

Rancang Bangun Alat Ukur Tingkat Manis Buah Jeruk Menggunakan Sensor Kapasitor Semi Silinder Berbasis Arduino

Grace Pricilya Michiko^{(1,a)*}, Arif Surtono^(1,b), Humairoh Ratu Ayu^(1,c), dan Junaidi^(1,d)

⁽¹⁾Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141
Email : ^(a*)gracepricilyam11@gmail.com, ^(b)arifsurtono@fmipa.unila.ac.id,
^(c)humairoh.ratu@fmipa.unila.ac.id, ^(d)junaidi1982@fmipa.unila.ac.id

Diterima (08 November 2022), Direvisi (17 November 2022)

Abstract. It has been realized the design of the orange based sweet level measuring device using an arduino based semi cylinder capacitor sensor. This study was conducted by providing input to the capacitor plates using an oscillator with a variety of frequency values of 10 KHz, 100 KHz, and 1 MHz. The oscillator used is the IC XR-2206 type. The sweet level of orange fruit is measured using a pocket refractometer otago pal- α . Semi cylinder capacitor sensor testing is carried out on 16 oranges. The most optimal measurement results are obtained in a 100 KHz frequency variation because the graph of the measurement results drops linearly. The voltage range at a frequency of 100 KHz is 200 - 2000 mV, with a brix value obtained between 13.8 - 16.7%. The higher the orange voltage, the lower the Brix value contained in oranges. Brix value 13.8 - 15.6% states the sweet level of orange fruit is sour, while the Brix value 16.7% states the sweet level of orange fruit is sweet. The results of testing the tool obtained an average error value of 0,004% and a tool accuracy value of 99,6%.

Keywords: Orange, refractometer, semi cylinder capacitor.

Abstrak. Telah direalisasikan rancang bangun alat ukur tingkat manis buah jeruk menggunakan sensor kapasitor semi silinder berbasis arduino. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan masukan pada pelat kapasitor menggunakan osilator dengan variasi nilai frekuensi sebesar 10 kHz, 100 kHz, dan 1 MHz. Osilator yang digunakan adalah tipe IC XR-2206. Tingkat manis buah jeruk diukur menggunakan pocket refractometer Otago PAL- α . Pengujian sensor kapasitor semi silinder dilakukan pada 16 buah jeruk. Hasil pengukuran yang paling optimal diperoleh pada variasi frekuensi 100 kHz karena grafik hasil pengukuran turun secara linear. Range tegangan pada frekuensi 100 kHz yaitu 200 – 2000 mV, dengan nilai brix yang diperoleh antara 13,8 – 16,7%. Semakin tinggi tegangan buah jeruk maka semakin rendah nilai brix yang terkandung pada buah jeruk. Nilai brix 13,8 – 15,6% menyatakan tingkat manis buah jeruk yaitu asam, sedangkan nilai brix 16,7% menyatakan tingkat manis buah jeruk yaitu manis. Hasil pengujian alat diperoleh nilai error rata-rata sebesar 0,004% dan nilai akurasi alat sebesar 99,6%.

Kata kunci: Jeruk, kapasitor semi silinder, refraktometer.

PENDAHULUAN

Tanaman jeruk adalah tanaman buah tahunan yang berasal dari Asia [11]. Jeruk menjadi salah satu produk hortikultura yang penting di Indonesia dan produksinya terus meningkat setiap tahunnya. Sebagai salah

satu komoditas buah-buahan, jeruk menjadi andalan di sektor pertanian dengan volume perdagangan dunia yang cukup besar. Jeruk mempunyai konsumen tersendiri yang bisa memberikan kontribusi terhadap perekonomian baik di daerah maupun nasional [2]. Buah jeruk sangat digemari

masyarakat Indonesia karena kandungan nutrisi buah jeruk yang baik bagi kesehatan, terutama kandungan vitamin C yang dimiliki [6]. Tanaman jeruk tumbuh baik di daerah tropis maupun subtropis. Jeruk dapat beradaptasi dengan baik di daerah tropis pada ketinggian 900 – 1.200 meter diatas permukaan laut (mdpl) dengan udara yang lembab, serta memiliki persyaratan air tertentu [12].

Lampung merupakan daerah sentra penghasil jeruk (*Citrus sp. var. chokun BW*). Jeruk BW terkenal dengan rasa buah yang menyegarkan dengan kombinasi rasa manis dan asamnya yang pas. Terdapat empat cara untuk menentukan kemasakan buah jeruk, yaitu secara fisik melalui penglihatan atau dipegang, perhitungan (buah jeruk akan masak 8 bulan setelah masa pembungaan), analisis pengukuran tingkat manis dengan menggunakan nilai brixmeter dan kadar sari buah (nilai brix yang baik saat buah jeruk masak adalah 9 – 10) [3]. Refraktormeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kadar gula dan kadar air [10]. Semakin tinggi kadar gula pada cairan maka indeks biasanya akan semakin tinggi (Misto, 2016). Satu derajat Brix setara dengan 1 gram sukrosa dalam 100 gram larutan [14].

Rangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC) [15]. Osilator merupakan penguat sinyal dengan umpan balik positif dimana rangkaian resonansi sebagai penentu frekuensi osilator [4]. Frekuensi osilator bergantung pada nilai *timing resistor* (R) dan *timing capacitor* (C) [1].

Sensor kapasitor semi silinder umumnya dibangun menggunakan bahan aluminium atau tembaga [5].

Selama ini untuk mengukur tingkat manis buah dilakukan dengan mengukur kandungan padatan terlarut (KPT) yang bersifat merusak produk. Semakin tinggi

nilai KPT maka semakin tinggi kandungan gula dan rasanya semakin manis [13].

Di Indonesia sudah terdapat beberapa penelitian mengukur kematangan atau kemanisan buah jeruk. Salah satunya mengukur tingkat manis buah jeruk dengan metode *NIR spectroscopy* [13]. *NIR spectroscopy* memiliki keunggulan pengukuran yang sangat cepat (25 detik per sampel). Perlu dilakukan pengukuran tingkat manis dengan metode lain guna melihat keakuratan hasil. [7] menganalisa buah jeruk manis menggunakan pengolahan citra digital dengan metode deteksi tepi *Laplacian of Gaussian* (LoG). Dalam metode ini hanya membutuhkan 0,61 detik untuk mengetahui apakah jeruk itu matang atau tidak. Sementara [9] mengukur kadar gula pada buah jeruk Medan menggunakan kapasitor semi silinder. Sensor melingkari seluruh bagian buah dengan harapan mampu melakukan pengukuran diseluruh sisi sehingga hasilnya lebih akurat.

Penelitian ini diusulkan untuk memperbaiki alat ukur tingkat manis buah jeruk yang telah dilakukan sebelumnya [9]. Inovasi yang akan dilakukan adalah mengaplikasikan sensor kapasitor semi silinder sebagai detektor sampel buah jeruk seperti yang dilakukan oleh Naisa (2019) namun dengan perbaikan dalam rangkaian pengkondisi sinyal sehingga diperoleh sensitivitas lebih besar. Selain itu juga mendigitalisasi alat yang sebelumnya masih menggunakan multimeter analog.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain; Osilator IC XR-2206, baterai, multimeter, Arduino Uno, osiloskop, dan *pocket refractometer otago PAL- α* . Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah jeruk, pelat tembaga, PCB, kawat timah, dan aquades. Penelitian ini dilakukan beberapa tahap

yaitu perancangan sistem pada alat, perakitan komponen pada alat, pengambilan data tegangan buah jeruk dengan alat yang telah dirancang dan pengukuran nilai brix pada buah jeruk dengan refraktometer, analisis hubungan tegangan dengan nilai brix, serta pengujian alat.

Perancangan Sistem pada Alat

Perancangan pada alat merupakan proses perencanaan desain yang dilakukan agar tujuan dari penelitian dapat terpenuhi. Perancangan sistem pada penelitian ini berisi tentang rencana pembuatan dan pemodelan dari alat sensor kapasitor semi silinder berbasis arduino secara detail mulai dari perancangan mekanik hingga perancangan sistem kontrol.

Perancangan Mekanik

Desain box mekanik pada penelitian ini menggunakan bahan akrilik berwarna putih dengan panjang 160mm, lebar 130mm, dan tinggi 70mm.

Perakitan Komponen Penyusun Alat

Perakitan adalah suatu proses penyusunan dan penyatuan beberapa bagian komponen menjadi suatu alat atau mesin yang mempunyai fungsi tertentu. Pada penelitian ini, perakitan alat meliputi penyusunan osilator XR-2206, catu daya, kapasitor semi silinder, rangkaian penyearah, sensor tegangan, Arduino Uno sebagai mikrokontroler, dan LCD sehingga menghasilkan alat untuk mengukur tingkat manis buah jeruk.

Tombol *switch* dihubungkan pada osilator XR-2206 (sinyal tegangan masih berupa DC), kemudian pin GND pada osilator dihubungkan dengan rangkaian penyearah, dan pin VCC osilator dihubungkan dengan kapasitor semi silinder (sinyal tegangan sudah berupa AC). Lalu kapasitor semi silinder dihubungkan juga

dengan rangkaian penyearah. Rangkaian penyearah berfungsi untuk mengkonversi sinyal tegangan AC yang berasal dari kapasitor semi silinder menjadi tegangan DC. Kemudian rangkaian penyearah dihubungkan dengan pin VCC dan pin GND pada sensor tegangan. Pin 5V (Arduino) dihubungkan pada pin VCC (sensor tegangan). Pin GND (Arduino) dihubungkan pada pin GND (sensor tegangan). Pin A0 (Arduino) dihubungkan pada pin S (sensor tegangan). Pin GND (Arduino) dihubungkan pada pin GND (LCD). Pin 5V (Arduino) dihubungkan pada pin VCC (LCD). Pin A4 (Arduino) dihubungkan pada pin SDA (LCD). Pin A5 (Arduino) dihubungkan pada pin SCL (LCD). Hasil nilai tegangan dan kategori tingkat manis buah jeruk akan terlihat pada LCD.

Pengambilan Data Tegangan Buah Jeruk

Setelah alat diuji dan dapat bekerja dengan baik, maka selanjutnya dilakukan pengambilan data. Data yang diambil berupa tegangan keluaran (V_0) menggunakan osiloskop dengan 3 frekuensi, yaitu 10 kHz, 100 kHz, dan 1 MHz.

Pengukuran Nilai Brix pada Buah Jeruk dengan Refraktometer

Pengukuran menggunakan refraktometer dilakukan sebagai acuan atau pembandingan untuk alat yang telah dibuat. Diharapkan hasil pengukuran pada alat memiliki nilai keakuratan sebanding dengan refraktometer.

Analisis Hubungan Tegangan dengan Nilai Brix

Data diolah untuk menganalisis hubungan antara tegangan dengan nilai brix yang diperoleh menggunakan analisis regresi linier. Analisis ini berguna untuk

mencari tahu hubungan antara variabel terikat atau (y) dengan satu atau lebih variabel bebas (x). Variabel terikat (y) adalah tegangan, dan variabel bebas (x) adalah nilai brix pada buah jeruk.

Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah direalisasikan bekerja dengan baik dan akurat. Proses pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali menggunakan variasi tingkat manis jeruk yang berbeda-beda. Masing-masing jeruk diuji menggunakan alat yang telah dibuat dan refraktometer. Data yang akan diukur pada pengujian alat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor Kapasitor Semi Silinder

Penelitian ini dilakukan untuk mengukur tingkat manis buah jeruk BW menggunakan kapasitor semi silinder. Sampel buah jeruk diletakkan di antara dua buah pelat elektroda konduktif sebagai bahan dielektrik.

Realisasi Alat

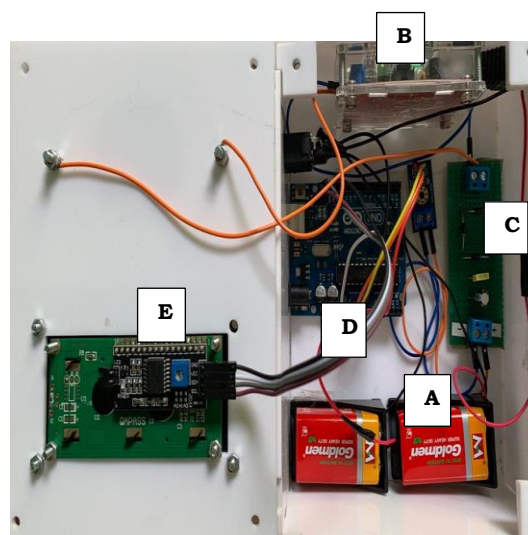
Tampilan depan alat ukur dilengkapi dengan LCD ukuran 16x2 cm untuk menampilkan hasil pengukuran tegangan, nilai brix, dan tingkat manis buah jeruk. Rangkaian keseluruhan alat ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Gambar 1 merupakan rangkaian keseluruhan dari realisasi desain kapasitor semi silinder. Bagian A merupakan catu daya. Catu daya berfungsi sebagai penyalur tegangan 9V ke seluruh rangkaian. Osilator IC XR-2206 (bagian B) berfungsi sebagai pembangkit sinyal tegangan AC yang dihubungkan pada kapasitor semi silinder dengan variasi frekuensi 10 kHz, 100 kHz, dan 1 MHz.

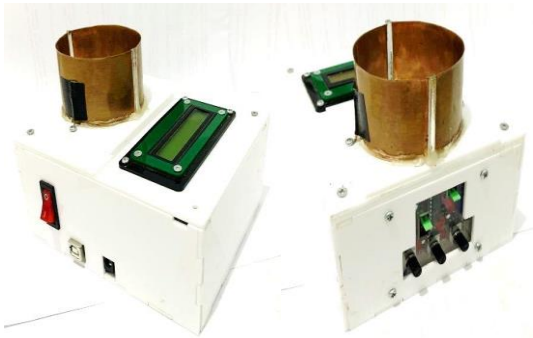
Untuk mengatur frekuensi menjadi 10 kHz, 100 kHz, dan 1 MHz maka modul osilator XR-2206 dihubungkan dengan osiloskop digital sehingga frekuensi dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Kemudian sinyal keluaran dari sensor kapasitor semi silinder dikonversi menjadi tegangan DC dengan penyearah gelombang penuh (bagian C). Pada bagian D pengukuran tegangan dilakukan secara digital menggunakan Arduino. Bagian E merupakan rangkaian LCD. Hasil tegangan sensor buah jeruk ditampilkan pada layar LCD. Data yang diperoleh pada hasil pengukuran tersebut berupa data tegangan (V_0).

Wujud dari realisasi alat ukur tingkat manis buah jeruk menggunakan sensor kapasitor semi silinder ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Karakterisasi sensor kapasitor semi silinder dilakukan menggunakan 16 buah jeruk dengan variasi tingkat manis yang berbeda-beda. Masing-masing buah diukur dengan variasi frekuensi yang telah ditentukan. Sebagai kalibrasi, 16 buah jeruk tersebut diukur menggunakan *pocket refractometer* Otago PAL- α .



Gambar 1. Rangkaian keseluruhan alat



Gambar 2. Alat ukur tingkat manis buah jeruk

Karakteristik Sensor Kapasitor Semi Silinder

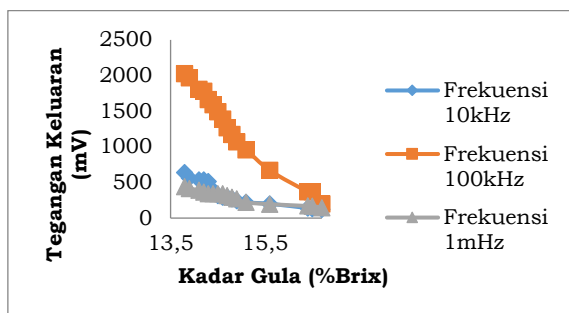
Karakterisasi sensor tingkat manis buah jeruk dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal kapasitor semi silinder dan nilai brix buah jeruk. Data keseluruhan hasil pengukuran tegangan sensor tingkat manis

dan nilai brix buah jeruk dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengukuran (Tabel 1) menggunakan frekuensi 10 kHz diperoleh *range* tegangan sebesar 122,07 – 637,77 mV, pada frekuensi 100 kHz diperoleh hasil pengukuran sebesar 200,04 – 2026,37 mV, dan pada frekuensi 1 MHz diperoleh hasil pengukuran sebesar 146,48 – 439,45 mV. Pengukuran selanjutnya yaitu mengukur kandungan gula menggunakan refraktometer dengan cara mengambil sari buah jeruk kemudian diujikan pada refraktometer. Seperti diketahui bahwa semakin manis buah jeruk, maka semakin tinggi kandungan gula (%Brix) yang diperoleh menggunakan refraktometer. Nilai brix kandungan gula paling rendah diperoleh sebesar 13,8%, dan paling tinggi sebesar 16,7%. Nilai brix 13,8% (nilai brix paling rendah) menghasilkan tegangan yang paling besar di setiap frekuensinya, sedangkan nilai brix 16,7% (nilai brix paling tinggi) menghasilkan tegangan yang paling kecil di setiap frekuensinya.

Tabel 1 Tegangan keluaran kapasitor semi silinder terhadap kadar gula buah jeruk pada tiga frekuensi osilator berbeda.

Sampel ke-	Kadar Gula (% Brix)	Tingkat Manis	Tegangan Keluaran (mV)		
			10 kHz	100 kHz	1 MHz
1	13,8	Asam	637,77	2026,37	439,45
2	13,9	Asam	561,52	1970,08	415,04
3	14,1	Asam	537,11	1806,64	390,63
4	14,2	Asam	537,11	1780,3	366,21
5	14,3	Asam	512,7	1662,5	341,38
6	14,4	Asam	392,97	1591,6	341,8
7	14,5	Asam	317,38	1493,05	341,8
8	14,6	Asam	292,97	1390,73	341,8
9	14,7	Asam	292,97	1270,08	317,38
10	14,8	Asam	268,55	1175,66	292,97
11	14,9	Asam	244,14	1070,25	268,55
12	15,1	Asam	219,73	960,18	219,73
13	15,6	Asam	200,73	668,28	195,31
14	16,4	Manis	140,01	371,75	170,58
15	16,5	Manis	131,87	371,61	168,35
16	16,7	Manis	122,07	200,04	146,48



Gambar 3 Grafik hubungan tegangan keluaran terhadap kadar gula pada buah Jeruk

Berdasarkan **Gambar 3** diketahui bahwa grafik frekuensi 100 kHz turun secara linear dibandingkan frekuensi 10 kHz dan 1 MHz. Hasil pengukuran tegangan keluaran kapasitor semi silinder pada frekuensi 100 kHz memiliki *range* tegangan yang paling luas dan tinggi dibandingkan frekuensi lainnya, yaitu berada pada *range* 200,04 – 2026,37 mV. Frekuensi 10 kHz dan 1 MHz hanya berada pada *range* 122,07 – 637,77 mV. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa terjadi penurunan nilai tegangan yang diperoleh tiap kenaikan kadar gula pada buah jeruk.

Regresi Linear Tegangan Keluaran

Frekuensi 100 kHz menjadi data pada regresi linear tegangan keluaran. Hal tersebut karena frekuensi 100 kHz memiliki *range* tegangan yang paling luas dan tinggi. Hasil regresi linear ditunjukkan seperti **Gambar 4**.

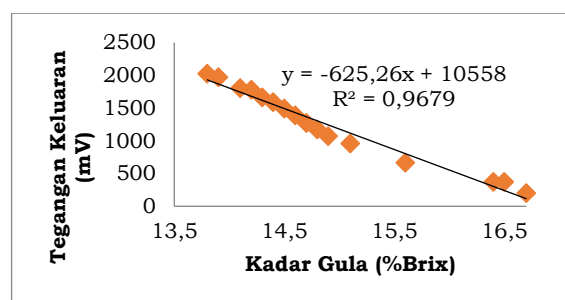
Gambar 4 menunjukkan grafik regresi linear tegangan keluaran pada frekuensi 100 KHz. Hubungan antara tingkat manis buah jeruk BW dan tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal kapasitor semi silinder memiliki pendekatan linear pada persamaan $y = -0,625,26x + 10558$ dan nilai korelasi (R^2) sebesar 0,9679. Dengan nilai korelasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa hubungan antara tingkat manis buah jeruk

yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan *pocket refractometer* dan tegangan keluaran sensor kapasitor semi silinder pada penelitian ini memiliki korelasi yang sangat kuat.

Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah terealisasi bekerja dengan baik dan akurat. Buah jeruk yang digunakan untuk pengujian sebanyak 5 buah dengan variasi tingkat manis berbeda-beda. Data lengkap pengujian alat menggunakan 5 buah jeruk terangkum pada **Tabel 2**.

Tabel 2 merupakan hasil pengujian pada pengukuran tingkat manis buah jeruk menggunakan alat hasil penelitian dan refraktometer. Nilai error rata-rata hasil pengukuran diperoleh sebesar 0,004% dan nilai akurasi alat diperoleh sebesar 99,6%. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kesalahan alat sangat kecil dan hasil pengukuran sangat mendekati nilai sesungguhnya. Oleh sebab itu alat ukur tingkat manis buah jeruk yang telah dibuat dapat dinyatakan bekerja dengan sangat baik.



Gambar 4 Grafik regresi linear tegangan keluaran 100 kHz

Tabel 2 Data pengujian alat

No	Brix Alat (% Brix)	Brix Refraktometer (% Brix)	Tingkat Manis	%E	Nilai Akurasi Alat (%)
----	--------------------	-----------------------------	---------------	----	------------------------

1.	13,65 0	13,900	Asam	0,01 0	99
2.	14,30 0	14,300	Asam	0	100
3.	14,44 0	14,500	Asam	0,00 4	99,6
4.	14,92 0	14,900	Asam	0,00 1	99,9
5.	16,62 0	16,700	Manis	0,00 4	99,6
			Nilai rata- rata	0,00 4	99,6

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa telah terealisasi alat ukur tingkat manis buah jeruk menggunakan sensor kapasitor semi silinder berbasis arduino dengan nilai *error* yang diperoleh sebesar 0,004% dan nilai akurasi alat sebesar 99,6%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anpat, S, M., Khirade, P, W., Sayyed, S, B, Design Development of a Dielectric Spectroscopy Sensor For Liquids Using Microcontroller Based System. *Bionano Frontier*, vol. 8, pp. 361-364, 2015.
- [2] Ardianto, D, A., Sunardi., Utomo, L, Pengembangan Alat Uji Kematangan Jeruk Pamelon Dengan Metode Impedansi. *EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)*, vol. 3, pp. 18-27, 2020.
- [3] Balittanah. *Manis Asamnya BW Lampung Tak Luput Andilnya Jeranti*. <https://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/berita/1526-manis-asamnya-bw-lampung-tak-luput-andilnya-jeranti.html>. Diakses pada tanggal 20 Maret 2022, pukul 23.50 WIB.
- [4] Cahyono, S., A, Model Osilator Wien dengan Pembatas Amplitudo Menggunakan Lampu Tungsten. *Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 3, pp. 100-110, 2017.
- [5] Das, S., sarkar, T., S and Chakraborty, B, A Semi-Cylindrical Capacitive Sensor Used For Soil Moisture Measurement, World Academy of Science, Engineering and Technology. *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic, and Communication Engineering*, vol. 8, pp. 160-165, 2017.
- [6] Dewi, K, N, K., Utama, I, M, S, Pengaruh Pembrian Uap Etanol Terhadap Mutu dan Masa Simpan Buah Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour var. *Microcarpa*). *Jurnal BETA*, vol. 8, pp. 10-17, 2020.
- [7] Kurniawan, E, Perancangan Sistem Sorting Buah Jeruk Manis Berbasis Perbedaan Warna Kulit Buah. *Jurnal Teknik Industri HEURISTIC*, vol. 12, pp. 92-99, 2015.
- [8] Misto, A., Mulyono, T., A, Sistem Pengukuran Kadar Gula dalam Cairan menggunakan Sensor Fotodiode Terkomputerisasi. *Jurnal Ilmu Dasar* vol. 17, pp. 13-18, 2016.
- [9] Naisa, A, P, Karakterisasi Kapasitor Semi Silinder Sebagai Sensor Tingkat Kemanisan Buah Jeruk, S.Si, Fakultas MIPA, Universitas Lampung, Lampung, 2019
- [10] Novestiana, T, R., Hidayanto, E, Penentuan Indeks Bias dari Konsentrasi Sukrosa (CH₁₂H₂₂O₁₁) Pada Sari Buah Menggunakan Portable Brix Meter. *Youngst Physical Journal*, vol. 4, pp. 173-180, 2015.

- [11]Setiawan, H., Soedibyo, D, W., Purbasari, D, Kajian Sifat Fisik Dan Kimia Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*) Semboro Berdasarkan Umur Simpan Menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, vol. 23, pp. 68-74, 2019.
- [12]Simbolon, Pengaruh Konsentrasi Emulsi Lilin dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Buah Jeruk Manis (*Citrus Sinensis*, Linn), S.Si, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2010.
- [13]Suhandy, D, Penentuan Kandungan Padatan Terlarut Buah Jeruk BW Secara Tidak Merusak Menggunakan Near Infrared Spectroscopy. *AGRITECH*, vol. 4, pp. 32-37, 2010.
- [14]Warasi, Y., M, *Apa Itu Brix Dalam Analisa Derajat Gula*. <https://cairofood.id/apa-itu-brix-analisa-derajat-gula/?amp>. Diakses pada tanggal 25 Mei 2022, pukul 08.24 WIB.
- [15]Zuhal, P, *Prinsip dasar Elektronika*. Jakarta, Gramedia Pustaka Utama, 2004.