

Sistem Sensor Estimasi Tingkat Kematangan Buah Stroberi Berdasarkan Kecerahan Warna Merah

Darmawan Hidayat¹, Bambang Mukti Wibawa², Setianto³, Nendi Suhendi Syafei⁴,
Arif Choerudin Suanda⁵

^{1,2,4}Departemen Teknik Elektro, Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21, Jatinangor 45363, Jawa Barat, Indonesia

^{3,5}Departemen Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21, Jatinangor 45363, Jawa Barat, Indonesia
darmawan.hidayat@unpad.ac.id

Abstrak

Seleksi tingkat kematangan pada buah stroberi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitasnya. Tingkat kematangan dalam panen merupakan faktor paling penting yang menentukan kualitas buah. Stroberi yang telah matang optimal memiliki banyak kandungan nutrisi. Sensor tingkat kematangan stroberi telah dibuat berdasarkan kecerahan warna merah pada permukaan kulit stroberi. Sistem sensor dirancang dengan menggunakan *Light Dependent Resistor* (LDR) sebagai sensor intensitas cahaya dan *Light Emitting Diode* (LED) sebagai sumber cahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kematangan stroberi dengan menggunakan tiga derajat warna merah, yaitu *light-red*, *fresh-red* dan *black-red* untuk membedakan tingkat kematangan buah stroberi. Nilai tingkat kematangan untuk *light-red* 671,2, *fresh-red* 709,05 dan *black-red* 777,5. Hasil menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi tingkat kematangan stroberi dengan presisi 93,3%. Dengan demikian, sensor tingkat kematangan stroberi dapat direalisasikan.

Kata kunci: stroberi, tingkat kematangan, *light-red*, *fresh-red*, *black-red*

Abstract

To improve the quality of harvest product, maturity detection is needed. Maturity is the most important factor that determines final fruit quality. Strawberry with fully ripe has lots of nutrition. Maturity sensor has been set up based on light intensity using Light Dependent Resistor (LDR) as light intensity detector and Light Emitting Diode (LED) an illumination source. This study has aim to measure strawberry maturity. With three degree from light-red, fresh-red and black-red to distinguish strawberry maturity. The maturity value for light-red is 671.2, fresh-red is 709.05 and black-red is 777.5. The results show that maturity detecting sensor has precision ration 93.3%. Therefore, strawberry maturity sensor can be realized.

Keywords: *strawberry, maturity, light-red, fresh-red, black-red*

I. PENDAHULUAN

Teknologi pertanian yang semakin tinggi memungkinkan untuk menggantikan peran manusia dalam melakukan rutinitas menanam, memberi pupuk, memanen dan melakukan kendali kualitas panen. Kendali kualitas panen pada dasarnya dilakukan oleh manusia untuk meningkatkan nilai mutu produksi. Penilaian standarisasi yang berbeda-beda disetiap individu memungkinkan timbulnya *error* atau kesalahan [1]. Dengan demikian, dibutuhkan suatu sistem instrumentasi yang mampu

memperkecil kemungkinan *error* yang terjadi saat melakukan penilaian.

Kematangan merupakan parameter utama dalam proses sortir dan panen produk pertanian terutama buah-buahan. Perbedaan kematangan dapat memberikan perbedaan pada tampilan sifat permukaan sehingga dapat ditangkap oleh mesin penglihat (*machine vision*). Dengan prinsip ini, kematangan dapat diukur oleh mesin dan digunakan untuk keperluan sorting dan panen [2][3]. Beberapa penelitian menggunakan sifat optik permukaan untuk mengidentifikasi kematangan. Namun begitu,

tidak banyak penelitian yang melaporkan kematangan dari intensitas pantulan cahaya [4][5].

Stroberi (*Fragaria×ananassa Duch.*) adalah salah satu buah populer di Indonesia yang kerap dikonsumsi dalam bentuk segar maupun olahan. Seiring permintaan pasar, baik dalam dan luar negeri, sentra perkebunan buah Stroberi semakin banyak. Untuk kebutuhan standar kualitas mutu, diperlukan sistem otomatisasi yang dapat mengukur tingkat kematangan buah tanpa merusak. Terdapat sedikit penelitian yang mengkaji kematangan buah Stroberi dengan sistem tak-merusak berdasarkan sifat optik permukaan buah [6][7][8][9].

Salah satu teknik pengukuran kematangan berdasarkan sifat optik permukaan dapat dilakukan dengan sistem instrumentasi pantul-terima cahaya [10][11]. Makalah ini melaporkan penelitian rancang bangun sistem instrumentasi untuk estimasi kematangan buah Stroberi berdasarkan tingkat kecerahan warna merah permukaan buah. Sistem ini dibangun dari tiga komponen utama yaitu (i) sumber cahaya (LED), (ii) sensor penerima (LDR) dan (iii) pengontrol (mikrokontroler). Kecerahan warna merah permukaan buah diasumsikan merupakan fungsi dari kematangan. Tingkat kecerahan warna merah diukur dan dinyatakan dalam besaran digital sebagai representasi tingkat kematangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pekerjaan X. Liming dan Z. Yanchao (2008) melaporkan sistem instrumentasi optik menggunakan kamera sebagai indra penglihatan dan komputer sebagai pusat kendali serta menerjemahkan hasil pembacaan kamera untuk klasifikasi Stroberi. Sistem tersebut memiliki keunggulan yaitu *real time*, objektif, tak-merusak (*non-destructive*) dan kemampuan karakteristik *multi-indicator* diantaranya bentuk, ukuran dan warna. Permasalahan sistem tersebut berada pada hasil deteksi warna sebesar 88,8% dengan metode pengolahan citra. Penggunaan kamera dan komputer pada sistem ini, dapat diperkirakan memiliki harga perakitan yang tidak sedikit. Kemampuan mengkarakterisasi dengan tiga indikator menggunakan kamera menyebabkan komputasi menjadi sangat kompleks [10].

Penelitian Xu Liming dan Zhang Tiezhong (2007) dengan menggunakan pengolahan citra RGB serta kamera sebagai sistem untuk menangkap citra dan kotak tertutup untuk mensimulasi cahaya. Didapatkan metode baru untuk menentukan tingkat kematangan buah stroberi dengan tiga derajat warna merah yaitu *light-red*, *fresh-red* dan *black-red* permukaan kulit Stroberi. Pengujian nilai nutrisi

terhadap tingkat kematangan yang berbeda-beda juga diukur. Hasilnya menunjukkan bahwa Stroberi dengan tingkat kematangan yang optimal *black-red* memiliki nilai nutrisi paling tinggi [11].

The China Agricultural Standard (Fruit and Vegetable) (2002) menyatakan saat permukaan kulit buah stroberi telah 70% berwarna merah menandakan buah stroberi telah matang dan siap untuk dipanen. Ketentuan tersebut hingga saat ini digunakan oleh petani stroberi untuk memanen. Standardisasi ini bersifat subjektif sehingga dapat menyebabkan ketidakseragaman kualitas produksi.

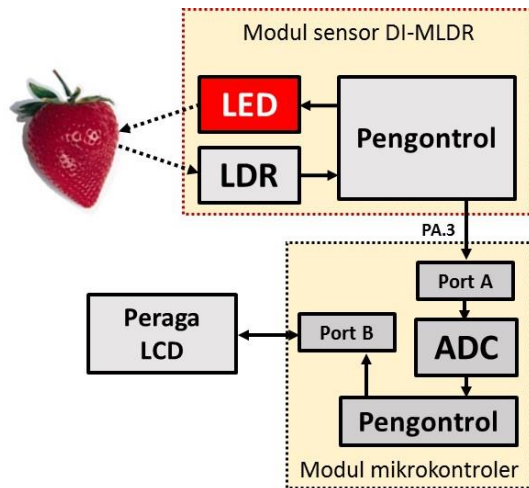
Beberapa kelemahan yang terjadi dalam melakukan proses seleksi tingkat kematangan buah stroberi menggunakan *human vision* adalah persepsi warna pada setiap individu berbeda-beda sehingga menyebabkan ketidakseragaman hasil seleksi. Selain itu, tingkat emosional dan kesehatan operator juga turut memengaruhi hasil akhir dalam melakukan seleksi. Apabila penglihatan manusia melakukan rutinitas yang sama secara terus menerus dan berulang ulang maka akan muncul kelelahan yang menyebabkan kepekaan menurun. Hal tersebut yang menyebabkan kemungkinan *human error* terjadi dalam melakukan seleksi [1][12]. Dengan memanfaatkan sistem instrumentasi yang dapat mengukur tingkat kematangan buah Stroberi, maka dapat dibuat solusi untuk proses standardisasi kualitas buah stroberi. *Human error* dapat diperkecil hingga seminimal mungkin dengan memanfaatkan mesin untuk melakukan seleksi.

Buah Stroberi mengandung banyak vitamin C dan serat. Stroberi dapat dikonsumsi langsung atau diolah menjadi selai, jus, pewangi makanan, dan lain-lain. Warna merupakan salah satu indikator kualitas dan tingkat kematangan pada stroberi [4][12]. Warna permukaan kulit stroberi akan berwarna merah (630-700 nm) apabila telah matang. Pada keadaan matang yang optimal, warna merah pada permukaan kulit stroberi akan semakin gelap. Stroberi yang telah matang dengan optimal, memiliki kandungan nutrisi lebih banyak dibandingkan dengan stroberi yang belum matang.

III. METODE PERANCANGAN

A. Perangkat Keras

Gambar 1 memperlihatkan blok diagram utama untuk proses pengukuran tingkat kecerahan warna merah Stroberi berbasis sifat optik permukaan. Sistem ini menggunakan modul sensor DI-Multifunction LDR (DI-MLDR) yang didalamnya terdapat komponen LED sebagai sumber iradiasi cahaya dan LDR *photoresistor* sebagai sensor intensitas cahaya.



Gambar 1. Blok diagram sistem sensor optik pengukuran tingkat kecerahan warna merah buah Stroberi

Sinyal keluaran LDR berupa resistansi diubah menjadi tegangan dan diubah menjadi bilangan digital oleh *Analog-to-Digital Converter* (ADC) mikrokontroler ATmega8535. Hasil pemrosesan ditampilkan pada layar penampil LCD. Hasil pengukuran dijadikan *database* untuk menguji presisi sensor LDR. DI-MLDR merupakan modul sensor multifungsi yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya yang dideteksi oleh komponen LDR. Modul ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi pengukuran, diantaranya pengukuran intensitas cahaya, jenis warna dan pengukuran jarak. Modul DI-MLDR memiliki tegangan operasi 3,5-5,5 VDC, dua jenis keluaran (*output*) analog 0-5 VDC, digital keluaran logika 0 dan 1, dan terdapat dua buah LED putih terang berdiameter 3 mm dapat dikendalikan nyala dan padamnya (ON/OFF).

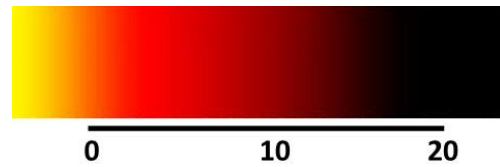
B. Pemrograman untuk DI-MLDR dan ADC

Tegangan keluaran analog pada PORT A pin 3 merupakan output dari modul DI-MLDR yang kemudian dihubungkan ke mikrokontroler. Proses selanjutnya adalah mengubah tegangan masukan analog menjadi tegangan digital melalui sistem ADC menggunakan persamaan (1) berikut.

$$Data = \left(\frac{V_{in}}{V_{ref}} \right) \times (2^n - 1) \quad (1)$$

Pada ATmega8535 terdapat ADC sebesar 10 bit. Dengan menggunakan persamaan (1) didapat batasan konversinya adalah 0 sampai 1023. Untuk memulai proses ADC dapat dituliskan pada program sebagai berikut.

```
unsigned int read_adc(unsigned char
adc_input)
{
```



Gambar 2. Kertas warna merah-hitam untuk pengujian tingkat kecerahan warna merah

```
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE &
0xff);
// memberikan jeda sebesar 10 detik
untuk menstabilkan hasilnya
delay_us(10);
// proses pengukuran dimulai pada
subrutin ini
ADCSRA|=0x40;
// proses berlangsung
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}
// variabel bdata untuk menyimpan
hasil konversi
bdata=read_adc(0);
```

C. Pengujian Warna Berbasis Kertas Warna

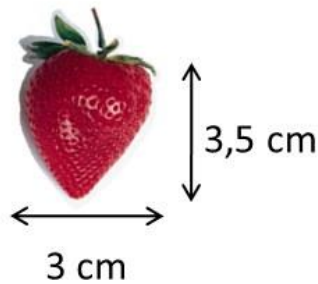
Untuk kalibrasi kecerahan warna merah, pengujian dilakukan dengan menggunakan kertas kecerahan warna merah. Gradasi warna adalah mulai dari kuning merah hingga merah kehitaman sesuai standar warna kematangan Stroberi (Gambar 2). Berikut prosedur untuk melakukan pengujian ADC menggunakan kertas warna:

1. Menempatkan sensor tepat berada di atas kertas warna.
2. Membuat skala pengukuran pada kertas warna sepanjang 20 cm seperti Gambar 2.

D. Pengumpulan Sampel

Persiapan pengujian ini dilakukan untuk keseragaman sampel. Pemilihan sampel dilakukan dan ditentukan oleh petani yang memiliki pengalaman dalam bidang buah Stroberi. Dengan melakukan beberapa persiapan sebagai berikut,

1. Stroberi yang digunakan adalah varietas *Sweet Charlie California*.
2. Sampel memiliki waktu panen yang bersamaan.
3. Melakukan seleksi pada ukuran sampel stroberi seperti Gambar 3.
4. Stroberi yang memiliki bentuk sempurna dijadikan sampel. Proses langkah nomor 1, 2, 3 dan 4 dilakukan oleh ahli penyortiran stroberi.
5. Pengukuran dilakukan pada empat lokasi permukaan buah (depan, belakang, kanan, dan kiri).



Gambar 3. Ukuran buah Stroberi untuk keperluan pengujian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Intensitas LED Terhadap Variasi Jarak

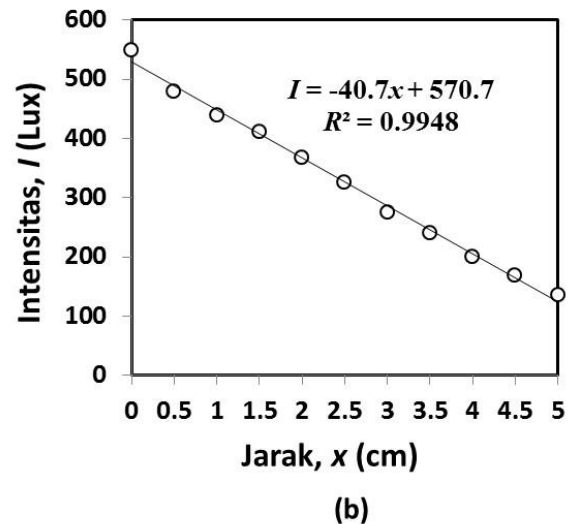
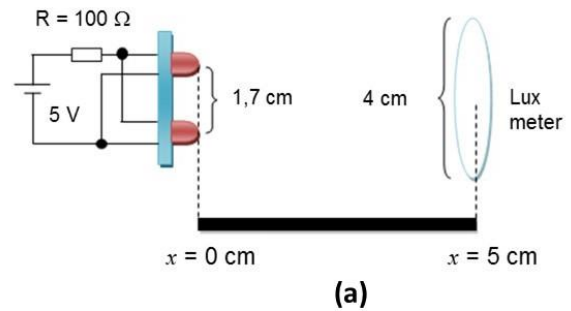
Gambar 4(a) memperlihatkan sistem pengujian intensitas pancaran LED terhadap variasi jarak. LED dipanjar maju oleh tegangan 5 VDC dengan resistor pembatas arus 100 ohm. Intensitas cahaya pada variasi jarak adalah 0-5 cm depan LED diukur menggunakan luxmeter digital tipe LX-1330B dari MR. CHEMIE.

Gambar 4(b) menunjukkan nilai intensitas pancaran cahaya LED terhadap nilai jarak pengukuran, perubahan intensitas terjadi seiring dengan berubahnya jarak pengukuran. Pada jarak 1,5 cm memiliki intensitas sebesar 412 lux. Pada grafik Gambar 4(b) terlihat bahwa semakin jauh jarak LED terhadap lux meter digital maka intensitas yang terukur akan semakin kecil. Hasil ini sesuai dengan hubungan bahwa intensitas berbanding terbalik dengan jaraknya. Jarak terjauh pada pengukuran yaitu 5 cm dengan intensitas 136 lux, sedangkan jarak terdekat yaitu 0 cm dengan intensitas 550 lux.

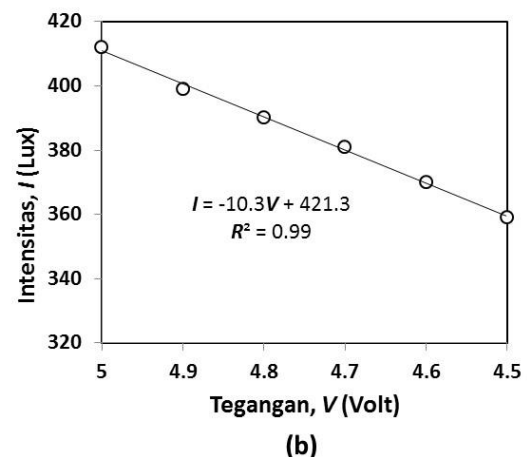
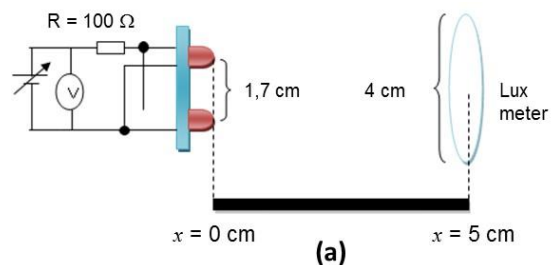
B. Pengujian Intensitas LED Terhadap Tegangan Masukan

Intensitas pancaran LED bergantung nilai arus panjar maju, dalam hal ini ditentukan oleh nilai tegangan panjar dan resistor 100 Ohm. Untuk melihat karakteristik intensitas pancaran LED terhadap tegangan panjar, maka tegangan panjar dibuat variasi nol hingga 5 V (Gambar 5(a)). Variasi tegangan adalah 0,1 V hingga 4,5 V, dengan jarak LED dan lux meter digital adalah 1,5 cm.

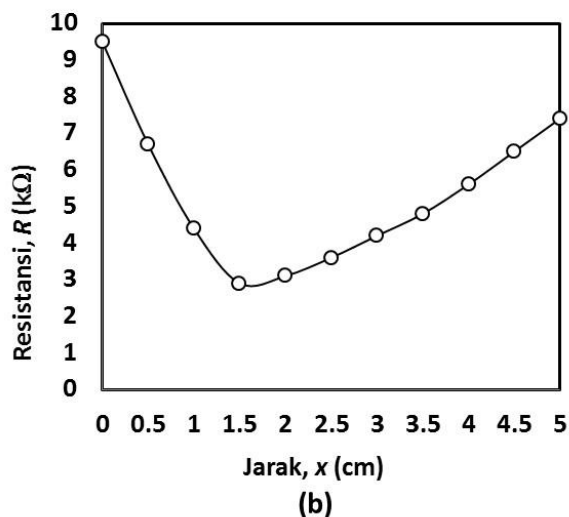
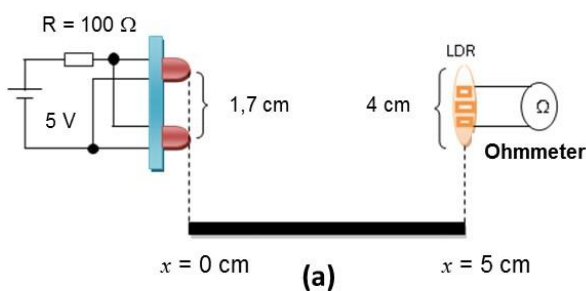
Gambar 5(b) menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan panjar yang diberikan pada LED maka semakin tinggi intensitas yang dihasilkan. Hal ini karena kenaikan tegangan panjar meningkatkan arus (daya) pada LED sehingga intensitas semakin tinggi. Pada tegangan 5 V, intensitas yang dihasilkan sebesar 412 lux seperti pada hasil pengujian Gambar 4 dan pada tegangan 4,5 V intensitas yang dihasilkan sebesar 359 lux.



Gambar 4. Pengujian intensitas LED pemancar terhadap variasi jarak: (a) diagram pengujian, dan (b) grafik pengukuran intensitas terhadap jarak



Gambar 5. Pengujian intensitas LED pemancar terhadap tegangan masukan: (a) diagram pengujian, dan (b) intensitas LED pemancar terhadap tegangan masukan



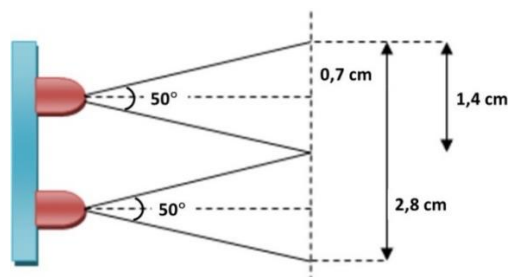
Gambar 6. Pengujian resistansi sensor LDR terhadap jarak modul DI-MLDR: (a) diagram pengujian, dan (b) nilai resistansi LDR terhadap jarak

C. Jarak Modul DI-MLDR dengan LDR Penerima

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui cakupan radial efektif iluminasi LED terhadap objek dan menentukan ukuran minimum buah Stroberi uji. Tegangan panjar sumber cahaya LED adalah 5 V dan penerima adalah sensor LDR yang terdapat pada modul DI-MLDR. Sensor penerima LDR dilepas dan diletakkan berhadapan dengan LED pemancar. Resistansi LDR diukur dengan ohmmeter (Gambar 6(a)). Jarak antara LED dan LDR divariasikan lalu nilai resistansi terhadap jarak diplot (Gambar 6(b)).

Variasi jarak antara sensor DI-MLDR dengan objek adalah 0-5 cm, dengan pengambilan data tiap 0,5 cm. Pengujian ini dilakukan pada ruangan gelap untuk menghindari interferensi cahaya lingkungan ke dalam pengukuran.

Gambar 6(b) menunjukkan bahwa pada titik pengukuran 0 cm resistansi LDR sebesar 9,5 KOhm, lalu mengecil seiring kenaikan jarak hingga 1,5 cm yang menunjukkan nilai resistansi terendah yaitu 2,9 KOhm. Namun, resistansi meningkat kembali seiring kenaikan jarak mulai dari 1,5 cm hingga 5 cm. Terukur resistansi 7,4 KOhm pada jarak 5 cm. Pada jarak dekat (0-1,5 cm), permukaan objek penerima (LDR) tidak sepenuhnya terpapar



Gambar 7. Pengukuran ukuran maksimum Stroberi uji (tampak atas)

pancaran LED sehingga menyebabkan penurunan resistansi. Pada jarak 1,5 cm nilai resistansi menunjukkan angka terkecil yang artinya pada jarak tersebut permukaan objek disinari dengan intensitas maksimum.

D. Mengukur Ukuran Minimum Stroberi

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur ukuran minimum Stroberi yang dapat diukur oleh sistem. Prinsip dasar pengukuran ini menggunakan sudut pancaran maksimum LED seperti geometri tampak atas Gambar 7. sesuai dengan spesifikasi datasheet LED, sudut pancaran adalah 50°. Jarak LED dan objek adalah 1,5 cm, maka digunakan sudut istimewa untuk menghitung permukaannya dengan hubungan $\cos 25 = 1,5/r$ sehingga diperoleh nilai r adalah 1,7 cm. Selanjutnya, nilai permukaan dihitung dengan hubungan $\sin 25 = x/1,7$ sehingga diperoleh nilai x adalah 0,7 cm. Diameter area paparan pencahayaan adalah 0,7 cm dikali 2 yaitu 1,4 cm. Karena kedua LED memiliki sudut pancaran yang sama, maka ukuran maksimum adalah 0,7 cm kali 4 yaitu 2,8 cm. Dengan begitu, ukuran minimum untuk buah stroberi yang akan diuji memiliki panjang 2,8 cm dan lebar 1,4 cm.

E. Pengujian Sensor LDR Terhadap Kertas Warna Kalibrasi

Pengujian linieritas ADC bertujuan untuk mengetahui kinerja konversi ADC, berupa linearitas antara desimal konversi ADC terhadap tegangan masukan. Hubungan linier tersebut digunakan sebagai persamaan konversi di dalam mikrokontroler.

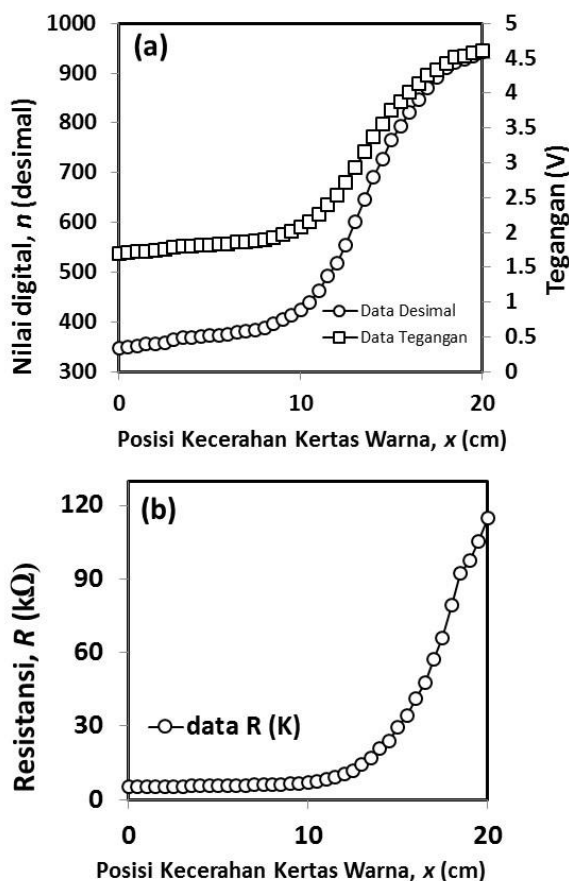
Pengujian dilakukan dengan menggunakan kertas warna kalibrasi sebagai objek yang diukur untuk mendapatkan nilai konversinya. Untuk keperluan pengujian, dibuat program untuk pembacaan tegangan dan konversi digital. Resolusi ADC adalah $V_{ref}/1024$ yaitu 0,00488 V atau 4,88 mV. Nilai desimal ADC yang terbaca adalah $V_o/0,00488$ dengan V_o adalah keluaran dari modul sensor DI-MLDR. Nilai V_o dihitung dengan hubungan $V_o = ADC \times 0,00488$ dan ditulis dalam program sebagai berikut.

```
bdata=read_adc(0);
V=(bdata*4.8828125)/1000;
sprintf(bstr,"ADC:%04u
V:%0.2fV",bdata,V);
```

Nilai resistansi dihitung dengan hubungan $R_{LDR} = R1/(V_{cc}/V_o - 1)$, lalu dinyatakan dalam kode program dan ditampilkan pada layar penampil.

```
R=10/(5/V)-1);
sprintf(bstr,"R:%0.1fK\xf4",R);
```

Hubungan antara nilai desimal konversi ADC dan tegangan terhadap titik posisi kertas warna diperlihatkan pada Gambar 8(a). Tampak bahwa bahwa nilai x (titik semakin ke kanan) maka nilai desimal dan tegangan yang terbaca meningkat. Pada jarak x posisi 0-10 cm, nilai desimal menunjukkan kenaikan perlahan. Ini disebabkan karena konsentrasi warna hitam masih sedikit. Mulai dari x posisi 10 cm hingga 20 cm, nilai desimal dan tegangan mengalami peningkatan drastis. Ini disebabkan oleh konsentrasi warna hitam semakin banyak, hingga mengalami keadaan stasioner pada posisi mendekati 20 cm.



Gambar 8. Pengujian besaran fisis sensor terhadap kertas standar kecerahan warna merah (a) nilai digital dan tegangan hasil konversi terhadap titik posisi kertas kecerahan warna merah dan (b) nilai resistansi LDR terhadap terhadap titik posisi pada kertas warna

Gambar 8(b) menunjukkan resistansi LDR pada posisi 0-10 cm kertas warna meningkat secara perlahan nilai. Hal tersebut disebabkan pergeseran intensitas secara perlahan. Pada titik pengukuran lebih 10-20 cm terjadi peningkatan yang sangat drastic. Hal tersebut menandakan bahwa intensitas cahaya yang diterima oleh sensor semakin sedikit.

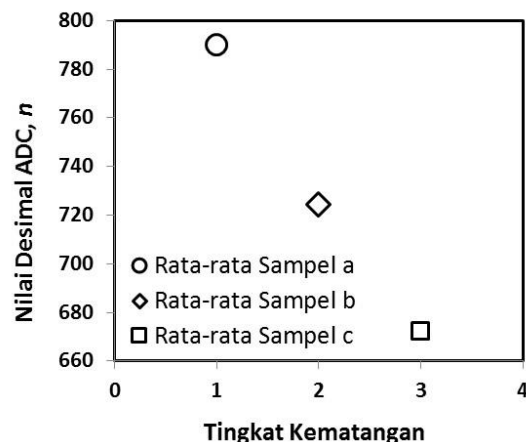
F. Nilai Desimal Terhadap Tingkat Kematangan

Pengujian ini untuk mengetahui tingkat kematangan stroberi berdasarkan nilai desimal yang terbaca oleh sensor. Pengukuran dilakukan pada posisi depan di dalam kotak kedap cahaya. Dari grafik hasil pengukuran Gambar 9, dapat terlihat bahwa stroberi golongan satu atau pada tingkat kematangan 1 (*black-red*) memiliki nilai desimal yang lebih tinggi dibandingkan stroberi pada tingkat kematangan yang lebih rendah (Tingkat 2 dan 3).

Gambar 9 menunjukkan Stroberi dengan tingkat kematangan *black-red* memiliki nilai desimal sebesar 777,5. Stroberi dengan tingkat kematangan *fresh-red* memiliki nilai desimal sebesar 709,05. Stroberi dengan tingkat kematangan *light-red* memiliki nilai desimal sebesar 671,2.

G. Pengujian Presisi Sensor

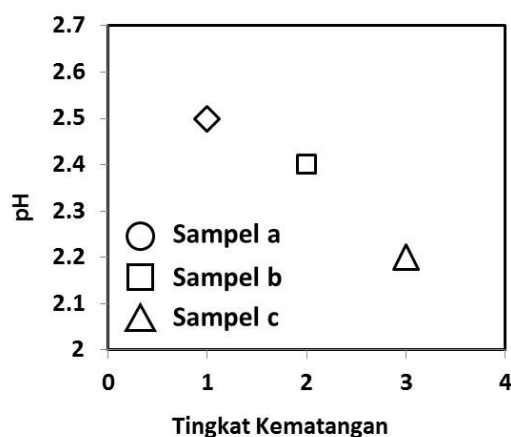
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui presisi sensor dalam melakukan pengukuran. Dua puluh sampel tiap tingkat kematangan telah dipilih oleh petani dengan cara manual berdasarkan warna. Ukuran minimal sampel seperti Gambar 3 dan bentuk buah stroberi pada pengujian ini diabaikan. Total sampel pada pengujian presisi berjumlah 60 stroberi, tiap tingkat kematangan memiliki 20 sampel. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1. Hasil pengujian presisi menunjukkan 93,3% dengan rata-rata waktu pengujian tiap stroberi 1,5 s.



Gambar 9. Pengukuran nilai desimal konversi ADC terhadap tingkat kematangan Stroberi

Tabel 1. Pengujian Presisi Sensor ditiap Tingkat Kematangan Stroberi

Tingkat kematangan	Oleh sensor			Rasio presisi %
	<i>Light-red</i>	<i>Fresh-red</i>	<i>Black-red</i>	
<i>Light-red</i>	19	1		95
<i>Fresh-red</i>		18	2	90
<i>Black-red</i>		1	19	95

**Gambar 10. Pengukuran nilai desimal konversi ADC terhadap tingkat kematangan Stroberi**

H. Keasaman Terhadap Tingkat Kematangan

Nilai keasaman merupakan salah satu parameter tingkat kematangan buah yang memengaruhi rasa dan kualitas Stroberi [6][10]. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisiko-kimia buah pada tiap tingkat kematangan. Pengukuran ini memberikan informasi hubungan antara keasaman terhadap nilai desimal hasil pengukuran sensor. Stroberi yang telah selesai diukur seperti pada pengujian Gambar 7, dihancurkan dan ditempatkan pada wadah ukur. Tiap sampel tingkatan stroberi diukur dengan menggunakan pH meter digital (LUTRON PH222). Gambar 10 menunjukkan bahwa stroberi dengan tingkat kematangan *black-red* memiliki konsentrasi pH lebih tinggi atau memiliki tingkat keasaman lebih rendah dibandingkan dengan stroberi pada tingkat kematangan *fresh-red* dan *light-red*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pengujian terhadap modul sensor DI-MLDR yang digunakan memiliki presisi sebesar 93,3% dan diketahui nilai tingkat kematangan *light-red*, *fresh-red* dan *black-red* masing-masing adalah 671,2, 709,05 dan 777,5. Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa nilai pH menurun seiring kenaikan tingkat kematangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset, Pengabdian kepada Masyarakat dan Inovasi, Universitas Padjadjaran atas penyediaan fasilitas alat ukur di Laboratorium Elektronika.

REFERENSI

- [1] Z. Libin, Y. Qinghua, B. Guanjun, W. Yan, Q. Liyong, G. Feng, and X. Fang, "Overview of research on agricultural robots in China", *Int. J. Agric. & Biol. Eng.*, Vol. 1 No.1, pp. 13-21, 2008.
- [2] S. Han, S. Xueyan, Z. Tiezhong, Z. Bin, and X. Liming, "Design optimisation and simulation of structure parameters of an eggplant picking robot", *New Zealand Journal of Agricultural Research*, vol. 50, pp. 959-964, 2007.
- [3] X. Liming, and Z. Yanchao. "Automated strawberry grading system based on image processing". *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 71, pp. S32-S39, April 2010.
- [4] J. G. Tallada, M. Nagata and T. Kobayashi, "Non-Destructive Estimation of Firmness of Strawberries (*Fragaria × ananassa Duch.*) Using NIR Hyperspectral Imaging", *Environ. Control Biol.*, vol. 44 (4), pp. 245-255, 2006.
- [5] P. V. Devi and K. Vijayarekha, "Machine vision applications to locate fruits, detect defects and remove noise: a review", *Rasayan J. Chem.*, vol. 7 no.1, pp. 104-113, 2014.
- [6] A. A. Kader, "Fruit maturity, ripening, and quality relationships", *Acta Hort.* 485, pp. 203-208, 1999.
- [7] M. Baietto, and A. D. Wilson, "Electronic-Nose Applications for Fruit Identification, Ripeness and Quality Grading", *Sensors* vol. 15, pp. 899-931, 2015.
- [8] Sylvia Travers, "Dry matter and fruit quality: manipulation in the field and evaluation with NIR spectroscopy", PhD Thesis, Department of Food Fcience, AU Aarslev, Denmark, 2013.
- [9] E. J. Sacks and D. V. Shaw, "Optimum Allocation of Objective Color Measurements for Evaluating Fresh Strawberries", *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* vol. 119(2), pp. 330-334, 1994.
- [10] X. Liming and Z. Tiezhong, "Influence of light intensity on extracted colour feature values of different maturity in strawberry", *New Zealand Journal of Agricultural Research*, vol. 50:5, pp. 559-565, 2007.
- [11] X. Liming, Z. Yanchao. "Strawberry maturity neural network detecting system based on genetic algorithm", *IFIP International Federation for Information Processing*, vol. 294, pp. 1201-1208, 2009.
- [12] L. S. Magwaza, and U. L. Opara, "Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products-A review", *Scientia Horticulturae* vol. 184, pp. 179-192, 2015.

