

Membandingkan Kinerja Laser dan LED dalam Pencitraan Fluoresensi Buah Berondolan Kelapa Sawit

MINARNI SHIDDIQ DAN RIA FITRIANI

Laboratorium Fotonik, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Riau Jl. HR. Soebrantas km 12,5 Pekanbaru 28293

Intisari: Laser dioda (LD) dan dioda pemancar cahaya (LED) telah digunakan untuk sistem pencitraan fluoresensi karena harganya yang murah dan panjang gelombang yang bervariasi. Pencitraan fluoresensi saat ini telah dikembangkan sebagai sebuah metode non-destruktif untuk menentukan kualitas dari buah dan sayur. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sumber cahaya yang potensial digunakan dalam teknik pencitraan fluoresensi untuk penentuan kualitas tandan buah segar kelapa sawit. Sistem terdiri dari laser dioda 650 nm dan LED 680 nm, kamera CMOSmonokrom, lensa kamera dan filter warna. Filter digunakan untuk mendapatkan intensitas fluoresensi adalah filter jingga. Sampel adalah buah kelapa sawit jenis tenera dari lonsum dengan 4 tingkat kematangan yang ditentukan oleh petani yang berpengalaman. Tingkat kematangan terdiri dari mentah (f0), matang 1 (f1), matang 2 (f2), dan matang 3 (f3) sebanyak 3 sampel untuk setiap tingkat kematangan. Image dari buah kelapa sawit yang direkam dianalisa menggunakan software imageJ dan dibandingkan. Hasil menunjukkan bahwa intensitas fluoresensi paling tinggi yang ditunjukkan oleh gray value dari image adalah mentah (f0), matang 2 (f2), matang 3 (f3) dan matang 1 (f1) untuk kedua jenis sumber cahaya. Besarnya intensitas yang didapatkan menggunakan LD lebih tinggi untuk setiap fraksi yaitu 75.32 a.u untuk mentah (f0), 52.35 a.u untuk matang 1 (f1), 57.18 a.u untuk matang 2 (f2), dan 55.11 a.u untuk matang 3 (f3) daripada hasil dari LED yaitu 24.57 a.u untuk mentah (f0), 19.71 a.u untuk matang 1 (f1), 22.91 a.u untuk matang 2 (f2), 21.78 a.u. untuk matang 3 (f3). Ada dua alasan besarnya hasil intensitas dari menggunakan laser yaitu karena perbedaan panjang gelombang dan bentuk berkas keduanya.

Kata kunci: pencitraan fluoresensi, buah berondolan kelapa sawit, kematangan, laser dioda, LED

Abstract: Diode Lasers (LD) and light emitting diodes (LEDS) have been used for fluorescence imaging due to their low cost and wavelength varieties. The fluorescence Imaging has recently been developed as a non-destructive method for fruit and vegetable quality assessments. This research was aimed to study the potential use of both light sources in fluorescence imaging techniques for grading palm oil fresh fruit bunches in attempt to develop a laser based grading system. The system consisted of a 650 nm LD and a 680 nm LED with the same 5 mW output power. and a monochrome CMOS camera with a camera lens, and a color filter. The filter used to obtain the fluorescence intensity was an orange filter. The samples were Tenera varieties of lonsum loosed palm oil fresh fruits with 4 ripeness categories determined by an experienced harvester. The categories were underripe (f0), ripe 1 (f1), ripe 2 (f2) and ripe 3 (f3), each with 3 duplicates. The recorded images of the loosed fruits were analyzed using imageJ software, and further compared. The result showed that the highest fluorescence intensities represented by the gray values of the images were obtained from the underripe (f0) fruits, followed by the ripe 2 (f2), ripe 3 (f3), and, ripe 1 (f1) fruits, for both light sources. The intensity levels obtained using LD were higher by 75.32 a.u for underripe (f0), 52.35 a.u for ripe 1 (f1), 57.18 a.u for ripe 2 (f2), and 55.11 a.u for ripe 3 (f3) than those resulted from LEDS by 24.57 a.u for underripe (f0), 19.71 a.u for ripe 1 (f1), 22.91 a.u for ripe 2 (f2), 21.78 a.u. for ripe 3 (f3). There are two reasons for higher results obtained user laser, due to their differences in wavelength, and beam shape.

Keywords: fluorescence imaging, loosed-palm oil fruits, ripeness, diode laser, LED

Email: minarni@unri.ac.id, ria_fitriani04@yahoo.co.id

1 PENDAHULUAN

Fluorescence Imaging atau pencitraan fluoresensi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pencitraan atau *imaging techniques*. Metode ini merupakan pengembangan dari spektroskopi fluoresensi. Prinsip dari metode ini sama seperti spektrokopi fluoresensi yaitu menganalisa spektrum fluoresensi yang dihasilkan dari penyerapan cahaya

oleh materi pada panjang gelombang tertentu. Sistem pencitraan fluoresensi sederhana terdiri dari komponen-komponen optik seperti sumber cahaya pengeksitasi, sampel, dan kamera CCD/CMOS. Keluaran yang dihasilkan dari metode ini berupa *image* atau citra. Citra didapatkan dari hasil rekaman kamera CCD/CMOS. Kelebihan dari metode ini adalah *non destructive*, sederhana, ekonomis dan *portable*^[1].

Pencitraan fluoresensi telah banyak digunakan didalam bidang pertanian. Metode ini digunakan untuk mendeteksi penyakit tanaman, aktivitas fotosintesis, kerusakan buah dan menentukan kualitas buah dan sayur. Beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya mengamati perkembangan virus pada tanaman tembakau, dan memperkirakan indeks kandungan gula pada buah jeruk dengan *fluorescence imaging*. Chaerle (2007) menggunakan metode pencitraan fluoresensi untuk mengenali interaksi awal patogen terhadap tanaman. Penelitian ini menggunakan lampu neon sebagai sumber cahaya, daun tembakau yang disuntikan virus sebagai sampel dan kamera CCD beserta filter warna. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada hasil fluoresensi antara pengukuran fluoresensi pada awal pemberian virus dan setelah 50 jam^[2]. Liu (2007) menggunakan kandungan gula pada buah jeruk untuk memperkirakan kualitas dari buah. Laser dengan panjang gelombang 623 nm digunakan sebagai sumber pegeksitasi dan kandungan gula pada buah jeruk digunakan sebagai indikator yang dapat berinteraksi dengan sumber cahaya. Berdasarkan penelitian tersebut dihasilkan spektrum fluoresensi pada panjang gelombang 700-1000 nm. Penelitian tersebut menunjukkan panjang gelombang dari emisi cahaya berubah menjadi lebih panjang dari panjang gelombang sumber cahaya awal serta energinya berkurang^[3].

Sumber cahaya pegeksitasi yang biasa digunakan pada pencitraan fluoresensi adalah laser dan LED. Kedua jenis sumber cahaya ini mempunyai kelebihan dan kekurangan. LED dan laser sama-sama bersifat monokromatik. Hal yang membedakan keduanya terletak pada bandwidth kemonokromatisannya. Laser memiliki bandwidth yang lebih sempit sehingga lebih monokromatis dari LED. Sedangkan secara komersial LED lebih murah dibanding laser.

Kelapa sawit (*Elais Guineensis*) merupakan tanaman perkebunan yang telah menjadi komoditas penting di Indonesia. Hal ini dapat dilihat semakin banyaknya lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia dan peran aktif kelapa sawit sebagai penyumbang devisa Negara^[4]. Sebagai pengeksportir Indonesia dituntut untuk bersaing dalam memenuhi standar kualitas pasar Internasional. Untuk mendapatkan kualitas minyak yang maksimal tingkat kematangan harus diperhatikan dalam tahap pemanenan dan penyortiran buah.

Kematangan buah saat panen merupakan faktor yang sangat penting. Secara umum kematangan dapat diartikan keadaan dimana buah telah berkembang sepenuhnya dan siap untuk dikonsumsi. Pemanenan pada buah belum matang dapat menye-

babkan terjadi kerusakan mekanis pada buah, pengkerutan pada buah, serta rendahnya kualitas buah sedangkan pemanenan yang dilakukan saat buah lewat matang menyebabkan hambarnya rasa buah dan cacat pada buah^[5]. Untuk buah kelapa sawit kematangan terjadi saat minyak yang terkandung didalam buah maksimum dan kandungan asam lemak bebas berada pada keadaan minimum. Hal tersebut dapat dilihat dari kulit buah yang berwarna jingga kemerahan. Asam lemak bebas merupakan kandungan yang dapat menurunkan kualitas dari minyak CPO yang dihasilkan. Perubahan warna pada kulit buah disebabkan kandungan minyak trigliserol dan zat warna atau pigmen yang dikenal dengan flavonoid dan antosianin yang ada pada buah kelapa sawit. Flavonoid dan antosianin akan berkurang dan hilang seiring kematangan buah sementara komponen minyak trigliserol akan bertambah. Pengurangan zat warna dan bertambahnya kandungan minyak tersebut akan mempengaruhi warna dari kulit buah. Kulit buah yang awalnya berwarna ungu kehitaman menjadi jingga kemerahan saat matang dan merah kehitaman saat busuk^[6].

Penentuan kematangan buah kelapa sawit dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara tradisional dan modern. Secara tradisional petani Indonesia menentukan kematangan buah kelapa sawit dengan mengamati beberapa hal antara lain warna kulit dari buah, perhitungan umur mulai dari awal munculnya buah dan banyaknya buah berondolan yang terlepas dari tandan. Berdasarkan jumlah berondolan yang lepas dari tandannya kematangan kelapa sawit dibagi menjadi 7 yaitu fraksi 00, fraksi 0, fraksi 1, fraksi 2, fraksi 3, fraksi 4, dan fraksi 5^[7]. Fraksi 2 dan 3 merupakan tandan yang akan diolah dipabrik. Permasalahannya, penentuan kematangan dengan cara tersebut bersifat subjektif dan tidak akurat serta membutuhkan pemanen yang berpengalaman untuk melakukannya. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan alat untuk menentukan kematangan buah kelapa sawit secara otomatis, akurat, cepat, dan efisien.

Penentuan kematangan buah kelapa sawit secara modern sedang dikembangkan. Salah satunya menggunakan *computer vision*. *Computer vision* merupakan ilmu dan teknologi mesin yang mampu mengekstrak dan menganalisis informasi secara otomatis dari suatu *image* atau citra^[8]. *Fluorescence imaging* dapat dikatakan gabungan dari metode spektroskopi non-destruktif dan sistem komputer. Kandungan zat warna pada buah dapat dijadikan faktor dalam menentukan kematangan buah. Zat warna pada buah dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu^[9]. Semakin banyak zat

warna dalam buah maka semakin banyak cahaya yang terserap. Penyerapan energi oleh zat warna akan menyebabkan molekul tereksitasi dan memancarkan foton dengan panjang gelombang yang lebih panjang dan energi yang lebih kecil. Proses tersebut dinamakan fluoresensi. Penelitian ini merupakan studi awal untuk melihat hubungan antara intensitas fluoresensi, panjang gelombang yang dominan untuk setiap kematangan yang berskala lab.

2 KAJIAN LITERATUR

Sumber Cahaya

Jenis dari sumber cahaya disesuaikan dengan panjang gelombang objek yang dieksitasi. Sumber cahaya yang digunakan dalam interaksi dengan materi adalah lampu, laser dan LED. ketiga sumber cahaya ini memiliki karakteristik yang berbeda. Lampu merupakan sumber cahaya yang jarang digunakan dalam pencitraan fluoresensi karena bersifat polikromatik dan mudah panas sehingga kurang efektif. Selain itu lampu memiliki daya yang paling kecil diantara kedua sumber cahaya lain meskipun daya yang diberikan sama. Lampu yang sering digunakan dalam pencitraan fluoresensi adalah lampu neon dan halogen.

Laser dihasilkan dari proses relaksasi elektron. Sinar laser terbentuk dari proses pemompaan. Pemompaan tersebut menyebabkan elektron pada keadaan dasar mendapat energi sebesar $h\nu = (E_2 - E_1)$ sehingga elektron tereksitasi ke level S1 atau S2. Peristiwa ini disebut absorpsi. Elektron yang berada pada level S1 atau S2 berada pada keadaan tidak stabil dan selalu berusaha untuk kembali ke keadaan semula dengan cara memancarkan foton. Peristiwa ini dikenal dengan emisi. Emisi terdiri dari dua yaitu emisi spontan dan emisi terstimulasi. Emisi spontan terjadi ketika elektron pada keadaan eksitasi kembali ke keadaan semula dengan memancarkan foton. Sedangkan emisi terstimulasi terjadi ketika elektron pada keadaan eksitasi kembali ke keadaan semula setelah dipicu oleh energi lain yang besar, arah dan fasanya sama dengan foton awal sehingga elektron memancarkan cahaya (foton). Cahaya yang dipancarkan elektron tersebut akan terus beresilasi pada permukaan kedua cermin di medium laser. Pemantulan tersebut menyebabkan cahaya akan menyinari elektron-elektron tetangganya sehingga terjadi eksitasi terus menerus yang dinamakan inversi populasi. Peristiwa tersebut akan terus berlangsung hingga laser menerobos bagian cermin dengan reflektansi 80%. Laser memiliki memiliki sifat yang berbeda dari kedua sumber cahaya lain. sinar laser bersifat monokromatis, koheren, searah dan cerah.

Akan tetapi secara komersial laser merupakan sumber cahaya yang paling mahal diantara sumber cahaya lain^[10].

LED merupakan dioda yang bisa memancarkan cahaya. Cahaya yang dipancarkan ini bersifat monokromatik dan tidak koheren. Seperti dioda lainnya LED terbuat dari bahan semikonduktor sambungan tipe p dan tipe n. LED akan memancarkan cahaya ketika diberi bias maju dari anoda ke katoda. Pemberian arus listrik menyebabkan elektron pada semikonduktor tipe-n berpindah ke daerah dengan kelebihan hole yaitu daerah bermuatan positif pada semikonduktor p. Elektron yang bergabung kembali dengan hole kemudian akan memancarkan cahaya. LED memiliki tegangan maksimum. Jika tegangan yang diberikan melebihi tegangan maksimum akan menyebabkan LED rusak. Menurut Schubert (2006) selisih energi gap antara bahan semikonduktor yang digunakan mempengaruhi warna atau panjang gelombang cahaya yang diemisikan banyaknya jenis bahan semikonduktor yang tersedia saat ini menjadikan LED mampu memancarkan cahaya monokromatis dari semua panjang gelombang. LED merupakan sumber cahaya yang paling sering digunakan dalam pencitraan fluoresensi karena harganya murah, tersedia secara komersial, tahan terhadap panas karena tidak menggunakan filament, umurnya panjang dan tahan terhadap guncangan^[11].

Fluorescence Imaging

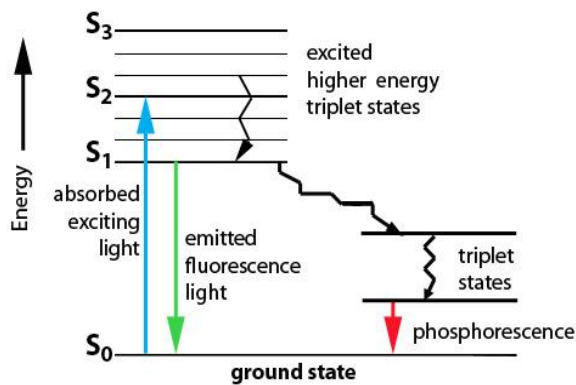
Fluorescence imaging atau Pencitraan Fluoresensi merupakan pengembangan dari spektroskopi fluoresensi. Keuntungan dari pencitraan fluoresensi adalah tidak perlu merusak sampel, sensitifitas tinggi, ekonomis, cepat dan mudah dibawa atau portable.

Ketika suatu cahaya berinteraksi dengan suatu materi ada beberapa proses yang dapat terjadi seperti pemantulan, hamburan, penyerapan, fluoresensi atau fosforesensi (peristiwa yang terjadi akibat proses penyerapan dan pengemisian kembali) dan reaksi fotokimia. Cahaya merupakan suatu bentuk energi, ketika suatu cahaya diserap oleh materi maka energi dari molekul atau atom meningkat. Secara umum energi dari suatu molekul tersebut merupakan total dari energi elektronik, energi vibrasi dan energi rotasi. Untuk molekul level energi vibrasi dan rotasi menunjukkan ukuran komperatif untuk level energi elektronik.

Prinsip kerja Pencitraan Fluoresensi

Fluoresensi adalah proses pemancaran radiasi cahaya oleh materi setelah tereksitasi oleh berkas cahaya berenergi tinggi. Apabila cahaya mengenai

suatu molekul atau atom maka atom tersebut akan menyerap radiasi elektromagnetik sebesar $h\nu = (E_2 - E_1)$ dan tereksitasi ke tingkat lebih tinggi (S_1 atau S_2). Atom yang tereksitasi ini berada pada keadaan tidak stabil dan berusaha untuk kembali ke keadaan semula. Hal tersebut menyebabkan atom secara instan berelaksasi setelah melewati waktu hidempnya selama 10^{-9} s dengan caramelepaskan energi berupa cahaya hingga kembali ke keadaan dasar. Fluoresensi merupakan proses perpindahan tingkat energi dari keadaan atom tereksitasi (S_1 atau S_2) menuju keadaan stabil (*ground states*) yang ditunjukkan pada diagram Jablonski pada Gambar 1^[12].



Gambar 1. Proses absorpsi dan emisi fluoresensi pada energi level Jablonski (Haryanto, 2008)

Selain mengalami fluoresensi atom atau molekul juga mengalami proses fosforesensi. Pada dasarnya fluoresensi dan fosforesensi memiliki proses yang sama yaitu melepaskan energi berupa cahaya dan kembali ke keadaan dasar. Namun, fosforesensi terjadi dalam waktu relatif lebih lama yaitu 10^{-3} sekon. Fosforesensi ditunjukkan dengan perpindahan antar sistem

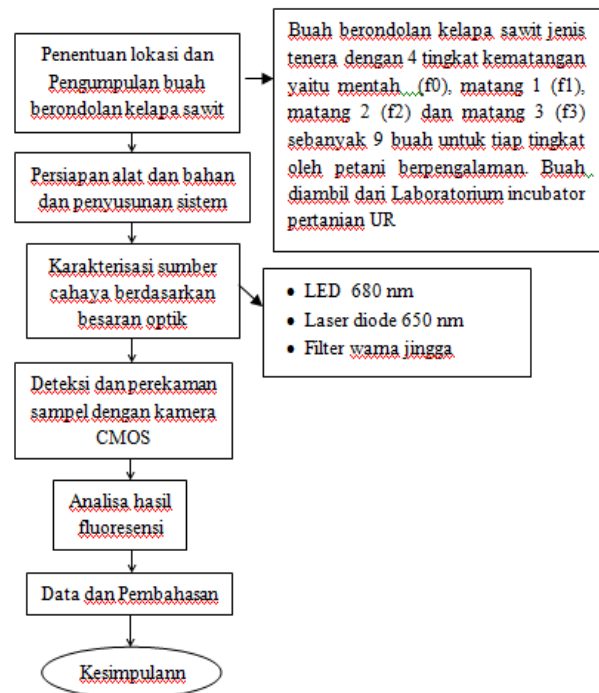
(ISC) yang terjadi sebelum transisi atom atau molekul dari S_1 ke S_0 . Setelah melewati 10^{-3} s fosforesensi akan mengemisikan cahaya dengan energi yang lebih rendah dan panjang gelombang yang lebih panjang.

3 METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini sebuah sistem optik *fluorescence imaging* dibangun bersama sistem komputer. Sistem optik terdiri dari komponen-komponen optik seperti sumber cahaya pengekstiasi, kamera CMOS monokrom, kamera CMOS RGB, lensa kamera dan filter warna jingga. Sumber cahaya pengekstiasi yang digunakan adalah LED merah 680 nm dan laser dioda merah 650 nm dengan daya 5 mW. Posisi kamera dan sampel tegak lurus terhadap posisi kamera dan sumber cahaya. Jarak kamera ke sampel adalah 30

cm, jarak antara LD dan LED ke kamera adalah 17,2 cm dan 10,0 cm, sudut antara laser dan sampel yaitu 30° sedangkan sudut antara LED dan sampel adalah 18° , apertur pada lensa kamera dan daya laser serta LED dijaga tetap sehingga besar berkas pada sampel dan gambar (*image*) memiliki ukuran yang sama. Ukuran berkas LD dan LED adalah 1,3 cm dan 14,5 cm. Daya LD dan LED yang sampai pada sampel yaitu sebesar $0,03 \mu\text{W}$ dan $0,17 \mu\text{W}$.

Sedangkan sistem komputer terdiri dari program ToupView, UC480Viewer, dan ImageJ. Sampel yang digunakan adalah buah kelapa sawit jenis tenera dari varietas lonsum yang diambil dari laboratorium inkubator pertanian Universitas Riau. Sampel terdiri dari buah kelapa sawit dengan 4 tingkat kematangan yaitu mentah (f_0), matang 1 (f_1), matang 2 (f_2) dan matang 3 (f_3) sebanyak 3 sampel untuk setiap tingkat kematangan. Semua sampel buah kelapa sawit yang diambil berasal dari lapisan luar tandan buah segar (TBS) yang mewakili bagian pangkal, tengah dan ujung tandan.



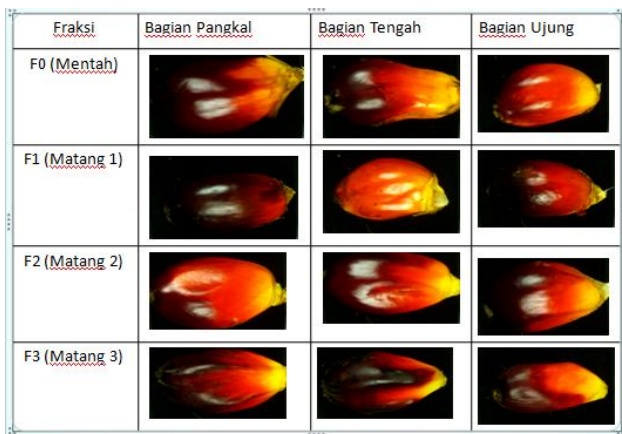
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian seperti Gambar 2 dimulai tahap pertama adalah Penentuan lokasi pencarian buah kelapa sawit dan pengumpulan buah kelapa sawit. Pengumpulan buah kelapa sawit untuk 4 tingkat kematangan tersebut akan dilakukan oleh petani yang berpengalaman. Masing-masing tingkat terdiri dari 3 buah untuk setiap tingkat kematangan. Sampel buah kelapa sawit diambil dari inkubator pertanian UR. Tahap kedua adalah persiapan dan peraki-

tan alat sistem pencitraan fluoresensi. Selanjutnya pengkarakterisasian sumber cahaya. Sumber cahaya yang digunakan yaitu LED 680nm dan laser diode 650 nm . Setelah alat dan bahan telah siap deteksi sampel dimulai. Tahap keempat hasil spektrum gambar dari fluoresensi yang melewati filter warna direkam oleh kamera CMOS monokrom dan ditransfer ke komputer untuk diolah menggunakan program software imageJ. Program software imageJ akan menganalisa tingkat keabu-abuan atau *Gray value* dari *image* yang direkam dan menampilkan grafik intensitas terhadap pixel.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

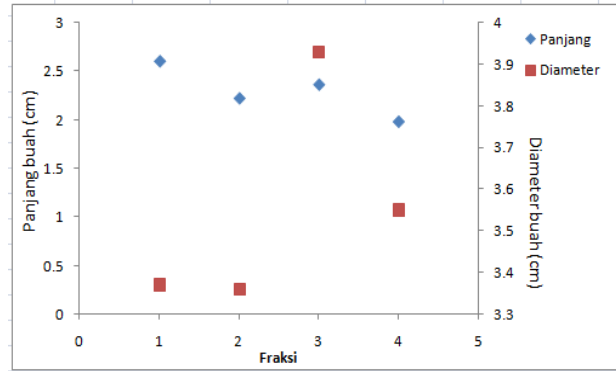
Gambar 3 menampilkan sampel buah kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian. Buah kelapa sawit diambil dari 3 lokasi bagian lapisan luar dari tandan buah segar yang mewakili bagian pangkal, tengah dan ujung dari tandan.



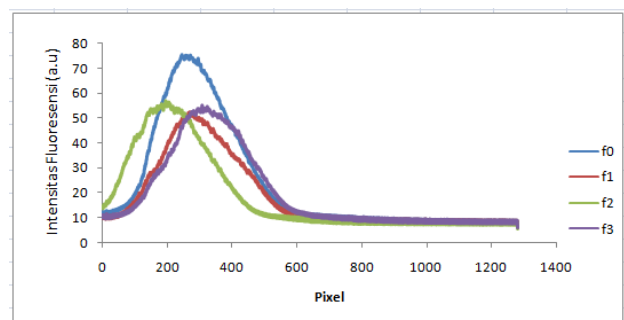
Gambar 3. Gambar RGB dari buah kelapa sawit dari lapisan luar tandan buah segar (TBS)

Gambar 4 menunjukkan variasi panjang dan diametersampel yang digunakan. Untuk Fraksi 2 panjang dan diameter lebih besar dari fraksi yang lain.

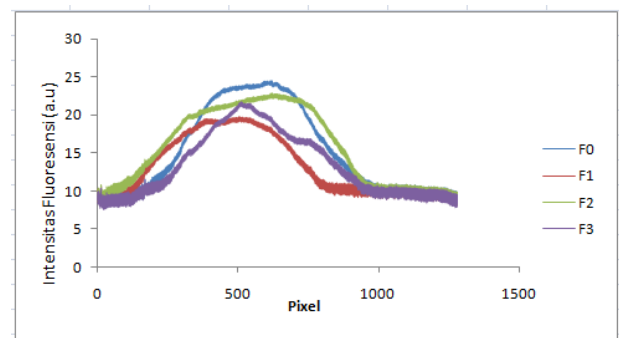
Gambar 5 memperlihatkan hubungan antara besarnya intensitas fluoresensi terhadap setiap tingkat kematangan buah kelapa sawit untuk sumber cahaya laser maupun LED yang diolah menggunakan program ImageJ. Grafik menunjukkan bahwa intensitas untuk tiap kematangan yang didapatkan dari yang paling tinggi ke rendah untuk kedua jenis sumber cahaya pengeksitasi adalah sama yaitu mentah (f0), matang 2 (f2), matang 3 (f3) dan matang 1(f1).



Gambar 4. diameter dan panjang buah untuk setiap fraksi



(a)

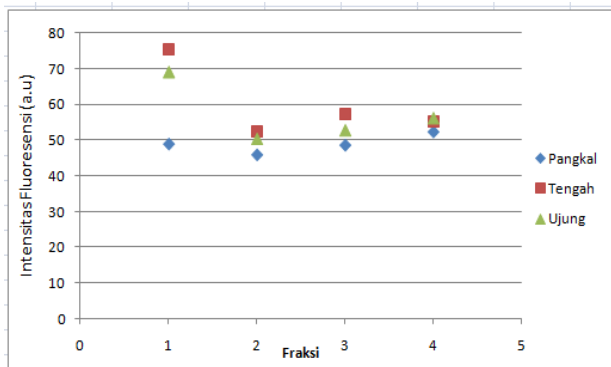


(b)

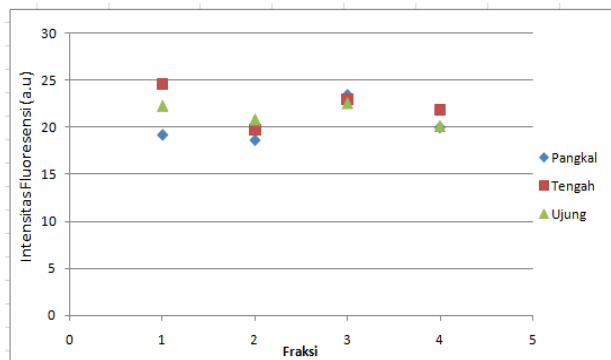
Gambar 5. Hubungan intensitas fluoresensi terhadap setiap tingkat kematangan buah kelapa sawit untuk sumber cahaya (a)Laser (b) LED.

Hal ini disebabkan oleh kandungan zat warna yang dijadikan sebagai indikator agar terjadinya penyerapan cahaya oleh materi akan berkurang dan berganti dengan minyak seiring dengan kematangan buah. Oleh sebab itu atom atau molekul dalam zat warna akan banyak menyerap energi.

Gambar 6 menunjukkan intensitas fluoresensi yang dihasilkan setiap fraksi buah kelapa sawit berdasarkan lokasi pengambilan buah dengan menggunakan laser dan LED sebagai sumber cahaya.



(a)



(b)

Gambar 6. Hubungan intensitas fluoresensi terhadap setiap tingkat kematangan buah kelapa sawit pada setiap lokasi pengambilan buah untuk sumber cahaya (a) Laser (b) LED

Berdasarkan gambar yang ditunjukkan pada bagian a terlihat bahwa intensitas fluoresensi tertinggi yang dihasilkan oleh buah bagian tengah untuk semua fraksi berturut-turut 75.32 a.u, 52.35 a.u, 57.18 a.u, dan 55.11 a.u. untuk intensitas fluoresensi terendah dihasilkan oleh buah bagian pangkal untuk setiap fraksi berturut-turut 48.91 a.u, 45.97 a.u, 48.58 dan 52.22 a.u. Berdasarkan gambar yang ditunjukkan pada bagian b terlihat bahwa intensitas fluoresensi tertinggi yang dihasilkan berbeda-beda untuk tiap fraksi dan lokasi buah. Intensitas fluoresensi tertinggi dihasilkan oleh buah bagian tengah pada fraksi 0 sebesar 24.57 a.u dan paling rendah ditunjukkan oleh fraksi 1 pada lokasi buah bagian pangkal 18.64 a.u. Perbedaan intensitas fluoresensi pada laser dan LED dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu panjang gelombang yang berbeda antara laser dan LED, intensitas dari sumber cahaya dimana semakin tinggi intensitas sumber cahaya penginduksi maka akan semakin tinggi pula intensitas fluoresensi yang dihasilkan, dan perbedaan kualitas berkas yang terbentuk dari laser dan LED. LED bersifat tidak koheren sehingga berkas menjadi lebar dan terdapat ruang kosong pada bagian tengah berkas LED yang menyebabkan kurang

efektifnya cahaya yang mengenai permukaan buah sedangkan laser memiliki kualitas berkas yang lebih bagus karena sifat-sifat khusus yang dimiliki laser. Selain itu perbedaan intensitas juga dapat terjadi karena faktor bentuk dari buah kelapa sawit yang tidak rata dan kecerahan warna buah.

5 KESIMPULAN

Sistem pencitraan fluoresensi telah berhasil dibangun. Tingkat intensitas fluoresensi tergantung pada jenis sumber cahaya dan tingkat kematangan dari buah. Intensitas yang dihasilkan dari penggunaan laser lebih tinggi dibandingkan LED. Perbedaan ini disebabkan oleh kecerahan warna dan karakteristik serta bentuk berkas dari kedua jenis sumber cahaya yang berbeda. Laser memiliki sifat khusus yang tidak dimiliki oleh sumber cahaya lain. Selain lebih monokromatis laser juga bersifat koheren sehingga kualitas berkas yang dihasilkan lebih tinggi. Berdasarkan data yang diolah menggunakan program ImageJ besarnya intensitas yang didapatkan menggunakan LD lebih tinggi untuk setiap fraksi yaitu 75.32 a.u untuk mentah (f0), 52.35 a.u untuk matang 1 (f1), 57.18 a.u untuk matang 2 (f2), dan 55.11 a.u untuk matang 3 (f3) daripada hasil dari LED yaitu 24.57 a.u untuk mentah (f0), 19.71 a.u untuk matang 1 (f1), 22.91 a.u untuk matang 2 (f2), 21.78 a.u. untuk matang 3 (f3).

REFERENSI

- [1] Sankaran, S., A. Mishra, R. Ehsani, C. Davis. 2010. *A Review of Advanced Techniques for Detecting Plant Diseases*. Computers and Electronics in Agriculture 72: 1-13
- [2] Chaerle, L., Lenk, S., Hagenbeek, D., Buschmann, C., Van Der Straeten, D. 2007. *Multicolor fluorescence imaging for early detection of the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus*. Journal of Plant Physiology 164 (3): 253-262.
- [3] Liu, M., S. Hu, H. Lin, E. Guo. 2007. *Hyperspectral Laser-Induced Fluorescence Imaging for Non-Destructive Assessing Soluble Solid Content of Orange*. CCTA 1 :51-59
- [4] Nuryanti, Sri. 2008. *Nilai Strategis Industri Kelapa Sawit*. Jurnal Pusat Analisa Sosial Ekonomi dan Kebijakan, Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
- [5] Abdellahhalimi., A. Roukhe, B. Abdenabi, N. E. Barbri. 2013. *Sorting Dates Fruit Bunches Based on Their Maturity Using Camera Sensor System*. JATIT 56:324-337
- [6] Harun, N. H., N. Misron, R. M. Sidek, I. Aris, D. Ahmad, H. Wakiwaka, K. Tashiro. 2013. *Investigations on a Novel Inductive Concept Frequency Technique for the grading of Oil Palm Fresh Fruit Bunches*. Sensors 13:2254-2266

- [7] BACP.2014.*Petunjuk Praktis: Budidaya Kelapa Sawit Ramah Lingkungan untuk Petani Kecil*. BACP-PanEco Booklet, www.ifc.org. Diakses pada tanggal 29 Oktober 2015
- [8] Brosnan, T.D.W.Sun.2004. *Improving Quality Inspection of Food Products by Computer Vision A-Review*. J.Food Eng. 61 : 3-16
- [9] Hazir, M.H.M,A.R.M. Shariff, M.D. Amiruddin. 2012. *Determination of oil palm fresh fruit bunch ripeness- Based on flavonoids and antochyanin content*. Industrial crops and product.36 :466-475
- [10] Svelto Orazio.Principle of Laser 5th edition.2010.Springer New York Dordrecht Heidelberg London
- [11] Schubert, E.F.2006. Light Emitting Diode second Edition. Cambridge
- [12] Haryanto. 2008. Probe Optik Untuk Mengukur Konsentrasi Fitoplankton, Studi Kasus Scenedesmus Sp. Skripsi Fakultas Teknik Elektro UI _____