

Determinasi Nilai RGB dan Grayscale pada Citra Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Menggunakan Matlab

*Determination of RGB and Grayscale Value on Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) Fresh Fruit Bunch (FFB) Images using Matlab*

Muhammad Ansori Nasution, Haikal Nando Winata, Fadlin Qisthi Nasution, Henny Lydiasari, Rivaldy Yustianto Pasaribu, Arjanggi Nasution, dan Ayu Wulandari

Abstrak Warna dan tampilan adalah indikator terpenting bagi pemanen kebun sawit untuk menentukan kondisi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit pada proses panen. Sebagai atribut utama, maka warna dan tampilan menjadi acuan standar untuk penilaian kondisi TBS kelapa sawit layak atau tidak layak dipanen. Fakta dilapangan, kegiatan penilaian TBS masih dilakukan secara manual dengan memanfaatkan visual (penglihatan) dari para pekerja kebun, dimana akan rentan terhadap kesalahan dalam penilaian TBS. Adanya permasalahan ini, maka otomatisasi penilaian karakteristik warna TBS kelapa sawit menjadi sangat penting guna meminimalisir kesalahan pemanen kebun sawit. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui efisiensi teknik pencitraan warna RGB pada TBS kelapa sawit. Metode yang digunakan diajukan adalah pengolahan dan analisa warna pada 90 citra TBS berbasis kamera smartphone, kemudian mencari nilai korelasi antar channel warna. Setiap channel warna R, G dan B pada citra TBS diekstraksi dan dikonversikan ke dalam bentuk keabuan (grayscale) menggunakan software MATLAB R2021. Hasil menunjukkan bahwa dengan perlakuan yang sama pada pengambilan citra TBS, maka nilai korelasi channel R dan grayscale (GS) memiliki nilai tertinggi dengan $R^2 = 0.9569$. Capaian nilai korelasi ini dapat menjadi studi inisial dan alternatif yang baik dan sesuai untuk otomatisasi penilaian kondisi TBS kelapa sawit.

Kata Kunci: Tandan Buah Segar (TBS), kamera smartphone, korelasi warna R, G, B dan GS

Abstract *The Color and appearance are the most important indicators for a farmer to determine the condition of oil palm fresh fruit bunches (FFB) in the harvesting process. As the main attributes, the color and appearance become the guidelines for the initial assessment of fresh fruit bunches (FFB) of oil palm condition that is suitable or not for harvesting. In Facts, the FFB assessment activities are still carried out manually by utilizing the farmers visual, which is it will be prone to errors during the assessment. Due to this problem, it is important to automate the assessment of the color characteristics of oil palm FFB in order to minimize errors by farmers. The purpose of this study was to determine the efficiency of RGB color imaging techniques on oil palm FFB. The method used is processing and color analysis on 30 FFB images based on smartphone cameras to find the correlations for each color. Each color channel R, G and B in the FFB images was extracted and converted into grayscale using MATLAB R2021 software. The results show that the correlation value of R channel and grayscale has the highest value with $R^2 = 0.9569$. This correlation is expected to be an initial study and suitable alternative for automating the assessment of the condition of oil palm FFB.*

Keywords: *Fresh Fruit Bunches (FFB), smartphone camera, R, G, B and GS color correlation*

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Muhammad Ansori Nasution(✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158
Email: ansoricca@gmail.com

PENDAHULUAN

Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit atau *Elaeis guineensis* Jacq berasal dari Afrika Barat dan

berkembang menjadi komoditi pertanian penting untuk Indonesia. TBS adalah komoditi pertanian dengan tingkat produksi tinggi. Berbagai produk yang dihasilkan dari TBS telah digunakan secara umum di seluruh dunia untuk memenuhi kebutuhan kehidupan dari berbagai sektor, seperti minyak goreng, kosmetik, margarin, sabun dan lainnya.

Sebagai produsen terbesar kelapa sawit, maka dapat dikatakan industri kelapa sawit di Indonesia sebagai salah satu tulang punggung ekonomi, karenanya Indonesia harus terus meningkatkan nilai produksi kelapa sawit untuk dapat memenuhi permintaan pasar dunia. Kualitas hasil panen TBS terhitung sangat penting untuk industri kelapa sawit karena diyakini bahwa TBS kualitas tinggi memiliki kandungan minyak tinggi sedangkan TBS kualitas rendah memiliki kandungan minyak paling sedikit (Ishak & Hudzari, 2010). Untuk mengetahui kualitas kematangan TBS, inspeksi penilaian visual (manual) dari pekerja kebun dijadikan sebagai atribut utama dalam penentuannya, hal ini dikatakan tidak efisien dikarenakan tingginya kemungkinan *human error* seperti inkonsistensi (Makky & Soni, 2013). Efek dari inkonsistensi inspeksi ini juga akan menyebabkan kerugian pada hasil produksi minyak sawit. Dari masalah ini, maka perlu dibangun sistem yang efisien dan sistematis untuk dapat memudahkan penilaian TBS kelapa sawit dan memastikan berkualitas tinggi (Sharif *et al.*, 2017).

Sampai saat ini, studi mengenai pengelolaan dan analisis citra pada dunia pertanian berbasis teknik non-destruktif yang efisien untuk menyelidiki dan menganalisa kualitas hasil panen sangat gencar dilakukan. Teknik pemrosesan pencitraan dan kecerdasan buatan adalah teknologi utama yang sangat sering digunakan untuk mengamati dan menentukan karakteristik tanaman, seperti warna daun, buah, batang dan sebagainya (WINATA *et al.*, 2019). Beberapa studi diantaranya, mengusulkan teknik *grading* buah dan penentuan OER pada buah sawit menggunakan terapan metode algoritma dan teknik kecerdasan buatan. Pengolahan citra berdasarkan model warna RGB, HIS dan HSV juga diusulkan (Setiawan & Nur, 2020).

Studi perancangan aplikasi untuk menentukan OER pada buah sawit dengan koreksi warna otomatis juga telah di inisiasi dan dikembangkan untuk platform *smartphone* dan kamera *kinnect* (Pamornak

et al., 2017). Teknologi mendeteksi tingkat kematangan TBS kelapa sawit ditentukan secara visual berdasarkan warna kulit buah TBS kelapa sawit juga telah dikembangkan dengan menggunakan berbagai alat, seperti sistem laser berbasis citra (Ali *et al.*, 2020; Shiddiq *et al.*, 2017), *smartphone* (Sinambela *et al.*, 2020; Tan, Y. A *et al.*, 2010; Sunil Kumar *et al.*, 2013; Taparugssanagorn *et al.*, 2015).

Hingga saat ini, bidang pertanian telah menerapkan teknologi berbasis *machine vision* untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, seperti monitoring pertumbuhan tanaman (Fahmi *et al.*, 2018; Pérez-Zavala *et al.*, 2018), sistem identifikasi penyakit yang terjadi pada batang, daun dan buah (Khaled *et al.*, 2018; Septiarini *et al.*, 2021), segmentasi buah dan prediksi volume dan massa buah (Septiarini *et al.*, 2020). Selain itu, teknik visi mesin (*machine vision*) juga telah dikembangkan untuk mengklasifikasikan kematangan jenis buah (K. Tan *et al.*, 2018) dan sayuran (Palacios-Morillo *et al.*, 2016). Ada beberapa kelemahan dari teknologi yang dirancang oleh penelitian terdahulu, diantaranya melakukan pengaturan lingkungan (*environment controlling*) menggunakan *black chamber* atau *light control room*, ukuran paket teknologi terbilang besar sehingga mobilitas rendah dan tidak efisien.

Secara keseluruhan, studi ini mengusulkan metode korelasi nilai RGB dan GS pada TBS berdasarkan citra RGB dari *smartphone* menggunakan fitur *mean* dalam ruang warna RGB yang diproses dan dianalisa menggunakan MATLAB R2021® (Math-works, Inc., USA) dengan menggunakan *smartphone*. Metode ini bertujuan untuk membuktikan bahwa berdasarkan nilai channel pada R, G, B dan GS pada citra *smartphone* memiliki korelasi yang baik untuk mendeteksi dan melakukan klasifikasi warna TBS. Penelitian ini nantinya dapat menjadi inisial awal untuk pengembangan aplikasi *mobile* dalam menentukan tingkat kematangan yang lebih detail.

BAHAN DAN METODE

Sampel Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit

Dataset yang digunakan pada studi ini sebanyak 30 TBS kelapa sawit, dengan varietas DXP Marihat, tahun tanam 2011 yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Dataset diambil secara langsung dari kebun Terantam, afdeling IV,

PT Perkebunan Nusantara V, Riau, Indonesia.

Akuisisi citra TBS menggunakan kamera *digital built-in* pada *smartphone* iPhone 11 Pro Max (Apple, Inc., USA) dengan format JPEG dan ukuran pixel 4032 x 3024 px. Proses akuisisi untuk setiap TBS diperlakukan sama. Akuisisi

dilakukan pada area lingkungan terbuka (*outdoor*) tanpa pengaturan dan pengkondisian lingkungan untuk pencahayaan, dimana kondisi pencahayaan di area terang dan sangat baik dalam jarak tetap 30 cm antara TBS dan lensa kamera *smartphone* (Gambar 1).



Gambar 1. Data set TBS yang diambil menggunakan lensa kamera *smartphone*
Figure 1. The dataset of FFB captured by using smartphone camera lens

Ruang lingkup penelitian ini berfokus pada Analisa data citra TBS melalui determinasi nilai RGB dan *Grayscale* (GS) dengan varietas Marihat tahun tanam 2011 pada kebun Terantam milik PTPN V, Riau.

Proses akuisisi citra TBS

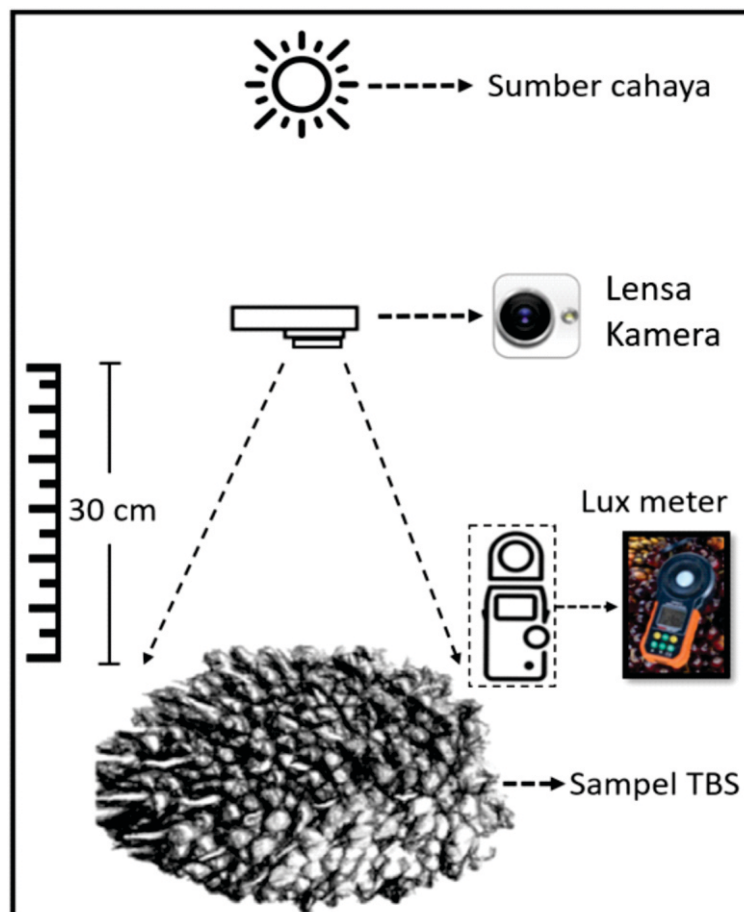
Bagian ini membahas metode dan prosedur akuisisi citra yang dihasilkan untuk di olah dan di proses menggunakan MATLAB R2021® (Math-works, Inc., USA). Konsep pengambilan citra diawali dengan melakukan pengaturan/*setup* dan parameter mendasar dari sistem pencitraan (resolusi, bidang pandang, jarak kerja, ukuran sensor, dan kedalaman bidang) yang harus dipenuhi sebelumnya (Tabel. 1).

Kamera pada iPhone 11 Pro Max (Apple, Inc., USA) dengan lensa *wide-angle* dan *telephoto*, *Wide-angle*: bukaan $f/1.8$, *Telefoto*: bukaan $f/2.8$. *Smartphone* ini memiliki sensor dengan *output* resolusi 12 MP, kamera utama menggunakan sensor dengan $1.4\mu\text{m}$ piksel, dan sistem lensa stabil (OIS).

Akuisisi citra ditetapkan pada jarak 30 cm antara objek (TBS) dengan lensa kamera *smartphone* (Gambar 2). Perangkat Lux meter diletakkan tepat berada diatas TBS dan menghadap lurus keatas menuju sumber cahaya. Proses akuisisi citra dilakukan pada pukul 10:00 – 12:00 dimana Intensitas cahaya stabil berada di *range* $200\text{-}300\ \mu\text{mol}\ \text{s}^{-1}\ \text{m}^{-2}$ untuk mengurangi pengaruh iluminasi eksternal distribusi cahaya pada citra TBS yang diambil. Citra TBS yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan MATLAB R2021® (Math-works, Inc., USA).

Tabel 1. Pengaturan photographic pada sistem kamera
Table 1. Photographic setting on the camera system

Parameter	Settings
Mode	Aperture priority
ISO	100
HV resolution	72 dpi
Exposure time	1/4s
F-stop	F/1.8
Focal length	4mm
Metering mode	Pattern

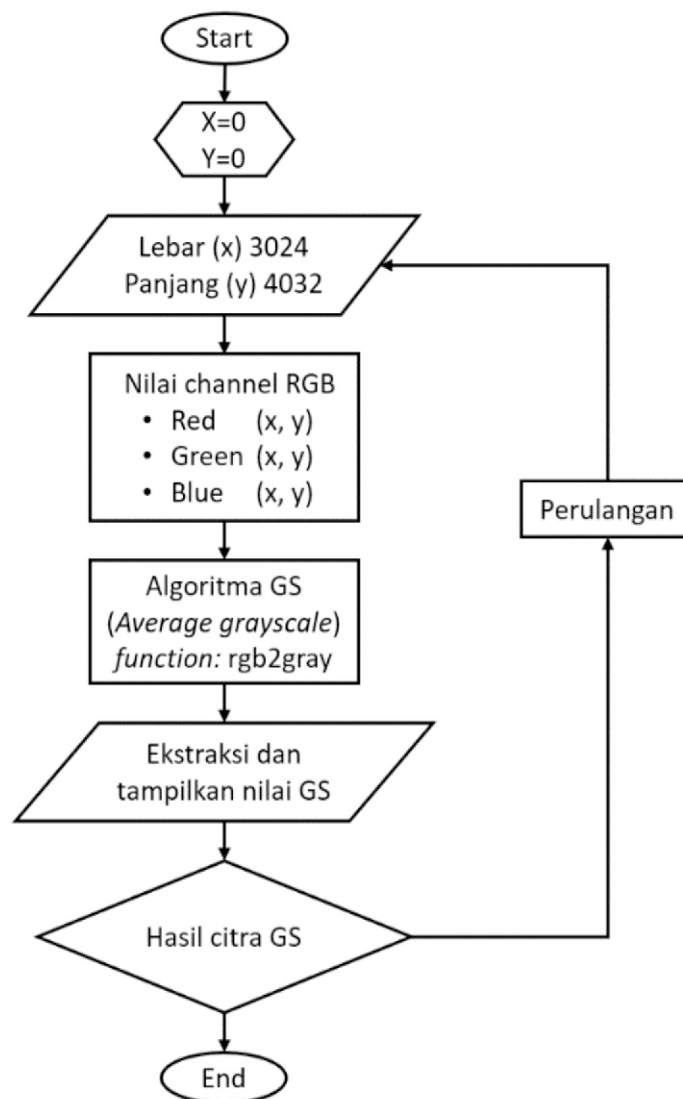


Gambar 2. Skema akuisisi citra TBS dengan kamera smartphone
Figure 2. TBS image acquisition scheme with smartphone camera

Sistem pengelolaan citra

Citra adalah fungsi dua dimensi $f(x, y)$, di mana x dan y adalah koordinat spasial atau bidang, dan amplitudo (f) pada setiap pasangan koordinat (x, y). Jika x , y dan nilai amplitudo f adalah besaran diskrit, maka disebut citra digital. Sebuah citra digital terdiri dari sejumlah elemen yang disebut piksel (px), yang masing-masing memiliki lokasi dan nilai sendiri. Skala keabuan (*grayscale*) adalah rentang warna abu-abu pada citra. Warna keabuan diwakili oleh

tingkat kecerahan dari tiga warna primer atau utama (merah, hijau dan biru) atau RGB yang ditransmisikan. *Flowchart pre-processing* yang ditunjukkan pada Gambar 3 menjelaskan tahapan citra RGB yang dipisahkan setiap channel dan di konversi kedalam bentuk keabuan (GS). Langkah perulangan pada *flowchart* menjelaskan bagaimana program secara terus menerus mendapatkan nilai RGB dan mengubahnya menjadi keabuan menggunakan algoritma GS.



Gambar 3. Flowchart pre-processing citra RGB dan citra grayscale
Figure 3. Pre-processing flowchart of RGB and grayscale images

Untuk studi ini, citra GS digunakan bersamaan dengan citra RGB untuk mengetahui sebaran nilai masing masing *channel* R, G, B dan GS. Selain itu, citra GS memiliki Keuntungan yang memungkinkan pengguna menghindari masalah yang berkaitan dengan *noise* dan *brightness* berlebihan pada citra (Y. A. Tan *et al.*, 2010). Pada sesi akusisi citra, pengambilan citra untuk setiap sampel diulang sebanyak tiga kali.

Nilai channel R, G, B dan GS pada citra TBS di ekstraksi dengan MATLAB R2021® (Math-works, Inc., USA) untuk mendapatkan nilai setiap channel dan mengetahui sebaran warna dalam bentuk histogram. Setelahnya setiap channel didapatkan nilai mean dan korelasi antar warna untuk semua citra TBS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemisahan channel citra RGB dan Konversi citra GS

Dari dataset 30 TBS didapati 90 citra RGB TBS dengan perlakuan yang sama untuk tiap TBS, kemudian setiap citra dalam bentuk RGB dipisahkan per channel (R, G, dan B) dimana R adalah *RED*, G adalah *GREEN*, dan B adalah *BLUE*, menggunakan persamaan;

$$[\text{Channel RED}]: \text{RGB} = (R \times 65536) + (G \times 256) + B \quad (1)$$

$$[\text{Channel GREEN}]: \text{RGB} = ((R \times 256) + G) \times 256 + B \quad (2)$$

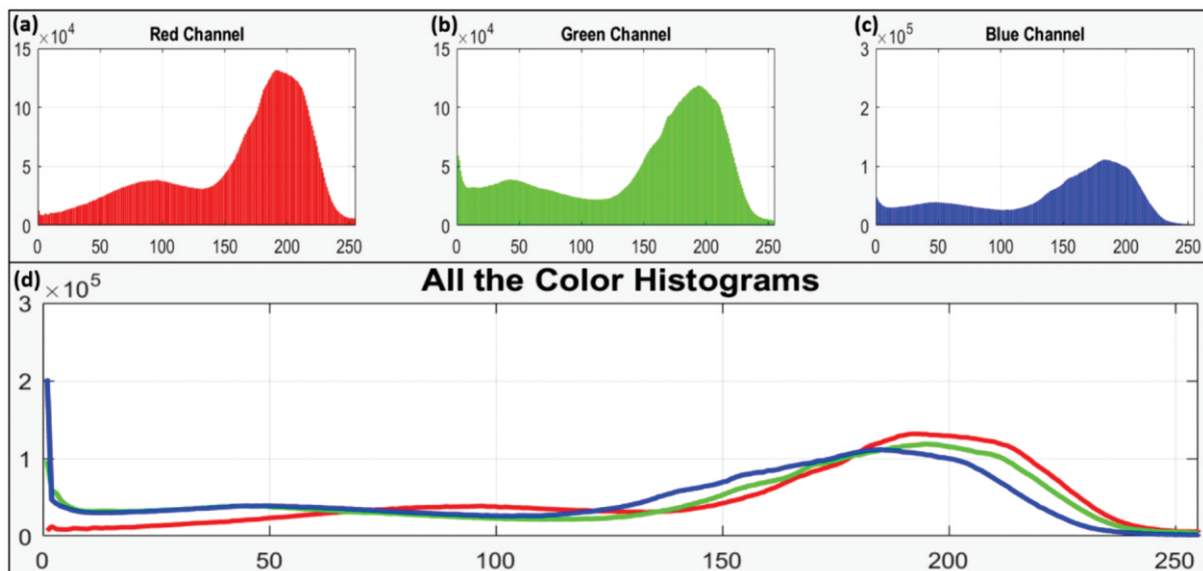
$$[\text{Channel BLUE}]: \text{RGB} = ((R \times 256) + G) \times 256 + B \quad (3)$$

Setelah mendapat nilai masing masing *channel* (R, G dan B) dari citra TBS, maka fungsi histogram pada MATLAB R2021 digunakan untuk melihat sebaran dan besaran nilai setiap *channel*, seperti pada gambar 4.

Setelah mendapat nilai setiap channel R, G, dan B, citra TBS di konversi menjadi citra GS menggunakan algoritma Average. Konversi menggunakan fungsi *rgb2gray* pada MATLAB R2021. Algoritma Average adalah perubahan tingkat intensitas terkecil pada citra TBS. Dinyatakan dalam 8 bit, 12 bit, dan 16 bit. Average GS ini menghasilkan padanan keabuan pada citra sangat baik dan mudah untuk diterapkan dan dioptimalkan. Persamaan yang digunakan untuk GS Average adalah sebagai berikut:

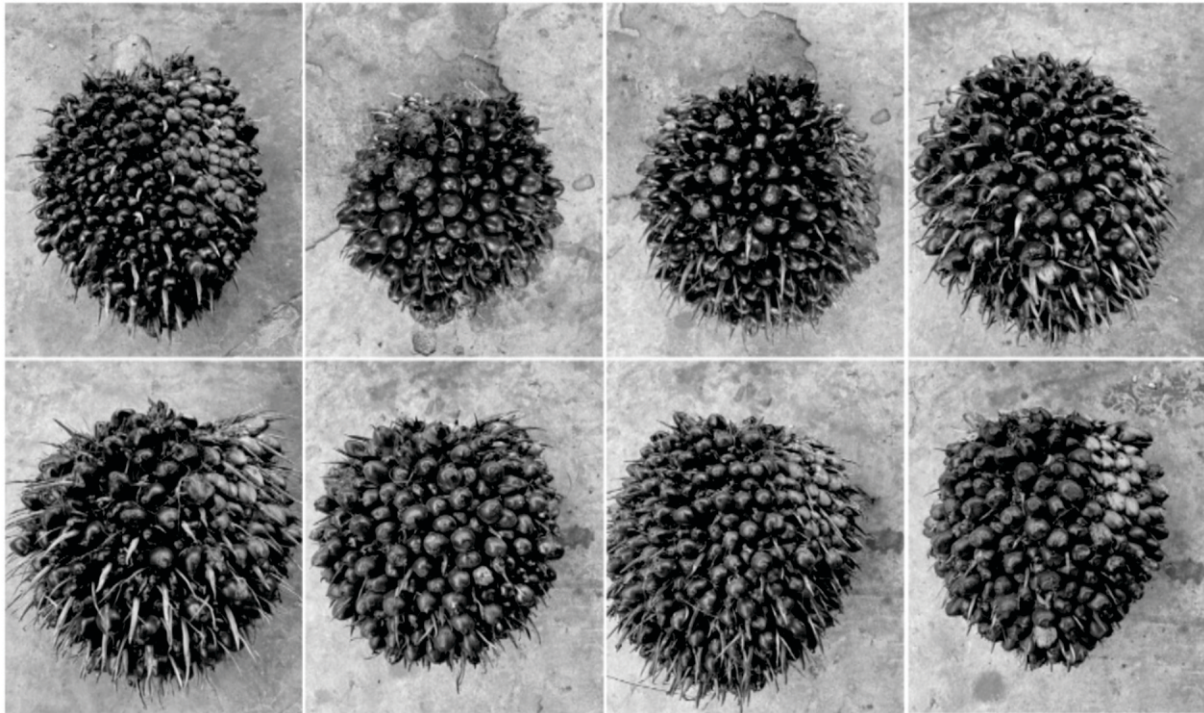
$$\text{Average GS} = (0.333 \times R) + (0.333 \times G) + (0.333 \times B) \quad (4)$$

Hasil konversi citra RGB menjadi Average GS (Gambar 5) menunjukkan *noise* pada citra, seperti tingkat *brightness* yang terlalu tinggi, dan pantulan cahaya pada buah dapat di netralisir dan dihilangkan.



Gambar 4. Tampilan histogram (a), (b), (c) dari masing masing channel R, G, B dan histogram (d) adalah gabungan dari keseluruhan channel

Figure 4. Histogram displayed (a), (b), (c) of R, G, B channels and (d) is a combination of all channels



Gambar 5. citra TBS dikonversikan menjadi citra GS dengan terapan algoritma Average
Figure 5. The FFB image converted to GS image by applying the Average algorithm

Nilai channel R, G, B dan GS

Setelah menyelesaikan tahapan pemisahan channel dan dikonversikan menjadi GS menggunakan algoritma *Average* pada citra TBS, maka nilai masing masing *channel* yang telah didapatkan diubah berdasarkan perhitungan *mean* atau rata-rata (Tabel 2) untuk memudahkan dalam melihat sebaran warna RGB dan GS pada setiap citra TBS yang berjumlah 30 citra.

Korelasi nilai R, G, B dan GS

Nilai sebaran tetap dalam bentuk *mean* setiap channel R, G, B dan GS yang telah didapatkan maka ditransformasikan kedalam bentuk *chart* (diagram) untuk melihat hubungan atau korelasi setiap warna antara *red*, *green*, *blue* dan GS seperti dibawah ini (Gambar 6).

Dari hasil korelasi nilai (R - GS), nilai (R - G), dan nilai (R - B) diketahui bahwa korelasi nilai R dan GS memiliki nilai tertinggi dengan $R^2 = 0.9569$. Nilai korelasi tertinggi kedua antara nilai R dan G dengan $R^2 = 0.9262$, sedangkan korelasi terendah dimiliki

oleh R dan B dengan $R^2 = 0.8626$.

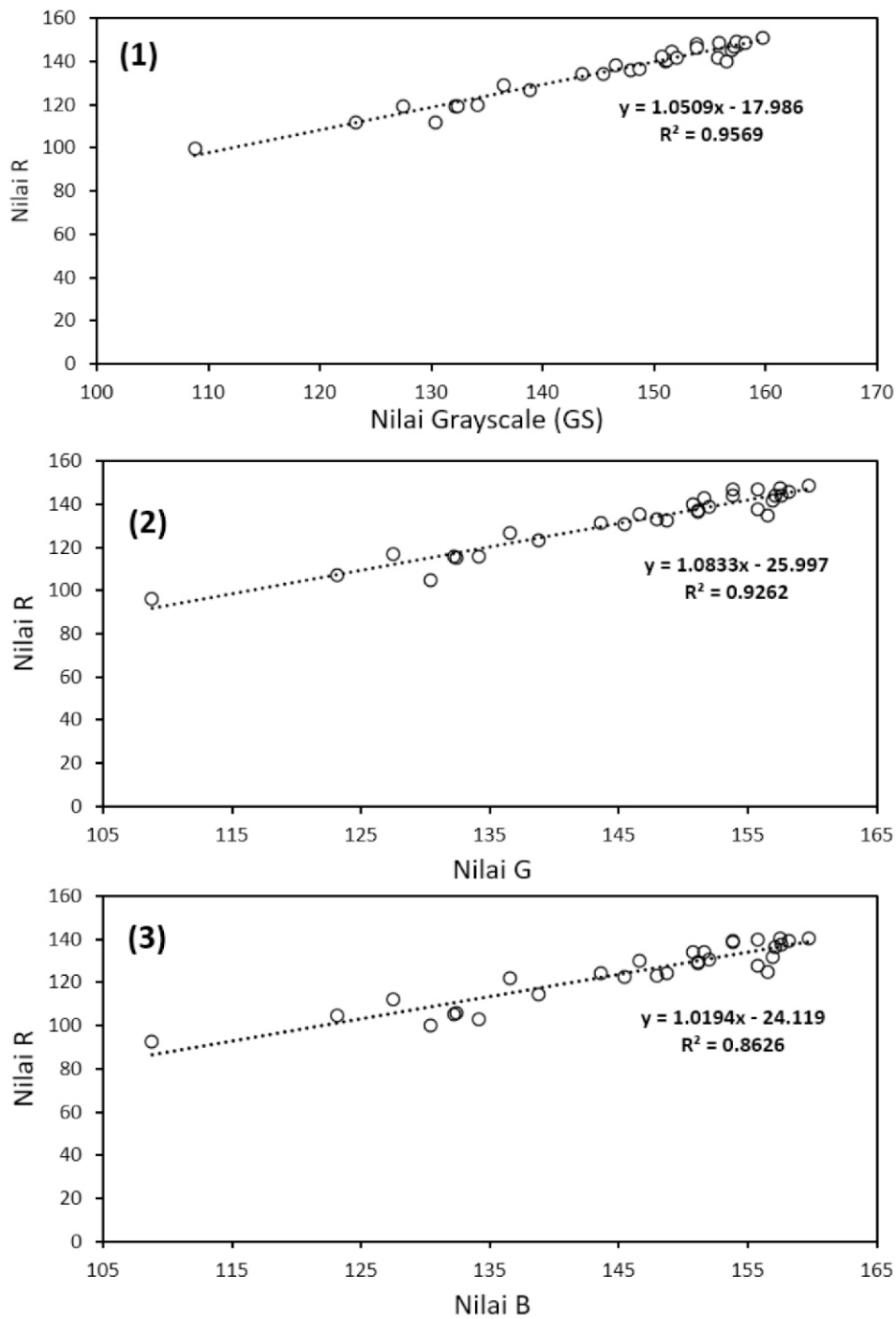
Pada *chart* korelasi (Gambar 6) didapati bahwa nilai *channel* R dan GS dari 30 citra TBS yang telah di ekstraksi dan diubah menjadi nilai *mean* per *channel* memiliki nilai korelasi tertinggi. Hasil studi ini mendapati nilai pada channel R dapat menjadi acuan untuk ketiga *channel* warna lainnya yaitu channel G, B dan GS, dimana nilai channel R akan berbanding lurus dengan *channel* warna yang lain, terutama dengan channel GS (terapan algoritma *Average*) yang menyesuaikan intensitas pada citra setelah dikonversikan. Untuk hasil korelasi nilai *channel* R dengan *channel* G dan B juga cukup baik namun berada dibawah nilai korelasi channel R dengan GS. Terutama nilai *channel* B yang terkesan fluktuatif menyebabkan nilai korelasi menjadi rendah dari pada *channel* warna lain, seperti terlihat pada Tabel 2.

KESIMPULAN

Studi ini dilakukan untuk mengetahui dan memodelkan korelasi antara nilai piksel RGB dan GS

Tabel 2. Nilai Mean untuk channel R, G, B dan GS pada 30 citra TBS
 Table 2. Mean values for R, G, B and GS channels on 30 FFB images

No TBS	Jarak (cm)	Mean RED	Mean GREEN	Mean Blue	Grayscale (GS)
1	30	136.552	126.499	122.142	129.019
2	30	143.561	131.409	124.053	134.192
3	30	153.880	146.734	139.179	147.992
4	30	138.818	123.087	114.463	126.812
5	30	147.925	132.834	122.868	136.212
6	30	159.734	148.403	140.445	150.882
7	30	157.554	144.223	137.442	147.439
8	30	155.761	137.553	127.599	141.858
9	30	156.936	141.786	131.665	145.160
10	30	156.547	134.698	124.870	140.110
11	30	151.099	136.722	129.052	140.145
12	30	151.658	142.946	134.121	144.540
13	30	157.158	144.097	136.570	147.146
14	30	148.739	132.339	124.165	136.313
15	30	151.149	137.248	129.551	140.527
16	30	146.594	135.492	130.107	138.191
17	30	150.726	139.954	134.126	142.512
18	30	157.465	147.218	140.415	149.514
19	30	145.449	130.569	122.727	134.124
20	30	153.843	144.116	138.766	146.405
21	30	152.012	138.705	130.859	141.786
22	30	158.196	145.429	139.184	148.532
23	30	155.811	147.034	139.665	148.808
24	30	132.205	115.907	105.042	119.541
25	30	108.800	96.002	92.625	99.447
26	30	123.197	106.970	104.495	111.543
27	30	134.141	115.874	103.012	119.870
28	30	132.383	114.889	105.699	119.077
29	30	127.471	116.839	111.921	119.458
30	30	130.399	104.856	100.248	111.973



Gambar. 6 Chart (1) menunjukkan korelasi nilai R dengan GS, chart (2) korelasi nilai R dengan G, dan (3) korelasi nilai R dengan B

Figure. 6 Chart (1) shows the correlation of R values with GS, chart (2) correlation of R values with G, and (3) correlation of R values with B



dari TBS kelapa sawit setelah mempertimbangkan pengaruh intensitas terhadap lingkungan sekitar. Studi ini dilakukan pada TBS yang dipilih dengan kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya. Faktor intensitas cahaya diruang terbuka telah memberikan efek pada citra TBS, untuk penyesuaian maka algoritma Average GS diterapkan sehingga nilai intensitas pada citra menjadi normal. Korelasi yang kuat dan sangat baik ditemukan antara nilai channel R dengan GS. Dimana hasil ini mendukung pernyataan Ait Errayess *et al.*, 2018; Ansari *et al.*, 2015; Winata *et al.*, 2021, bahwa nilai Red (*channel R*) pada citra RGB akan naik dan berbanding lurus dengan besarnya nilai intensitas pada citra tersebut. Hasil studi ini juga dapat menjadi inisial awal untuk mendeteksi tingkat kematangan dan memprediksi nilai *Oil Extraction Rate* (OER) berdasarkan citra RGB pada *smartphone* tanpa adanya pengaturan lingkungan (*controlling environment*) sebelumnya.

Saat ini, ini penelitian secara eksperimental terus dilakukan dan dikembangkan terhadap citra TBS dalam bentuk RGB dari TBS kelapa sawit dengan lebih banyak variasi, seperti umur tanam, analisa perbandingan dengan varietas lain, keadaan hara dan sebagainya. Karenanya dibutuhkan lebih banyak citra TBS untuk diakusisi dan dianalisa, kemudian di *record* untuk waktu dan besaran intensitasnya. Citra TBS konstan dan dengan perlakuan yang sama akan diambil secara berterusan untuk mendapatkan hubungan nilai piksel gambar dengan cahaya untuk citra di ruangan terbuka. Pengaturan *photographic* dan eksposur kamera *smartphone* juga akan terus dimaksimalkan sehingga semakin dapat beradaptasi dengan *brightness* dan intensitas lingkungan. Diharapkan korelasi dan persamaan yang kuat akan antara hubungan nilai citra TBS dengan intensitas pencahayaan lingkungan sekitar akan semakin berkembang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) atas dukungannya dalam melaksanakan studi ini. Studi ini juga adalah bagian dari penelitian yang didukung sepenuhnya oleh RISPRO LPDP. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada PT. Perkebunan Nusantara V, Riau karena telah memberikan kepercayaan untuk melakukan kegiatan pengambilan

sampel TBS di kebun Terantam yang merupakan kepemilikan dari PT. Perkebunan Nusantara V.

DAFTAR PUSTAKA

- Ait Errayess, S., Idrissi, L., & Amine, A. (2018). Smartphone-based colorimetric determination of sulfadiazine and sulfasalazine in pharmaceutical and veterinary formulations. *Instrumentation Science & Technology*, 46(6), 656–675.
- Ali, M. M., Hashim, N., & Hamid, A. S. A. (2020). Combination of laser-light backscattering imaging and computer vision for rapid determination of oil palm fresh fruit bunches maturity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169, 105235.
- Ansari, N., Lodha, A., Pandya, A., Sutariya, P. G., & Menon, S. K. (2015). Lab-on-phone citrate-capped silver nanosensor for lidocaine hydrochloride detection from a biological matrix. *Analytical Methods*, 7(21), 9084–9091.
- Fahmi, F., Trianda, D., Andayani, U., & Siregar, B. (2018). Image processing analysis of geospatial uav orthophotos for palm oil plantation monitoring. *Journal of Physics: Conference Series*, 978(1), 12064.
- Ishak, W. I. W., & Hudzari, R. M. (2010). Image based modeling for oil palm fruit maturity prediction. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2), 469–476.
- Jana, S., Parekh, R., & Sarkar, B. (2020). A De novo approach for automatic volume and mass estimation of fruits and vegetables. *Optik*, 200, 163443.
- Khaled, A. Y., Abd Aziz, S., Bejo, S. K., Nawi, N. M., & Seman, I. A. (2018). Spectral features selection and classification of oil palm leaves infected by Basal stem rot (BSR) disease using dielectric spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 144, 297–309.
- Makky, M., & Soni, P. (2014). In situ quality assessment of intact oil palm fresh fruit bunches using rapid portable non-contact and non-destructive approach. *Journal of Food Engineering*, 120, 248–259.

- Makky, M., & Soni, P. (2013). Development of an automatic grading machine for oil palm fresh fruits bunches (FFBs) based on machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 93, 129–139.
- Muhammad Makky. (2016). A Portable Low-cost Non-destructive Ripeness Inspection for Oil Palm FFB. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 230–240.
- Muhamad Saufi Mohd Kassim, Wan Ishak Wan Ismail, Abdul Rahman Ramli, Siti Khairunniza Bejo. (2014). Image Clustering Technique in Oil Palm Fresh Fruit Bunch (FFB) Growth Modeling, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 337-344.
- Palacios-Morillo, A., Jurado, J. M., Alcázar, A., & Pablos, F. (2016). Differentiation of Spanish paprika from Protected Designation of Origin based on color measurements and pattern recognition. *Food Control*, 62, 243–249.
- Pamornnak, B., Limsiroratana, S., Khaorapong, T., Chongcheawchamnan, M., & Ruckelshausen, A. (2017). An automatic and rapid system for grading palm bunch using a Kinect camera. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 227–237.
- Pérez-Zavala, R., Torres-Torriti, M., Cheein, F. A., & Troni, G. (2018). A pattern recognition strategy for visual grape bunch detection in vineyards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 136–149.
- Septiarini, A., Hamdani, H., Hatta, H. R., & Anwar, K. (2020). Automatic image segmentation of oil palm fruits by applying the contour-based approach. *Scientia Horticulturae*, 261, 108939.
- Septiarini, A., Sunyoto, A., Hamdani, H., Kasim, A. A., Utamingrum, F., & Hatta, H. R. (2021). Machine vision for the maturity classification of oil palm fresh fruit bunches based on color and texture features. *Scientia Horticulturae*, 286, 110245
- Setiawan, B. D., & Nur, Y. S. (2020). Motivasi, Permasalahan Dan Alternatif Solusi Program Siska (Sistem Integrasi Sapi Dan Kelapa Sawit) Di Kabupaten Pasaman Barat. *Buletin Ilmiah Nagari Membangun*, 3(2), 141–152.
- <http://buletinnagari.lppm.unand.ac.id/index.php/bln/article/view/205>
- Sharif, Z. B. M., Taib, N. B. M., Yusof, M. S. Bin, Rahim, M. Z. Bin, Tobi, A. L. B. M., & Othman, M. S. Bin. (2017). Study on handing process and quality degradation of oil palm fresh fruit bunches (FFB). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 203(1), 12027.
- Shiddiq, M., Fitmawati, Anjasmara, R., Sari, N., & Hefniati. (2017). Ripeness detection simulation of oil palm fruit bunches using laser-based imaging system. *AIP Conference Proceedings*, 1801(1), 50003.
- Sinambelaal, R., Mandang, T., Subrata, I. D. M., & Hermawan, W. (2020). Application of an inductive sensor system for identifying ripeness and forecasting harvest time of oil palm. *Scientia Horticulturae*, 265, 109231.
- Suharjito, et al. (2021). "Oil palm fresh fruit bunch ripeness classification on mobile devices using deep learning approaches." *Computers and Electronics in Agriculture* 188: 106359.
- Sunil kumar, K., & Babu, D.S. (2013). Surface color based prediction of oil content in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) fresh fruit bunch. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 564-569.
- Tan, K., Lee, W. S., Gan, H., & Wang, S. (2018). Recognising blueberry fruit of different maturity using histogram oriented gradients and colour features in outdoor scenes. *Biosystems Engineering*, 176, 59–72.
- Tan, Y. A., Low, K. W., Lee, C. K., & Low, K. S. (2010). Imaging technique for quantification of oil palm fruit ripeness and oil content. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(8), 838–843.
- Taparugssanagorn, A., Siwamogsatham, S., & Pomalaza-Ráez, C. (2015). A non-destructive oil palm ripeness recognition system using relative entropy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 340–349.
- Winata, H. N., Nasution, M. A., Ahamed, T., & Noguchi, R. (2021). Prediction of concentration for microalgae using image analysis. *Multimedia*

Tools and Applications, 80(6), 8541–8561.
<https://doi.org/10.1007/s11042-020-10052-y>
WINATA, H. N., NOGUCHI, R., TOFAEL, A., &
NASUTION, M. A. (2019). Prediction of

Microalgae Total Solid Concentration by Using
Image Pattern Technique. *Journal of the Japan
Institute of Energy*, 98(5), 73–84.
<https://doi.org/10.3775/jje.98.73>