

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan pangan ada yang berbentuk cair ada juga yang berbentuk padat. Bahan pangan umumnya dikonsumsi setelah diolah terlebih dahulu. Pengolahan bahan pangan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satunya yaitu dengan dibuat jus atau sari buah. Pembuatan jus dilakukan untuk mempertahankan kualitas bahan dengan langsung mengolah bahan tersebut dan memperpanjang masa simpan jika dipasarkan. Selain itu buah dapat dikonsumsi kapanpun sesuai dengan kebutuhan namun dalam bentuk sari buah.

Bahan pangan seperti buah harus segera diolah jika termasuk buah klimaterik. Hal ini dikarenakan laju respirasi yang akan menyebabkan cepatnya pembusukan pada buah. Jadi buah harus segera diolah dengan cara yang sering dijumpai yaitu dengan dibuat jus buah. Salah satu buah yang sering dibuat jus termasuk buah jeruk dan jambu. Jeruk dan jambu menjadi bahan pangan yang banyak diminati karena cita rasanya yang asam dan kandungan vitaminnya yang tinggi.

Setiap bahan pangan yang mengandung air pasti memiliki konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik berupa kemampuan bahan untuk menghantarkan listrik. Konduktivitas ini dapat berasal dari kandungan bahan seperti pada buah berupa kandungan air, rasa masam, magnesium dan jenis mineral lainnya. Konduktivitas listrik pada bahan dapat dimanfaatkan untuk dilakukan pemanasan agar bahan dapat diperpanjang masa simpannya. Teknik pemanasan yang sering dilakukan yaitu dengan pemanasan *Ohmic* dengan konduktivitas listrik bahan. Pemanasan *Ohmic* memanfaatkan listrik yang dilewatkan pada bahan agar bahan mengalami pemanasan. Pemanasan *Ohmic* bertujuan untuk memperpanjang umur simpan.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka perlu dilakukan praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*) yaitu untuk menghitung dan membandingkan konduktivitas listrik dari dua jenis bahan, untuk menghitung parameter yang berpengaruh terhadap sifat elektrik (konduktivitas listrik) bahan serta mengetahui prinsip pemanasan *Ohmic* agar mampu menerapkan prinsip dasar dari metode pemanasan *Ohmic* berdasarkan sifat elektrik atau konduktivitas listrik suatu bahan hasil pertanian dan mengaplikasikannya di bidang teknologi pertanian.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*) yaitu untuk menghitung dan membandingkan konduktivitas listrik dari dua jenis bahan, untuk menghitung parameter yang berpengaruh terhadap sifat elektrik (konduktivitas listrik) bahan serta mengetahui prinsip pemanasan *Ohmic*.

Kegunaan praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*) agar mampu menerapkan prinsip dasar dari metode pemanasan *Ohmic* berdasarkan sifat elektrik atau konduktivitas listrik suatu bahan hasil pertanian dan mengaplikasikannya di bidang teknologi pertanian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jus Jeruk dan Jus Jambu

Minuman jus atau sari buah adalah suatu produk olahan buah-buahan yang kaya akan kandungan gizi dan memiliki rasa yang menyegarkan. Jus biasanya dimanfaatkan untuk dikonsumsi karena kandungan vitamin dari buah yang tinggi. Jus buah adalah minuman berbahan dasar buah yang diolah dengan menggunakan blender atau alat lainnya. Jus buah sangat baik untuk kesehatan dan imunitas. Jus buah juga banyak dikonsumsi karena varian rasanya juga mampu memikat konsumen. Sari buah atau jus (*fruit juice*) adalah cairan yang terdapat secara alami dalam buah-buahan. Sari buah populer dikonsumsi manusia sebagai minuman. Sari buah merupakan hasil pengepresan, penghancuran atau ekstraksi buah segar yang telah masak melalui proses penyaringan (Winarni *et al.*, 2020).

Buah-buahan mengandung zat seperti asam askorbat, asam sitrat dan NADH (kimia yang menghasilkan energi sel) yang dalam kondisi tertentu bahan kimia tersebut bertindak sebagai elektrolit atau zat yang menghantarkan listrik. Salah satu jus buah yang sering kita jumpai adalah jus jeruk. Jeruk adalah semua tumbuhan berbunga anggota marga citrus dari suku *Rutaceae* (suku jeruk-jerukan). Anggotanya berbentuk pohon dengan buah yang berdaging dengan rasa masam yang segar, meskipun banyak di antara anggotanya yang memiliki rasa manis. Rasa masam pada buah jeruk berasal dari kandungan asam sitrat yang memang menjadi terkandung pada semua anggotanya. Asam sitrat pada jeruk termasuk benda elektrolit yang dapat menghantarkan listrik (Winarni *et al.*, 2020).

Selain jus jeruk, olahan buah yang banyak digemari dan dijadikan obat adalah jus jambu. Jambu biji yang juga dikenal sebagai *Psidium guajava* .L, adalah anggota dari keluarga *Myrtaceae* dan merupakan tanaman tropis yang umum ditemukan dengan sejumlah kegunaan tradisional. Jambu biji dikenal memiliki rasa yang manis bila disantap saat matang. Namun tidak jarang buah ini dimakan ketika kondisinya masih mentah. Biasanya orang-orang mengkonsumsinya dalam bentuk olahan lain, contohnya rujak buah. Jus jambu juga termasuk larutan elektrolit yang dapat menghantarkan listrik. Hal ini karena kandungan magnesium dan rasa asam pada beberapa jenis jambu biji (Winarni *et al.*, 2020).

2.2 Pemanasan *Ohmic*

Pemanasan *Ohmic* mengambil nama dari hukum Ohm, yang dikenal sebagai hubungan antara arus, tegangan, dan tahanan. Pemanasan *Ohmic* yang dikenal sebagai *joule heating* atau *resistance heating* merupakan teknik pemanasan dengan melewatkan arus listrik pada bahan pangan yang merupakan material konduktif. Pemanasan *Ohmic* berbeda dengan pemanas *microwave* dari segi penggunaan frekuensi. Teknologi pemanasan *Ohmic* dapat diterapkan, tidak hanya untuk cairan tetapi juga untuk multi-fase campuran cair-padat. Dalam bidang pengolahan pangan, pemanasan *Ohmic* didefinisikan sebagai suatu proses dimana bahan pangan (cair, padatan, atau campuran antara keduanya) dipanaskan secara simultan dengan mengalirkan arus listrik melaluinya (Knirsch *et al.*, 2011).

Ketika bahan mengandung cukup air dan elektrolit memungkinkan lewatnya arus listrik, pemanasan *Ohmic* dapat digunakan untuk menghasilkan panas di dalam produk. Pemanasan *Ohmic* didefinisikan sebagai proses di mana listrik arus (biasanya bolak-balik) dilewatkan melalui bahan dengan tujuan utama memanaskannya. Pemanasan terjadi dalam bentuk internal transformasi energi (dari listrik ke termal) di dalam materi. Oleh karena itu, pemanasan *Ohmic* dapat dilihat sebagai teknologi pembangkit energi termal internal, dan tidak hanya sebagai transfer energi panas yang artinya itu tidak bergantung pada perpindahan panas baik melalui zat padat antarmuka cair atau di dalam padatan dalam sistem dua fase. Pemanasan *Ohmic* memungkinkan untuk memanaskan material pada suhu dengan suhu yang sangat cepat (secara umum, dari beberapa detik hingga beberapa menit). Hal ini juga memungkinkan dalam keadaan tertentu jika benda besar dan cairan pembawa menjadi panas pada tingkat yang sebanding sehingga menggunakan suhu tinggi waktu singkat dan suhu sangat tinggi (Knirsch *et al.*, 2011).

Meningkatkan kandungan elektrolit dalam makanan untuk meningkatkan konduktivitas listrik dapat dicapai dengan menambahkan garam melalui perendaman atau blansing padatan dalam larutan garam. Ini dapat digunakan sebagai pretreatment untuk pemanasan *Ohmic* untuk partikulat makanan untuk mendapatkan perlakuan panas yang seragam, jika komposisi dan sifat lain dari makanan tidak terlalu banyak terpengaruh. Namun, perendaman suhu rendah memiliki kelemahan karena memakan waktu (Knirsch *et al.*, 2011).

Elektroda yang digunakan harus memiliki kemampuan menghantarkan listrik yang baik dan komponennya tidak mudah untuk berpindah ke bahan pangan. Pemanasan *Ohmic* dicapai melalui aplikasi medan listrik (*electric field*) pada pangan yang memiliki konduktivitas listrik yang berada diantara dua elektroda dan kontak langsung dengannya (Vicente and Ines, 2017).

Laju pemanasan (*heating rates*) merupakan naiknya temperatur proses pada pemanasan dan akan menentukan sifat dari material yang dipanaskan. Laju pemanasan *Ohmic* berbanding lurus dengan kuadrat kuat medan listrik dan konduktivitas listrik. Desain pemanas *Ohmic* yang efektif tergantung pada konduktivitas listrik makanan. Sebagian besar percobaan telah dilakukan pada konduktivitas listrik produk buah cair seperti jus (Vicente and Ines, 2017).

Menurut (Kustoro, 2017) berikut beberapa keterbatasan dari pemanasan *Ohmic*, yaitu:

- a. Pemanasan *Ohmic* tidak efektif jika digunakan untuk memanaskan bahan pangan memiliki partikel besar seperti daging.
- b. Pemanasan *Ohmic* tidak dianjurkan dilakukan pada makanan rendah-asam seperti daging sapi rebus ,karena dapat menyebabkan keracunan makanan yang fatal jika diberikan perlakuan panas yang kurang.
- c. Produk akan cenderung menjadi *overprocessed* jika penukar panas konvensional yang digunakan untuk menambahkan panas itu digunakan untuk partikulat makanan.
- d. Kekhawatiran ini telah menghambat pengembangan kemasan aseptik untuk makanan yang mengandung partulates.

Menurut (Kustoro, 2017) berikut keuntungan dari pemanasan *Ohmic* yaitu:

- a. Partikel makanan tidak akan mengalami gradien kenaikan suhu yang signifikan dari luar bahan makanan.
- b. Makanan dapat dipanaskan tanpa mengalami kerusakan akibat panas seperti pada pemanasan biasa yang mengalami kerusakan pada permukaan bahan makanan.
- c. Tidak ada perpindahan panas yang langsung pada permukaan produk.
- d. Partikel padat dan cair dipanaskan hampir bersamaan.
- e. Panas pada bahan akan merata.

2.3 Parameter Pemanasan *Ohmic*

Menurut berikut beberapa parameter yang mempengaruhi proses pemanasan *Ohmic*, diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Arus dan Tegangan Listrik

Kerapatan arus listrik (*current density*) adalah rasio antara arus dan luas permukaan elektroda. Hal ini penting untuk diperhatikan karena digunakan untuk merancang dimensi dari elektroda. Beda tegangan listrik yang digunakan pada proses akan mempengaruhi waktu pemanasan *Ohmic*, pembentukan panas per unit waktu akan meningkat seiring dengan kenaikan beda tegangan yang digunakan.

b. Frekuensi dan Bentuk Gelombang

Frekuensi dan bentuk gelombang pada tegangan yang digunakan dapat memberikan pengaruh pada nilai konduktivitas dan proses pemanasan bahan. Seperti pada industri pangan dilaporkan bahwa ketika frekuensi bahan ditingkatkan dari 50 – 10.000 Hz maka waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan bahan hingga suhu 80°C mengalami peningkatan 6 kali lipat. Pada proses pemanasan *Ohmic* tipe frekuensi rendah yakni sekitar 50-60 Hz dapat menyebabkan oksigen dan hidrogen mengalami perubahan dan akan menyebabkan elektrolisis pada air.

c. Konduktivitas Elektrik

Parameter utama yang mempengaruhi efektivitas proses pemanasan *Ohmic* adalah konduktivitas elektrik (σ). Konduktivitas elektrik menunjukkan nilai efektivitas bahan mampu mengakomodasi pergerakan muatan elektrik. Nilai tersebut didapatkan dari rasio densitas dan kekuatan medan listrik.

2.4 Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik pada bahan pangan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kekuatan ionik, air bebas dan struktur mikro dari bahan. Keberadaan komponen ionik seperti asam dan garam akan meningkatkan nilai konduktivitas, sedangkan keberadaan komponen *non-polar* seperti lemak dapat menurunkan nilai konduktivitas. Konduktivitas listrik pada beberapa bahan tidaklah konstan dan itu bergantung pada suhu bahan, normalnya berhubungan secara linier. Efisiensi proses pemanasan *Ohmic* bergantung pada konduktivitas listrik dari bahan pangan. Semakin tinggi nilai konduktivitasnya maka efisiensinya

akan semakin meningkat. Setiap bahan memiliki nilai konduktivitas yang berbeda-beda tergantung dari kandungan bahannya. Nilai tersebut didapatkan dari rasio densitas dan kekuatan medan listrik (Goullieux & Pain, 2014).

Konduktivitas listrik produk makanan biasanya meningkat dengan kadar air, suhu, tegangan gradien, dan frekuensi. Variasi ini adalah hasil dari peningkatan mobilitas ion pada ketinggian suhu dan merupakan fungsi dari konsentrasi individu ion diwakili oleh koefisien difusi. Konduktivitas listrik menurun dengan kenaikan suhu setelah dimulainya gelembung. Penurunan konduktivitas listrik dapat disebabkan oleh peningkatan konsentrasi padatan (karena penguapan air) menyebabkan hambatan dalam gerakan ionik (Goullieux & Pain, 2014).

2.5 Prinsip Kerja

Secara teori, setiap bahan pangan memiliki hambatan (biasa dikenal sebagai *specific electrical resistance*) yang dapat menghasilkan panas apabila ada listrik yang melewatinya. Dasar inilah yang digunakan dalam teknologi pemanasan *Ohmic*. Pemanasan *Ohmic* menggunakan hambatan listrik dari produk pangan tersebut untuk menghasilkan energi yang akan menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur sehingga pemanasan yang terjadi akan dapat berjalan cepat dan seragam. Panas akan dihasilkan apabila arus listrik dilewatkan pada makanan yang mengandung spesies ionik (makanan yang mengandung garam dan asam). Bila dibandingkan dengan pemanasan konvensional dimana pemanasan diberikan dari luar permukaan bahan pangan, maka pada pemanasan *Ohmic*, pemanasan terjadi dari dalam dan di seluruh bagian bahan pangan (Saxena *et al.*, 2016).

2.6 Mekanisme Kerja

Setiap bahan pangan memiliki hambatan (*specific electrical resistance*) yang dapat menghasilkan panas apabila ada listrik yang melewatinya. Pemanasan *Ohmic* menggunakan hambatan listrik dari produk pangan tersebut untuk menghasilkan energi panas yang akan menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur pada bahan pangan sehingga pemanasan yang terjadi akan dapat berjalan cepat dan seragam tahuu merata. Bila dibandingkan dengan pemanasan konvensional pada biasanya dimana pemanasan diberikan dari luar (*external heating*) permukaan bahan pangan, maka pada pemanasan *Ohmic* berupa pemanasan dari dalam (Sekaran *et al.*, 2018).

3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Praktikum praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*) dilaksanakan pada Rabu, 18 Mei 2022 pukul 13.00 WITA bertempat di *Teaching Industry*, Program Studi Teknik Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*) yaitu sistem pemanasan *Ohmic* skala laboratorium, kunci L, alat tulis, laptop dan kamera *handphone*.

Bahan yang digunakan pada praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*) yaitu jus buah jambu, jus buah jeruk dan *tissue*.

3.3 Prosedur Praktikum

Adapun prosedur kerja pada praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*) adalah sebagai berikut:

1. Mengenalkan komponen sistem pemanas *Ohmic*.
2. Menghubungkan laptop dengan data *logger*.
3. Memasang elektroda dan tutup *reactor* pada salah satu ujung *reactor*.
4. Memasukkan sampel jus buah jeruk ke dalam *reactor*.
5. Menutup *reactor* dengan rapat menggunakan kunci L.
6. Menghubungkan sensor suhu pada *reactor* dengan *control panel*.
7. Menyalakan pemanas dan mengatur suhu target pada *control panel*.
8. Menunggu hingga sampel mencapai suhu target (70 °C).
9. Mematikan pemanasan *Ohmic*.
10. Membuka tutup *reactor* dan secara perlahan mengeluarkan sampel jus buah jambu dari *reactor*.
11. Memasukkan data yang telah didapatkan dari data *logger* ke *excel* untuk diolah.
12. Mendokumentasikan praktikum.

3.4 Rumus yang Digunakan

Adapun rumus yang digunakan pada praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*) yaitu:

$$\sigma = \frac{I}{V} \times \frac{L}{A}$$

Keterangan:

I = Kuat arus (A),

V = Tegangan (V),

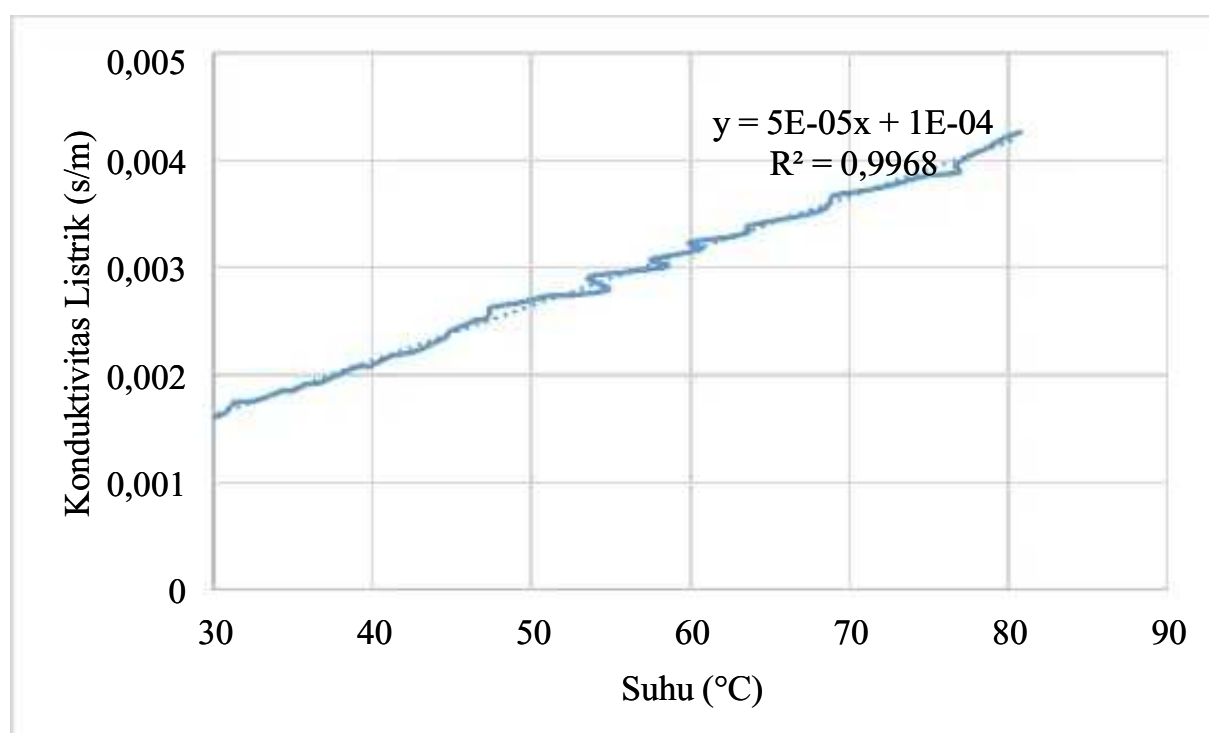
L = Jarak antar elektroda (m),

A = Luas penampang dari *reactor Ohmic* (m²).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

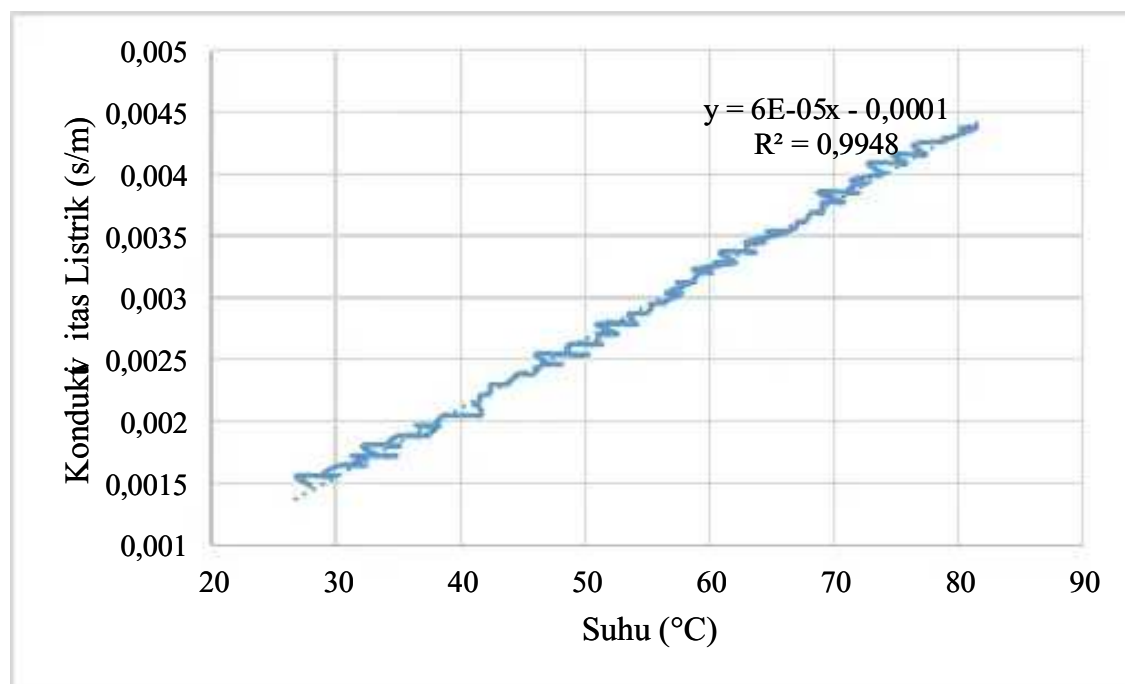
4.1 Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik termasuk parameter yang menentukan laju hantar suatu bahan pada pemanasan *Ohmic*. Konduktivitas listrik menunjukkan tingkat kemampuan cairan dalam menghantarkan listrik yang berhubungan dengan pergerakan ion di dalam larutan, ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik yang besar. Konduktivitas listrik larutan dipengaruhi oleh jumlah ion, mobilitas ion, tingkat oksidasi serta suhu. Konduktivitas pada buah seperti pada jus jeruk dan jambu juga cenderung meningkat terhadap lama penyimpanan. Adanya rasa asam pada jus jeruk dan jambu menyebabkan adanya konduktivitas listrik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Winarni *et al* (2020) bahwa asam sitrat pada jeruk dan jambu termasuk benda elektrolit yang dapat menghantarkan listrik.



Gambar 3-1. Grafik hubungan antara suhu dengan konduktivitas listrik pada jus jambu.

Berdasarkan grafik hubungan antara suhu dengan konduktivitas listrik pada jus jambu terlihat konduktivitas listrik semakin meningkat seiring meningkatnya suhu. Jus jambu mengandung rasa masam yang dapat memicu konduktivitas listrik pada bahan. Selain itu kandungan magnesium dan larutan air yang termasuk elektrolit pada jambu juga menjadi bahan penghantar yang memicu konduktivitas listrik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Winarni *et al* (2020) bahwa rasa asam pada jeruk dan jambu termasuk benda elektrolit yang dapat menghantarkan listrik.

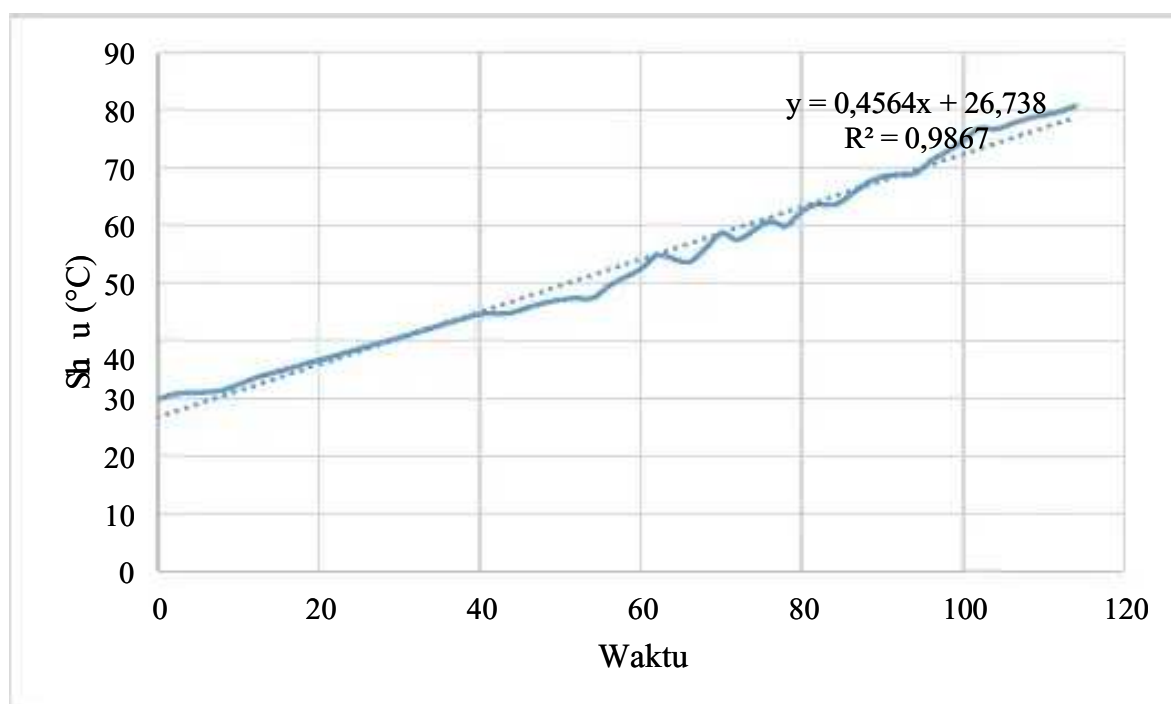


Gambar 3-2. Grafik hubungan antara suhu dan konduktivitas listrik pada jus jeruk.

Berdasarkan grafik hubungan antara suhu dan konduktivitas listrik pada jus jeruk terlihat konduktivitas semakin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Konduktivitas listrik pada jus jeruk lebih tinggi dibandingkan dengan jus jambu karena kadar asam sitrat dan tingginya rasa asam menyebabkan konduktivitas listriknya juga besar. Buah-buahan dan sayuran yang mengandung asam mineral yang berupa asam klorida, asam sitrat merupakan elektrolit kuat yang terurai sempurna menjadi ion dalam larutan air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Winarni *et al* (2020) bahwa asam sitrat pada jeruk dan jambu termasuk benda elektrolit yang dapat menghantarkan listrik.

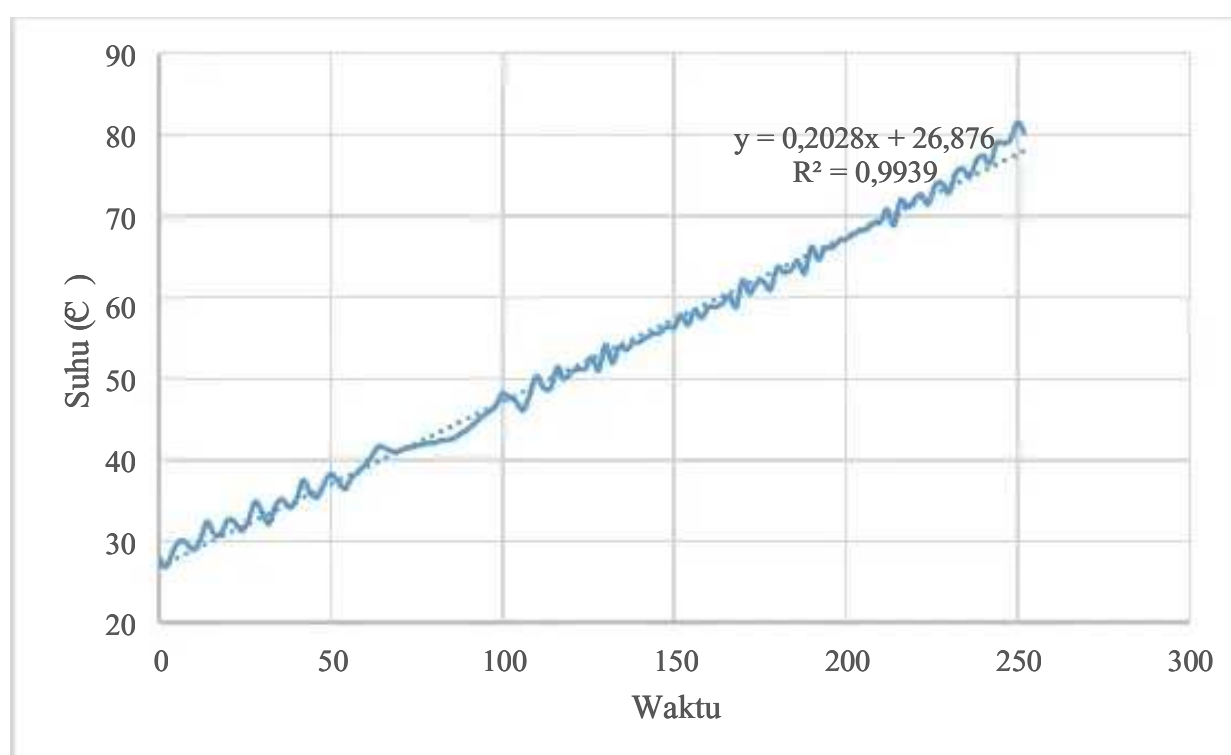
4.2 Laju Pemanasan

Laju pemanasan pada bahan berupa seberapa cepat proses pematangan bahan dilihat dari suhu yang dipengaruhi oleh waktu. Laju pemanasan pada bahan akan semakin besar jika diiringi dengan peningkatan suhu. Konduktivitas listrik produk makanan biasanya meningkat dengan kadar air, suhu, tegangan gradien, dan frekuensi. Konduktivitas listrik menurun dengan kenaikan suhu setelah dimulainya gelembung atau setelah kandungan airnya semakin berkurang dikarenakan air termasuk bahan elektrolit yang mampu menghantarkan listrik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Goullieux & Pain (2014) bahwa penurunan konduktivitas listrik dapat disebabkan oleh peningkatan konsentrasi padatan (karena penguapan air) menyebabkan hambatan dalam gerakan ionik.



Gambar 3-3. Grafik hubungan antara suhu dan waktu pada jus jambu.

Berdasarkan grafik hubungan antara suhu dan waktu pada jus jambu diperoleh hasil laju pemanasan semakin meningkat seiring lamanya waktu pemanasan. Laju pemanasan juga semakin meningkat seiring meningkatnya konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik semakin meningkat ditandai dengan semakin meningkatnya suhu pada bahan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Vicente dan Ines (2017) bahwa laju pemanasan *Ohmic* berbanding lurus dengan kuadrat kuat medan listrik dan konduktivitas listrik.



Gambar 3-4. Grafik hubungan antara suhu dan waktu pada jus jeruk.

Berdasarkan grafik hubungan antara suhu dan waktu pada jus jeruk terlihat laju pemanasan semakin meningkat seiring lamanya waktu pemanasan. Laju pemanasan

juga semakin meningkat seiring meningkatnya konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik pada jeruk besar karna rasa masam dari jeruk. Konduktivitas listrik semakin meningkat ditandai dengan semakin meningkatnya suhu pada bahan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Vicente dan Ines (2017) bahwa laju pemanasan *Ohmic* berbanding lurus dengan kuadrat kuat medan listrik dan konduktivitas listrik.

4.3 Tabel Persamaan Konduktivitas Listrik dan Laju Pemanasan

Tabel 3-1. Persamaan konduktivitas listrik

| No. | Jenis Jus | Persamaan |
|-----|-----------|-----------------------|
| 1 | Jus Jambu | $y = 5E-05x + 1E-04$ |
| 2 | Jus Jeruk | $y = 6E-05x - 0.0001$ |

Tabel 3-2. Persamaan laju pemanasan

| No. | Jenis Jus | Persamaan |
|-----|-----------|------------------------|
| 1 | Jus Jambu | $y = 0.4564x + 26.738$ |
| 2 | Jus Jeruk | $y = 0.2028x + 26.876$ |

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pemanasan *Ohmic* menggunakan hambatan listrik dari produk pangan tersebut untuk menghasilkan energi yang akan menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur sehingga pemanasan yang terjadi akan dapat berjalan cepat dan seragam. Panas akan dihasilkan apabila arus listrik dilewatkan pada makanan yang mengandung spesies ionik (makanan yang mengandung garam dan asam). Konduktivitas listrik pada jeruk dan jambu berbeda. Jus jeruk konduktivitasnya lebih besar dibanding jus jambu karena kandungan asam sitratnya yang termasuk elektrolit juga lebih besar. Parameter yang berpengaruh pada konduktivitas listrik yaitu suhu dan konduktivitas listrik bahan serta kandungan zat elektrolit bahan. Prinsip kerja dari pemanasan *Ohmic* yaitu dengan mengalirkan listrik pada bahan sehingga konduktivitas listrik pada bahan akan memicu pemanasan pada bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Goullieux, A., & Pain, J.-P. (2014). Chapter 22 – *Ohmic Heating. Emerging Technologies for Food Processing (Second Edition)*. Monaco. Elsevier.
- Luis, F., & Moncayo, G. (2017). Kinetika Reaksi Pada Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah Penggorengan Vakum Menggunakan Metode Pemanasan *Ohmic*. *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Saxena, J., Makroo, H. A., & Srivastava, B. (2016). *Optimization of time-electric field combination for PPO inactivation in sugarcane juice by Ohmic heating and its shelf life assessment. LWT - Food Science and Technology, 71*, 329–338.
- Sekaran, Holliday, C. O. J., Schmidheiny. (2018). *Pakistan Research Journal of Management Sciences, 7*(5), 1–2.
- Winarni, L. M., Lestari, D. P., & Wibisono, A. Y. G. (2020). Pengaruh Pemberian Jus Jambu Biji Merah Dan Jeruk Terhadap Peningkatan Kadar Hemoglobin Pada Ibu Hamil Anemia: *A Literature Review. Jurnal Menara Medika, 2*(2), 119–127.

LAMPIRAN

Lampiran 3-1. Tabel perhitungan konduktivitas listrik dan laju pemanasan.

Tabel 3-3. Perhitungan nilai konduktivitas listrik jus jambu.

| Suhu (°C) | Konduktivitas Listrik (s/m) |
|-----------|-----------------------------|
| 29.76413 | 0.001590147 |
| 30.71773 | 0.001643414 |
| 31.01077 | 0.001697878 |
| 31.084 | 0.001699156 |
| 31.37681 | 0.001748396 |
| 32.37592 | 0.001751024 |
| 33.48179 | 0.001801382 |
| 34.31946 | 0.001852903 |
| 35.0337 | 0.001852903 |
| 35.85613 | 0.001914288 |
| 36.62891 | 0.001924412 |
| 37.37636 | 0.001968707 |
| 38.17077 | 0.00202313 |
| 39.01192 | 0.002075993 |
| 39.73175 | 0.002077552 |
| 40.52234 | 0.002130374 |
| 41.38334 | 0.002186394 |
| 42.19511 | 0.002201284 |
| 43.077 | 0.002240816 |
| 43.83843 | 0.002295239 |
| 44.62243 | 0.002351429 |
| 44.66991 | 0.002349661 |
| 44.85976 | 0.002405889 |
| 45.79342 | 0.002461614 |
| 46.55069 | 0.002514186 |
| 47.11788 | 0.002514186 |
| 47.40123 | 0.002570537 |
| 47.35402 | 0.002625001 |
| 49.52128 | 0.002679461 |
| 51.00001 | 0.002735983 |
| 52.42768 | 0.002740107 |
| 54.8758 | 0.002792584 |
| 54.22411 | 0.002849277 |
| 53.61823 | 0.002914846 |
| 56.01427 | 0.002960675 |
| 58.65328 | 0.00301303 |

Lanjutan data konduktivitas listrik jus jambu

| | |
|----------|-------------|
| 57.47432 | 0.003069928 |
| 59.13795 | 0.003122199 |
| 60.75031 | 0.003176782 |
| 59.89869 | 0.003231369 |
| 62.50421 | 0.003285952 |
| 63.74057 | 0.003338019 |
| 63.51183 | 0.003382373 |
| 65.29343 | 0.003436752 |
| 67.31911 | 0.003493757 |
| 68.47648 | 0.003548177 |
| 68.83908 | 0.003613462 |
| 68.95234 | 0.003670813 |
| 71.23524 | 0.003722628 |
| 72.83444 | 0.00377437 |
| 74.65331 | 0.003849207 |
| 76.91307 | 0.003886385 |
| 76.64506 | 0.003940968 |
| 77.60487 | 0.004047087 |
| 78.52925 | 0.004101632 |
| 79.13014 | 0.004156174 |
| 79.7526 | 0.004207549 |
| 80.77379 | 0.004262053 |

Tabel 3-4. Perhitungan nilai konduktivitas listrik jus jambu jus jeruk

| Suhu (°C) | Konduktivitas Listrik (s/m) |
|-----------|-----------------------------|
| 28.0014 | 0.001478083 |
| 26.7969 | 0.001558007 |
| 28.7865 | 0.001558007 |
| 30.0594 | 0.001559764 |
| 29.766 | 0.001558007 |
| 28.8845 | 0.001559764 |
| 30.1328 | 0.001641445 |
| 32.4494 | 0.001641445 |
| 30.8411 | 0.001641445 |
| 30.8899 | 0.00163775 |
| 32.644 | 0.001721192 |
| 32.3764 | 0.001723133 |
| 31.2315 | 0.001721192 |
| 32.571 | 0.001721192 |
| 34.9002 | 0.001721192 |
| 33.4943 | 0.001723133 |
| 32.1087 | 0.001804814 |

Lanjutan data konduktivitas listrik jus jeruk

| | |
|---------|-------------|
| 34.4643 | 0.001804814 |
| 35.1905 | 0.001802781 |
| 34.1008 | 0.001802781 |
| 35.0696 | 0.00188437 |
| 37.5312 | 0.001886496 |
| 35.9157 | 0.00188437 |
| 35.384 | 0.00188437 |
| 37.0495 | 0.00188437 |
| 38.325 | 0.001965965 |
| 37.4349 | 0.001965965 |
| 36.3744 | 0.001965965 |
| 37.8441 | 0.001968182 |
| 38.5412 | 0.002047554 |
| 39.4053 | 0.002047554 |
| 40.5071 | 0.002049863 |
| 41.7259 | 0.002049863 |
| 41.3916 | 0.002131549 |
| 41.0333 | 0.002131549 |
| 41.1049 | 0.002133957 |
| 41.4633 | 0.002136369 |
| 41.5827 | 0.002213232 |
| 41.8691 | 0.002215732 |
| 42.036 | 0.002215732 |
| 42.0599 | 0.002215732 |
| 42.3699 | 0.002218237 |
| 42.4175 | 0.002297506 |
| 42.7034 | 0.002300103 |
| 43.251 | 0.002294913 |
| 43.7979 | 0.002297506 |
| 44.5378 | 0.002381974 |
| 45.2929 | 0.002379284 |
| 45.9322 | 0.002379284 |
| 46.5235 | 0.002458281 |
| 48.1988 | 0.002461058 |
| 47.6095 | 0.002461058 |
| 47.232 | 0.002461058 |
| 46.0269 | 0.002542832 |
| 48.1752 | 0.002539962 |
| 50.3144 | 0.002539962 |
| 48.7874 | 0.002539962 |
| 48.7168 | 0.00262165 |

Lanjutan data konduktivitas listrik jus jeruk

| | |
|---------|-------------|
| 51.4391 | 0.002624611 |
| 49.8685 | 0.00262165 |
| 50.7833 | 0.002624611 |
| 51.2284 | 0.002706385 |
| 51.1113 | 0.002706385 |
| 52.6547 | 0.002706385 |
| 50.9239 | 0.002785017 |
| 54.24 | 0.002785017 |
| 51.8368 | 0.002803996 |
| 53.9839 | 0.002785017 |
| 53.4946 | 0.002866699 |
| 54.3796 | 0.002869937 |
| 54.5192 | 0.002866699 |
| 55.054 | 0.002876432 |
| 55.5418 | 0.002955047 |
| 55.6115 | 0.002955047 |
| 56.4465 | 0.002955047 |
| 56.1915 | 0.002958391 |
| 57.8584 | 0.003036918 |
| 56.5392 | 0.003036918 |
| 58.4588 | 0.003118785 |
| 57.3957 | 0.003118785 |
| 58.8511 | 0.003118785 |
| 58.7819 | 0.003118785 |
| 59.1279 | 0.003200651 |
| 60.2239 | 0.003200651 |
| 58.6896 | 0.003226183 |
| 62.1627 | 0.003282522 |
| 60.4405 | 0.003282522 |
| 61.7499 | 0.003286237 |
| 61.9793 | 0.003297435 |
| 60.8219 | 0.003368195 |
| 63.6965 | 0.003368195 |
| 62.9645 | 0.003368195 |
| 63.262 | 0.003450159 |
| 64.4731 | 0.003446259 |
| 62.8729 | 0.003446259 |
| 66.2506 | 0.003528127 |
| 64.5872 | 0.003536123 |
| 66.0913 | 0.003532119 |
| 66.0458 | 0.003532119 |

Lanjutan data konduktivitas listrik jus jeruk

| | |
|---------|-------------|
| 66.9327 | 0.00356033 |
| 67.0917 | 0.003614078 |
| 67.6366 | 0.003605917 |
| 68.181 | 0.003687695 |
| 68.2943 | 0.003691864 |
| 69.1549 | 0.003687695 |
| 69.1229 | 0.003769469 |
| 70.8496 | 0.003769469 |
| 68.7248 | 0.003851243 |
| 71.9989 | 0.003846897 |
| 70.9849 | 0.003851243 |
| 71.9671 | 0.00391974 |
| 72.6515 | 0.00391974 |
| 71.3589 | 0.003946391 |
| 73.7971 | 0.003996741 |
| 74.0439 | 0.004001238 |
| 72.7321 | 0.004087338 |
| 75.2763 | 0.004082736 |
| 75.8579 | 0.004082736 |
| 74.7744 | 0.004154885 |
| 76.7963 | 0.004154885 |
| 77.4432 | 0.004154885 |
| 76.3627 | 0.0042362 |
| 79.1127 | 0.004269763 |
| 78.8236 | 0.004293413 |
| 79.4239 | 0.004293413 |
| 81.5309 | 0.004374274 |
| 80.1567 | 0.004369396 |

Tabel 3-5. Perhitungan nilai laju pemanasan jus jambu

| Waktu (s) | Suhu (°C) |
|-----------|-----------|
| 0 | 29.76413 |
| 2 | 30.71773 |
| 4 | 31.01077 |
| 6 | 31.084 |
| 8 | 31.37681 |
| 10 | 32.37592 |
| 12 | 33.48179 |
| 14 | 34.31946 |
| 16 | 35.0337 |
| 18 | 35.85613 |

Lanjutan data laju pemanasan jus jambu

| | |
|-----|----------|
| 20 | 36.62891 |
| 22 | 37.37636 |
| 24 | 38.17077 |
| 26 | 39.01192 |
| 28 | 39.73175 |
| 30 | 40.52234 |
| 32 | 41.38334 |
| 34 | 42.19511 |
| 36 | 43.077 |
| 38 | 43.83843 |
| 40 | 44.62243 |
| 42 | 44.66991 |
| 44 | 44.85976 |
| 46 | 45.79342 |
| 48 | 46.55069 |
| 50 | 47.11788 |
| 52 | 47.40123 |
| 54 | 47.35402 |
| 56 | 49.52128 |
| 58 | 51.00001 |
| 60 | 52.42768 |
| 62 | 54.8758 |
| 64 | 54.22411 |
| 66 | 53.61823 |
| 68 | 56.01427 |
| 70 | 58.65328 |
| 72 | 57.47432 |
| 74 | 59.13795 |
| 76 | 60.75031 |
| 78 | 59.89869 |
| 80 | 62.50421 |
| 82 | 63.74057 |
| 84 | 63.51183 |
| 86 | 65.29343 |
| 88 | 67.31911 |
| 90 | 68.47648 |
| 92 | 68.83908 |
| 94 | 68.95234 |
| 96 | 71.23524 |
| 98 | 72.83444 |
| 100 | 74.65331 |

Lanjutan data laju pemanasan jus jambu

| | |
|-----|----------|
| 104 | 76.64506 |
| 106 | 77.60487 |
| 108 | 78.52925 |
| 110 | 79.13014 |
| 112 | 79.7526 |
| 114 | 80.77379 |

Tabel 3-6. Perhitungan nilai laju pemanasan jus jeruk

| Waktu (s) | Suhu (°C) |
|-----------|-----------|
| 0 | 28.0014 |
| 2 | 26.7969 |
| 4 | 28.7865 |
| 6 | 30.0594 |
| 8 | 29.766 |
| 10 | 28.8845 |
| 12 | 30.1328 |
| 14 | 32.4494 |
| 16 | 30.8411 |
| 18 | 30.8899 |
| 20 | 32.644 |
| 22 | 32.3764 |
| 24 | 31.2315 |
| 26 | 32.571 |
| 28 | 34.9002 |
| 30 | 33.4943 |
| 32 | 32.1087 |
| 34 | 34.4643 |
| 36 | 35.1905 |
| 38 | 34.1008 |
| 40 | 35.0696 |
| 42 | 37.5312 |
| 44 | 35.9157 |
| 46 | 35.384 |
| 48 | 37.0495 |
| 50 | 38.325 |
| 52 | 37.4349 |
| 54 | 36.3744 |
| 56 | 37.8441 |
| 58 | 38.5412 |
| 60 | 39.4053 |
| 62 | 40.5071 |

Lanjutan data laju pemanasan jus jeruk

| | |
|-----|---------|
| 64 | 41.7259 |
| 66 | 41.3916 |
| 68 | 41.0333 |
| 70 | 41.1049 |
| 72 | 41.4633 |
| 74 | 41.5827 |
| 76 | 41.8691 |
| 78 | 42.036 |
| 80 | 42.0599 |
| 82 | 42.3699 |
| 84 | 42.4175 |
| 86 | 42.7034 |
| 88 | 43.251 |
| 90 | 43.7979 |
| 92 | 44.5578 |
| 94 | 45.2929 |
| 96 | 45.9322 |
| 98 | 46.5235 |
| 100 | 48.1988 |
| 102 | 47.6095 |
| 104 | 47.232 |
| 106 | 46.0269 |
| 108 | 48.1752 |
| 110 | 50.3144 |
| 112 | 48.7874 |
| 114 | 48.7168 |
| 116 | 51.4391 |
| 118 | 49.8685 |
| 120 | 50.7833 |
| 122 | 51.2284 |
| 124 | 51.1113 |
| 126 | 52.6547 |
| 128 | 50.9239 |
| 130 | 54.24 |
| 132 | 51.8368 |
| 134 | 53.9839 |
| 136 | 53.4946 |
| 138 | 54.3796 |
| 140 | 54.5192 |
| 142 | 55.054 |
| 144 | 55.5418 |

Lanjutan data laju pemanasan jus jeruk

| | |
|-----|---------|
| 146 | 55.6115 |
| 148 | 56.4465 |
| 150 | 56.1915 |
| 152 | 57.8584 |
| 154 | 56.5392 |
| 156 | 58.4588 |
| 158 | 57.3957 |
| 160 | 58.8511 |
| 162 | 58.7819 |
| 164 | 59.1279 |
| 166 | 60.2239 |
| 168 | 58.6896 |
| 170 | 62.1627 |
| 172 | 60.4405 |
| 174 | 61.7499 |
| 176 | 61.9793 |
| 178 | 60.8219 |
| 180 | 63.6965 |
| 182 | 62.9645 |
| 184 | 63.262 |
| 186 | 64.4731 |
| 188 | 62.8729 |
| 190 | 66.2506 |
| 192 | 64.5872 |
| 194 | 66.0913 |
| 196 | 66.0458 |
| 198 | 66.9327 |
| 200 | 67.0917 |
| 202 | 67.6366 |
| 204 | 68.181 |
| 206 | 68.2943 |
| 208 | 69.1549 |
| 210 | 69.1229 |
| 212 | 70.8496 |
| 214 | 68.7248 |
| 216 | 71.9989 |
| 218 | 70.9849 |
| 220 | 71.9671 |
| 222 | 72.6515 |
| 224 | 71.3589 |
| 226 | 73.7971 |

Lanjutan data laju pemanasan jus jeruk

| | |
|-----|---------|
| 228 | 74.0439 |
| 230 | 72.7321 |
| 232 | 75.2763 |
| 234 | 75.8579 |
| 236 | 74.7744 |
| 238 | 76.7963 |
| 240 | 77.4432 |
| 242 | 76.3627 |
| 244 | 79.1127 |
| 246 | 78.8236 |
| 248 | 79.4239 |
| 250 | 81.5309 |
| 252 | 80.1567 |

Lampiran 3-2. Dokumentasi Praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*)



Gambar 3-5. Dokumentasi Praktikum Sifat Elektrik Bahan (Pemanasan *Ohmic*).