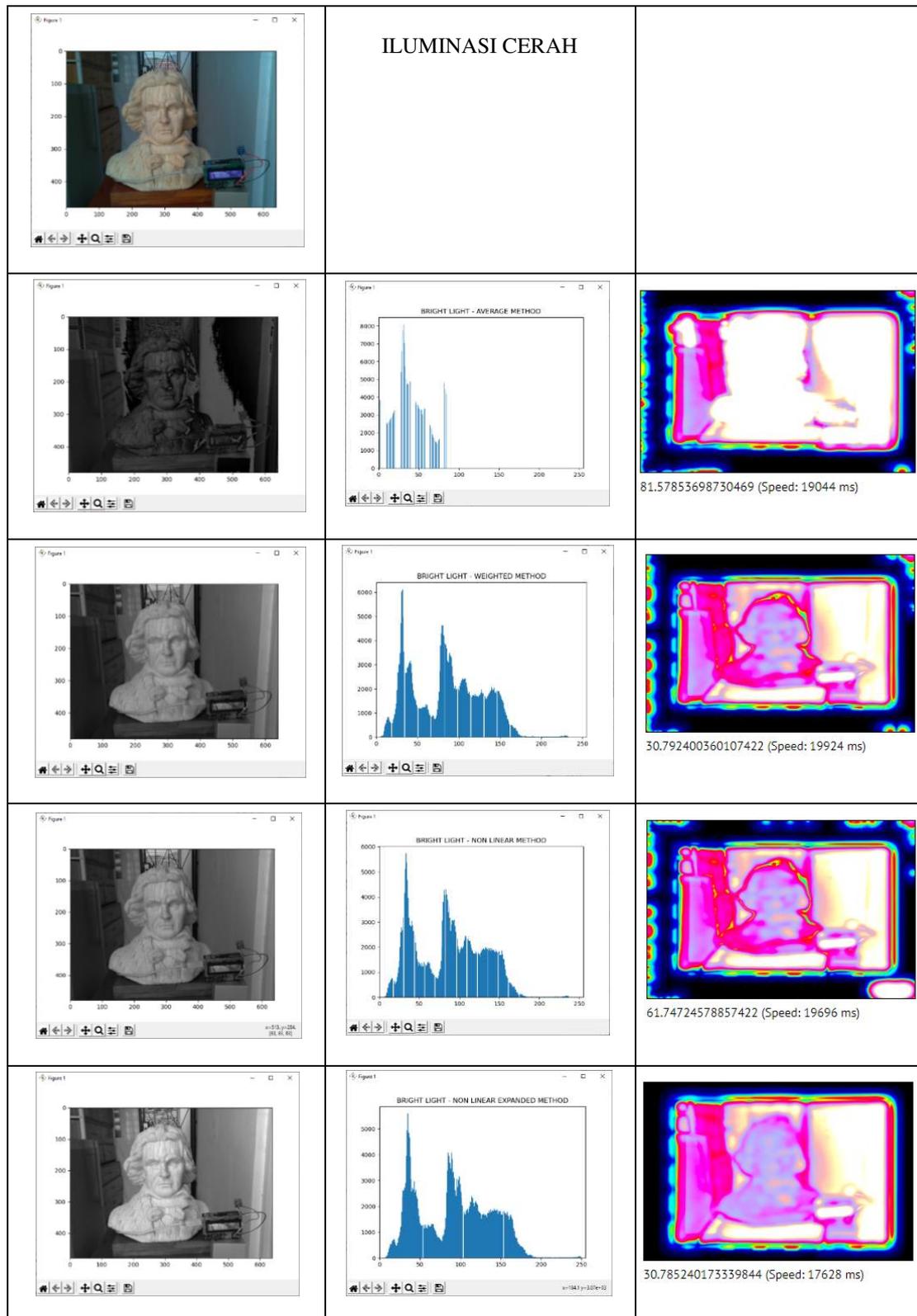
Daya komputasi yang dibutuhkan paling rendah adalah metode rata-rata. Metode Non-Linier Diperluas membutuhkan kemampuan komputasi tertinggi. Metodenya mirip dengan metode non-linier. Tetapi, metode tersebut mengharuskan hasilnya dikalikan dengan nilai piksel maksimum non-linier. Jadi untuk menghitung ekspansi non-linier, non-linier harus dihitung terlebih dahulu dan diperoleh nilai piksel maksimumnya. Hal ini membuat metode ini memiliki kebutuhan daya komputasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode lainnya. Kebutuhan komputasi metode Berbobot lebih tinggi dibandingkan dengan metode rata-rata karena harus melakukan lebih banyak perkalian dibandingkan dengan metode rata-rata. Gambar berwarna yang dihasilkan oleh matriks kualitas *Butteraugli* disebut peta panas (heat map). Ini menunjukkan lokasi perbedaan antara gambar asli dan gambar skala abu-abu yang dikonversi. Semakin gelap warnanya, semakin kecil perbedaannya. Jadi, membandingkan dua gambar yang persis sama akan menghasilkan gambar peta panas hitam.



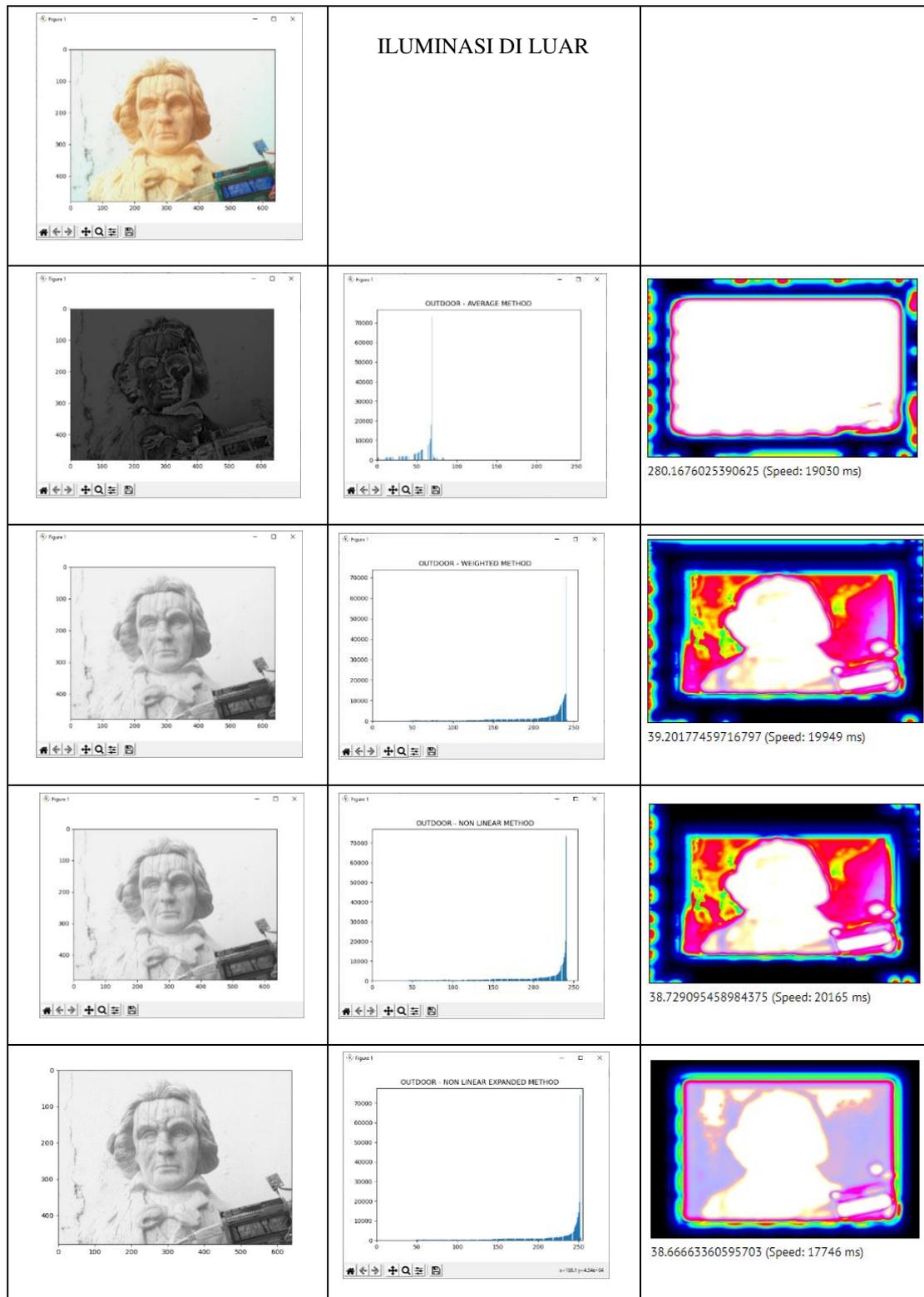
Gambar 13 *Low Light*, Baris Pertama : Asli, Baris Kedua : Rata-Rata, Baris Ketiga : Berbobot, Baris Keempat : Non-Linier, Baris Kelima: Non-Linier Diperluas



Gambar 14 Normal Light, Baris Pertama : Asli, Baris Kedua : Rata-Rata, Baris Ketiga : Berbobot, Baris Keempat : Non-Linier, Baris Kelima: Non-Linier Diperluas.



Gambar 15 Bright Light , Baris Pertama : Asli, Baris Kedua : Rata-Rata, Baris Ketiga : Berbot, Baris Keempat : Non-Linier, Baris Kelima: Non-Linier Diperluas



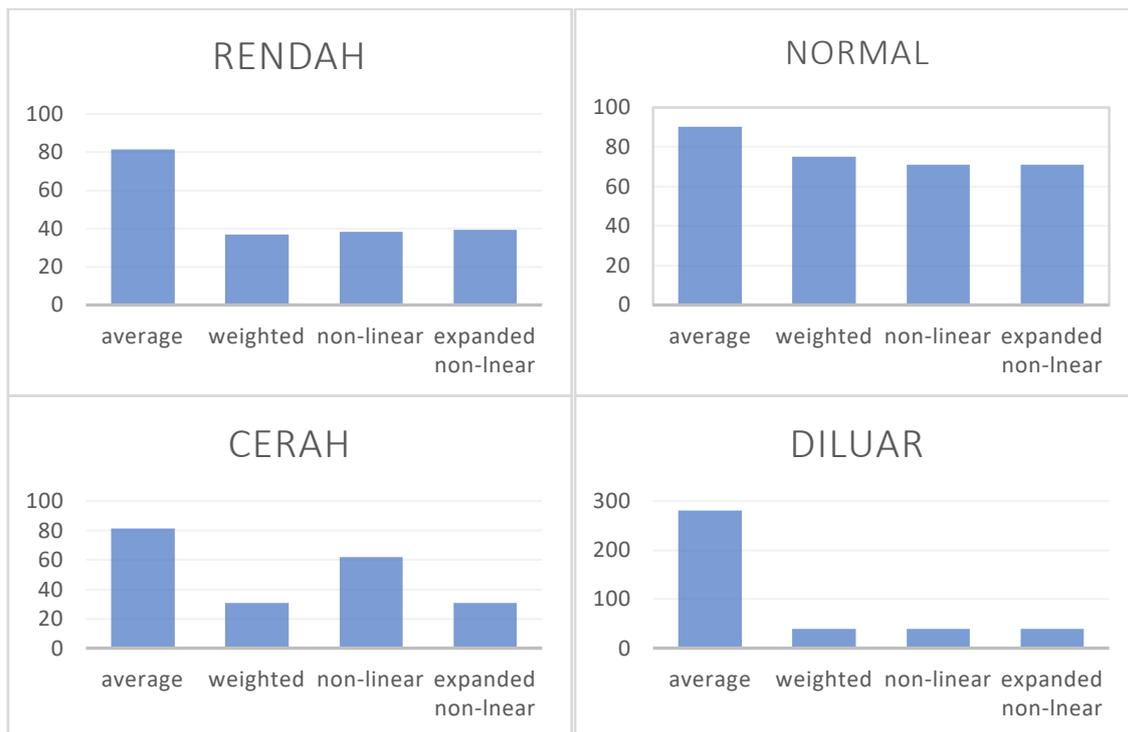
Gambar 16 Outdoor, Baris Pertama : Asli, Baris Kedua : Rata-Rata, Baris Ketiga : Berbot, Baris Keempat : Non-Linier, Baris Kelima: Non-Linier Diperluas

Tabel 3: Comparison of The Four Methods under Four illumination levels
(Sumber: Hasil penelitian Penulis)

Metode	Rendah	Normal	Cerah	DiLuar
Rata-rata	Max= 85.0 Min= 0.0 Range= 85.0 Brightness = 10,646,152.67	Max= 85.0 Min= 0.0 Range= 85.0 Brightness = 13,759,633.99	Max= 85.0 Min= 0.0 Range= 85.0 Brightness = 12,334,029.67	Max= 85.0 Min= 0.0 Range= 85.0 Brightness = 16,918,275.67
Berbobot	Max= 244.889 Min= 0.0 Range= 244.889 Brightness = 21,724,153.95	Max= 217.98 Min= 4.109 Range= 213.87 Brightness = 35,213,887.67	Max= 243.85 Min= 3.129 Range= 240.718 Brightness = 26,384,827.80	Max= 243.06 Min= 18.852 Range= 224.21 Brightness = 64,117,656.87
Non-Linier	Max= 246.48 Min= 0.0 Range= 246.48 Brightness = 22,746,108.15	Max= 232.53 Min= 6.01 Range= 226.52 Brightness = 36,382,420.20	max= 241.59 min= 4.33 range= 237.27 Brightness = 26,963,326.62	Max= 243.77 Min= 18.49 Range= 225.28 Brightness = 64,422,650.07
Non-Linier Diperluas	Max= 255.00 Min= 0.0 Range= 255.00 Brightness = 23,532,416.76	Max= 255.00 Min= 6.59 Range= 248.41 Brightness = 39,897,562.26	max= 255.0 min= 4.57 range= 250.43 Brightness = 28,459,483.13	Max= 255.0 Min= 19.34 Range= 235.66 Brightness = 67,391,083.03

Tabel 4 menunjukkan ringkasan skor *Butteraugli* untuk setiap metode di bawah setiap kondisi pencahayaan. Data dalam tabel ini dapat diamati secara visual pada Gambar 18 yang menampilkan perbandingan hasil skor *Butteraugli* dalam bentuk diagram batang. Jelas, pada cahaya rendah, metode pembobotan memiliki skor terendah. Pada cahaya normal, metode berbobot, Non-Linier dan Non-Linier Diperluas menghasilkan skor yang hampir sama. Pada cahaya terang, metode pembobotan dan Non-Linier Diperluas berkinerja lebih baik daripada yang lain. Di luar ruangan, sekali lagi, pembobotan, non-linear dan non-linear yang diperluas memiliki kinerja yang hampir sama. Menarik untuk mengetahui dari grafik bahwa metode rata-rata selalu menghasilkan skor yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan metode lain.

Ada beberapa masalah dan keterbatasan yang layak dibahas dalam penelitian ini. Pertama, kondisi pencahayaan lingkungan pemotretan tidak mudah dikontrol, terutama saat pemotretan di luar ruangan. Lokasi, latar belakang, dan pencahayaan tidak dapat diatur sama karena kurangnya peralatan pencahayaan yang diperlukan. Idealnya, gambar harus diambil di studio dalam ruangan dengan pencahayaan terkontrol yang dapat menghasilkan luminance yang diinginkan seperti yang tercantum pada Tabel 1. Mengambil gambar di luar ruangan adalah yang paling sulit terutama saat langit mendung. Ini menyebabkan pengukur cahaya berfluktuasi secara signifikan yang terkadang melampaui jangkauan pengukur cahaya, sehingga dapat menghasilkan kesalahan saat mengambil gambar pada waktu yang salah. Selain itu, perhatian ekstra harus diberikan saat mengirimkan gambar untuk menghitung Skor *Butteraugli*. Atribut gambar harus konsisten untuk mencegah hasil yang salah.



Gambar 17 Butteraugli Score Comparison Chart

Tabel 3 : Butteraugli Score Summary

Metode	Rendah	Normal	Cerah	DiLuar	Skor Total
Rata-rata	81.48	90.11	81.58	280.17	533.3
Berbobot	37.05	74.93	30.79	39.20	182
Non-Linier	38.44	71.06	61.75	38.72	210
Non-Linier Diperluas	39.44	71.12	30.79	38.67	180

Sumber: Hasil penelitian Penulis

4. Kesimpulan

Gambar yang dihasilkan oleh kamera memiliki kontras, kecerahan, dan ketajaman yang dapat diterima. Dari empat metode konversi abu-abu, metode non-linier yang diperluas memiliki Skor *Butteraugli* terendah. Oleh karena itu, ini adalah metode yang disukai untuk konversi skala abu-abu. Namun, overhead komputasinya juga yang tertinggi di antara semuanya. Metode rata-rata tidak disarankan untuk pemrosesan gambar lebih lanjut karena hasilnya secara visual tidak dapat diterima. Hasil metode pembobotan sangat mirip dengan non-linier yang diperluas tetapi dengan persyaratan komputasi yang jauh lebih rendah. Jika hasil terbaik yang diinginkan dan sumber daya komputasi tidak menjadi masalah, seperti untuk tujuan penelitian, metode non-linier yang diperluas adalah yang paling cocok. Namun, jika kecepatan komputasi lebih penting, terutama dalam pekerjaan volume besar seperti pada mesin pemindaian gambar inline produksi di mana waktu sangat penting, metode pembobotan adalah pilihan yang lebih baik. Oleh karena itu, ini harus menjadi metode yang disukai di antara empat metode untuk sistem kehadiran. Studi lebih lanjut untuk membandingkan temuan ini untuk pemrosesan gambar seperti pengenalan wajah dalam sistem kehadiran atau kontrol kualitas seperti menemukan cacat pada suatu produk direkomendasikan.

Daftar Referensi

- Alakuijala, Jyrki. [2016] 2020. *Google/Butteraugli*. Google.
- Alakuijala, Jyrki, Robert Obryk, Ostap Stoliarchuk, Zoltan Szabadka, Lode Vandevenne, and Jan Wassenberg. 2017. "Guetzli: Perceptually Guided JPEG Encoder." *ArXiv:1703.04421 [Cs]*.
- Anon. n.d. "Understanding Gamma Correction." Retrieved May 31, 2020 (<https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/gamma-correction.htm>).
- Çadık, M. 2008. "Perceptual Evaluation of Color-to-Grayscale Image Conversions." *Computer Graphics Forum* 27(7):1745–54. doi: 10.1111/j.1467-8659.2008.01319.x.
- El Mrabet, Hicham, and Abdelaziz Ait Moussa. 2020. "IoT-School Attendance System Using RFID Technology." *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)* 14(14):95. doi: 10.3991/ijim.v14i14.14625.
- Foley, James D., ed. 1995. *Computer Graphics: Principles and Practice*. 2nd ed. in C. Reading, Mass: Addison-Wesley.
- Grundland, Mark, and Neil A. Dodgson. 2007. "Decolorize: Fast, Contrast Enhancing, Color to Grayscale Conversion." *Pattern Recognition* 40(11):2891–96. doi: 10.1016/j.patcog.2006.11.003.
- Homberger, Dominik. 2017. "Butteraugli.js." Retrieved September 8, 2020 (<http://libwebpjs.hohenlimburg.org/butteraugli/>).
- Hore, Alain, and Djemel Ziou. 2010. "Image Quality Metrics: PSNR vs. SSIM." Pp. 2366–69 in *2010 20th International Conference on Pattern Recognition*. Istanbul, Turkey: IEEE.
- Hudson, Graham, Alain Léger, Birger Niss, István Sebestyén, and Jørgen Vaaben. 2018. "JPEG-1 Standard 25 Years: Past, Present, and Future Reasons for a Success." *Journal of Electronic Imaging* 27(04):1. doi: 10.1117/1.JEI.27.4.040901.
- Ibraheem, Noor, Mokhtar Hasan, Rafiqul Zaman Khan, and Pramod Mishra. 2012. "Understanding Color Models: A Review." *ARPN Journal of Science and Technology* 2.
- K, Chryssou. 2019. "Analysis and Identification of Two Soaps by Infrared Absorption Spectra and Reflectance Graphs." *Annals of Chemical Science Research* 1(5). doi: 10.31031/ACSR.2019.01.000523.
- Kanan, Christopher, and Garrison W. Cottrell. 2012. "Color-to-Grayscale: Does the Method Matter in Image Recognition?" *PloS One* 7(1):e29740. doi: 10.1371/journal.pone.0029740.
- Kavak, Hamdi, Jose J. Padilla, Daniele Vernon-Bido, Saikou Y. Diallo, Ross Gore, and Sachin Shetty. 2021. "Simulation for Cybersecurity: State of the Art and Future Directions." *Journal of Cybersecurity* 7(1):tyab005. doi: 10.1093/cybsec/tyab005.
- Neelamani, R., R. de Queiroz, Zhigang Fan, S. Dash, and R. G. Baraniuk. 2006. "JPEG Compression History Estimation for Color Images." *IEEE Transactions on Image Processing* 15(6):1365–78. doi: 10.1109/TIP.2005.864171.
- pamela.corey@nist.gov. 2015. "Reflectance Measurements of Human Skin." *NIST*. Retrieved May 31, 2020 (<https://www.nist.gov/programs-projects/reflectance-measurements-human-skin>).
- Patel, Omprakash, Yogendra P. S. Maravi, and Sanjeev Sharma. 2013. "A Comparative Study of Histogram Equalization Based Image Enhancement Techniques for Brightness Preservation and Contrast Enhancement." *Signal & Image Processing: An International Journal* 4(5):11–25. doi: 10.5121/sipij.2013.4502.
- Pireva, Krenare R., Jeton Siqueca, and Shkelqim Berisha. 2013. "RFID: Management System for Students' Attendance." *IFAC Proceedings Volumes* 46(8):137–40. doi: 10.3182/20130606-3-XK-4037.00057.
- Pramono, Basworo Ardi, Aria Hendrawan, and April Firman Daru. 2019. "RASPBerry PI DENGAN MODUL KAMERA DAN MOTION SENSOR SEBAGAI SOLUSI CCTV LAB FTIK UNIV. SEMARANG." *Jurnal Pengembangan Rekayasa Dan Teknologi* 14(1):5. doi: 10.26623/jprt.v14i1.1213.
- R, Tamil Vani, Ruckmani Divakaran, Vinita Shree G R, Revathi R, Nalini P, and Khutija Kubra. 2017. "RFID and Pose Invariant Face Recognition Based Automated Security System." *IJARCCCE* 6(5):739–44. doi: 10.17148/IJARCCCE.2017.65142.
- Renieblas, Gabriel Prieto, Agustín Turrero Nogués, Alberto Muñoz González, Nieves Gómez-Leon, and Eduardo Guibelalde del Castillo. 2017. "Structural Similarity Index Family for Image Quality Assessment in Radiological Images." *Journal of Medical Imaging* 4(3):035501. doi: 10.1117/1.JMI.4.3.035501.

Rieback, M. R., B. Crispo, and A. S. Tanenbaum. 2006. "The Evolution of RFID Security." *IEEE Pervasive Computing* 5(1):62–69. doi: 10.1109/MPRV.2006.17.

Salem, Ghadi, Jonathan Krynitsky, Noah Cubert, Alex Pu, Simeon Anfinrud, Jonathan Pedersen, Joshua Lehman, Ajith Kanuri, and Thomas Pohida. 2020. "Digital Video Recorder for Raspberry PI Cameras with Multi-Camera Synchronous Acquisition." *HardwareX* 8:e00160. doi: 10.1016/j.ohx.2020.e00160.

Saravanan, C. 2010. "Color Image to Grayscale Image Conversion." Pp. 196–99 in *2010 Second International Conference on Computer Engineering and Applications*. Bali Island, Indonesia: IEEE.

Standards, European. n.d. "DIN EN 12464-1." <https://www.en-standard.eu>. Retrieved April 24, 2021 (<https://www.en-standard.eu/din-en-12464-1-light-and-lighting-lighting-of-work-places-part-1-indoor-work-places/>).

Summers, Jason. 2018. "Conversion to Grayscale." Retrieved May 30, 2020 (<https://entropymine.com/imageworsener/grayscale/>).

Tanchenko, Alexander. 2014. "Visual-PSNR Measure of Image Quality." *Journal of Visual Communication and Image Representation* 25(5):874–78. doi: 10.1016/j.jvcir.2014.01.008.

Wen-Hsiung Chen, C. Smith, and S. Fralick. 1977. "A Fast Computational Algorithm for the Discrete Cosine Transform." *IEEE Transactions on Communications* 25(9):1004–9. doi: 10.1109/TCOM.1977.1093941.