

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biolistrik

Biolistrik adalah suatu energi yang dimiliki oleh jaringan biologis dan bersumber dari ATP (*Adenosine Tri Posphate*) yang dihasilkan oleh mitokondria melalui respirasi sel. Sel-sel jaringan biologis mampu menghasilkan potensial listrik yang adalah lapisan tipis permukaan luar bermuatan positif dan permukaan dalam bidang batas/membran bermuatan negatif. Di dalam sel terdapat ion Na^+ , K^+ dan Cl^- juga protein, pada saat tidak ada sinyal listrik muatan yang terdapat dalam sel lebih bermuatan negatif dibandingkan pada luar sel (Solechah, 2015).

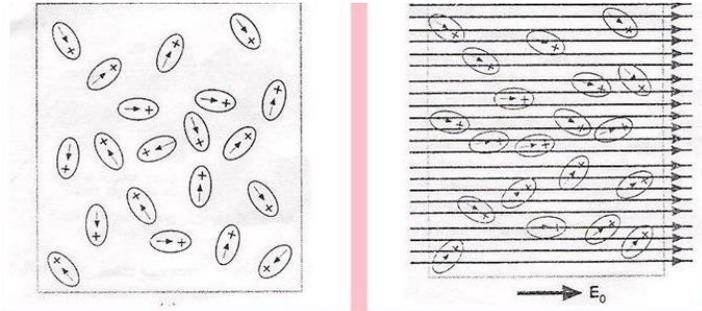
Sifat dielektrik merupakan kemampuan dari suatu bahan untuk menyimpan, mentransmisikan dan memantulkan energi gelombang elektromagnetik. Bahan dielektrik memiliki khas sifat dielektrik yang berbeda dan dapat dibedakan pada setiap kandungan yang ada pada bahan tersebut. Pengukuran yang digunakan pada sifat dielektrik akan terdapat nilai kapasitansi, kapasitansi memiliki arti penting dalam pengukuran bahan dielektrik (Juansah, 2008).

Bahan dielektrik adalah suatu bahan yang tidak memiliki muatan bebas, tetapi sangat berpengaruh pada kelistrikan bahan tersebut. Bahan dielektrik sangat penting untuk kelistrikan karena sifatnya yang mampu menyimpan muatan listrik, melewatkan arus AC (bolak-balik) dan juga menahan arus DC (searah). Bahan dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil ataupun juga bahkan bisa hampir tidak ada, dan bahan dielektrik dapat berupa padatan, cair maupun gas. Ketika bahan dielektrik berada dalam medan listrik, muatan listrik yang berada didalamnya tidak akan mengalami pergerakan dan tidak akan timbul arus seperti bahan konduktor ataupun semikonduktor, tetapi akan mengalami pergeseran dari posisi setimbangnya dan terjadi adanya pengutuban dielektrik. Pengutuban ini akan menyebabkan muatan positif bergerak menuju kutub negatif medan listrik, dan muatan kutub negatif bergerak pada arah yang berlawanan. Dengan sifat ini bahan dielektrik dikatakan sebagai isolator yang baik. Bahan dielektrik

saat diberikan medan listrik, bahan akan bersifat isolator dan terpolarisasi. Jika bahan dielektrik terdiri dari molekul-molekul yang berikatan lemah, molekul-molekul ini tidak hanya terpolarisasi juga dapat tertata ulang sehingga sumbu simetrisnya mengikuti arah medan listrik (Utomo, 2011).

Bahan dielektrik terdiri dari dua jenis, yaitu polar dan non-polar. Molekul dielektrik polar yaitu molekul dielektrik itu di dalam keadaan tanpa medan listrik yang antara elektron dan intinya membentuk dipol. Molekul non-polar saat tidak terdapat medan listrik antara elektron dan inti tidak tampak sebagai dua muatan terpisah. Pada dielektrik molekul polar dan non-polar saat diletakkan pada medan listrik akan terpolarisasi. Permukaan dielektrik ini terdapat molekul bermuatan negatif pada bagian satu dan muatan positif dibagian yang lainnya. Muatan ini bukan muatan bebas, tetapi sama-sama terikat dibagian terdekat (Utomo, 2011).

Ketika suatu dielektrik ditempatkan pada medan listrik maka akan terdapat dielektrik polar dan non-polar. Dielektrik polar merupakan molekul-molekul yang ada di beberapa material dielektrik seperti air yang memiliki momen dipol permanen. Dipol listrik cenderung akan mensejajarkan dengan medan listrik eksternal seperti Gambar 2.1, karena molekul akan terus berdesakan satu sama lain. Akibat gerak termal acak mereka, maka terjadi keselarasan yang tidak sempurna, tetapi akan menjadi semakin sempurna saat nilai medan listrik semakin tinggi. Molekul – molekul non-polar akan memperoleh momen dipol melalui induksi ketika ditempatkan dalam suatu medan listrik eksternal. Medan listrik cenderung meregangkan molekul dan memisahkan pusat negatif dan positif (Halliday, 2005).



Gambar 2.1. Dipol listrik mensejajarkan diri dengan medan listrik (Halliday, 2005).

2.2 Kapasitansi dan Resistansi

Kapasitor dapat dikatakan sebagai kondensator, yang adalah suatu alat yang dapat menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua benda yang disebut penghantar dan diletakkan berdekatan tetapi tidak saling bersentuhan.



Gambar 2.2 Simbol kapasitor

Ketika kapasitor diberikan suatu tegangan, maka akan memiliki suatu muatan. Satu plat bermuatan negatif dan lainnya bermuatan positif dengan jumlah yang sama. Jumlah muatan yang diperoleh sebanding dengan beda potensial.

$$Q = CV$$

(2.2)

Dimana : Q = Jumlah muatan (C)

C = Kapasitansi (C/Volt)

V = Tegangan (V)

Kapasitansi adalah konstanta pembanding C untuk kapasitor tertentu dan tidak bergantung pada Q dan V . Nilainya hanya bergantung pada struktur kapasitornya. Pada kapasitor pelat sejajar yang masing – masing memiliki luas A dan dipisahkan oleh jarak d yang berisi udara. Kapasitansi pada kapasitor pelat sejajar dapat dinyatakan dengan :

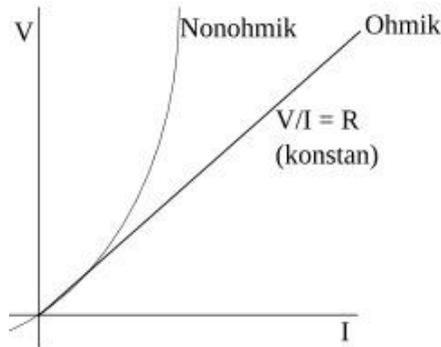
$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

(2.3)

Dimana : C = Kapasitansi (C/Volt)
 A = Luas permukaan
 d = Jarak
 ϵ = Permittivitas ruang hampa

Daerah A yang lebih luas berarti untuk sejumlah muatan tertentu dan akan terjadi gerakan tolak menolak diantaranya. Jika jarak d lebih besar maka akan memberikan gaya tarik yang kurang pada pelat lainnya, sehingga lebih sedikit muatan yang ditarik.

Resistor merupakan konduktor dengan resistansi yang ditentukan. Resistor memiliki resistansi yang sama tanpa mempertimbangkan magnitudo dan arah (polaritas) beda potensial yang diterapkan. Hukum Ohm digunakan sebagai acuan bahwa arus yang melalui suatu bahan selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan pada bahan.



Gambar 2.3 Grafik hubungan tegangan atau arus untuk bahan (Giancolli, 2001).

Resistansi larutan sering menjadi faktor yang signifikan pada impedansi. Resistansi dari suatu larutan ionik bergantung pada konsentrasi ion, jenis ion, suhu dan luasan injeksi arus. Resistansi larutan dengan resistivitas ρ ($\Omega.m$) pada suatu daerah yang dibatasi luasan (A) m^2 dengan jarak (L) m, maka resistansi tersebut dapat didefinisikan dengan :

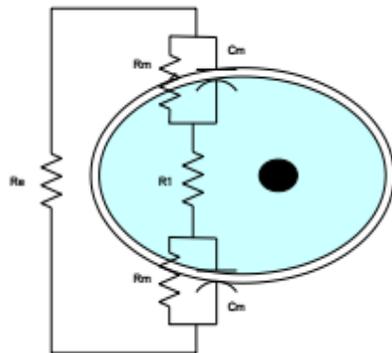
$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{2.4}$$

Dimana : $R = \text{Resistansi } (\Omega)$
 $\rho = \text{Resistivitas bahan } (\Omega.m)$
 $L = \text{Panjang , } A = \text{Luas penampang}$

(Anastasia, 2017).

2.3 Impedansi Listrik

Impedansi merupakan perhitungan total dari seluruh rangkaian elektronika, seperti kapasitansi, resistansi, induktansi. Impedansi pada semua bahan memiliki nilai yang berbeda-beda, karena hambatan pada setiap reaksi bahan juga berbeda-beda saat diterima oleh jaringan. Faktor yang mempengaruhi pada nilai impedansi bisa pada frekuensi, waktu dan juga temperatur. Sirkuit elektrik yaitu jaringan yang terdiri dari sel dan juga fluida, dimana sel dikelilingi oleh membran yang terbungkus fluida intraseluler (Purwanto, 2009)..



Gambar 2.4 Model sirkuit elektrik dari sel (Purwanto, 2009).

Prinsip impedansi didasari kemampuan suatu media untuk dapat dilalui arus listrik bolak - balik (AC). Jika pada impedansi tidak bergantung pada frekuensi, sistem bekerja sebagai media resistif. Impedansi terdiri dari komponen resistif, kapasitif dan induktif. Jaringan pada membran sel terdiri dari fasa internal dikelilingi oleh fasa cair eksternal dengan komposisi yang berbeda. Membran sel merupakan pembatas kedua fase tersebut. Membran sel merupakan bahan dielektrik yang bekerja pada

frekuensi rendah sebagai isolator, bersifat juga seperti kapasitor (Solechah, 2015).

Impedansi sangat bergantung pada frekuensi, dimana semakin tinggi frekuensi maka X_L akan lebih besar dan X_C lebih kecil. Impedansi pada rangkaian seri dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.5 :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Atau

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2}$$

(2.5)

Impedansi listrik pada rangkaian paralel terlebih dulu dinyatakan dalam admitansi, dimana dapat dinyatakan dalam persamaan :

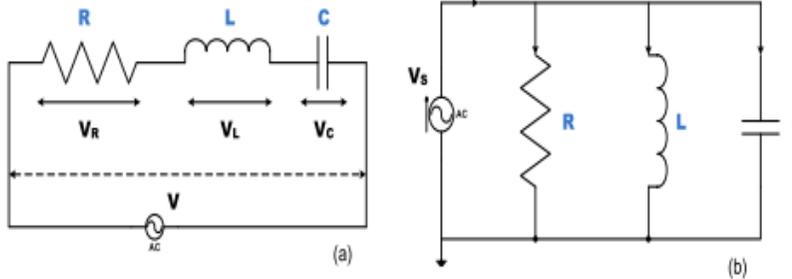
$$\begin{aligned} Y &= Y_R + Y_L + Y_C \\ &= \frac{1}{R} + \frac{1}{2\pi fL} + 2\pi fC \end{aligned}$$

$$Z = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(2\pi fC - \frac{1}{2\pi fL}\right)^2}$$

$$Z = \frac{1}{Y_P} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(2\pi fC - \frac{1}{2\pi fL}\right)^2}}$$

(2.6)

Rangkaian RLC dapat dikonfigurasi dengan paralel dan seri, Gambar 2.5 dibawah ini merupakan rangkaian RLC yang dipasang secara seri dan paralel dengan sumber tegangan AC.



Gambar 2.5 (a) Rangkaian seri, (b) Rangkaian paralel.

Pada reaktansi, terdapat reaktansi kapasitif (X_C) dan reaktansi induktif (X_L), dimana reaktansi induktif dihasilkan oleh inductor dan reaktansi kapasitif dihasilkan oleh kapasitor yang menyimpan listrik. X_C dan X_L dapat diketahui dengan persamaan 2.4

$$X_L = 2\pi fL$$

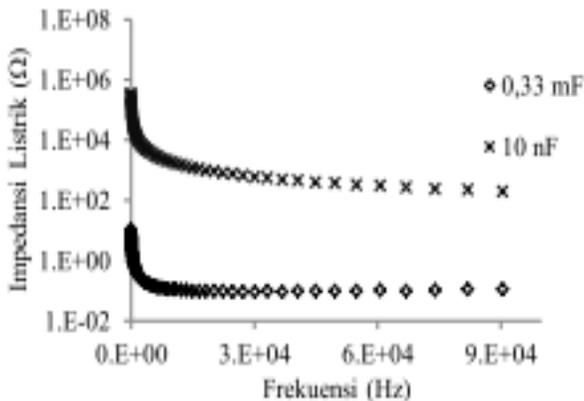
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

(2.6)

Dimana : X_C = reaktansi kapasitif , X_L = reaktansi induktif
 C = kapasitansi, L = induktansi, f = frekuensi

(Giancolli, 2001).

Nilai impedansi pada bahan saat diberikan frekuensi yang tinggi didapatkan nilai impedansi yang rendah, disebabkan nilai impedansi sangat berpengaruh dengan frekuensi, resistansi dan reaktansi total. Pada frekuensi lebih rendah reaktansi kapasitif akan lebih besar, nilai impedansi juga besar tetapi arus listrik akan semakin menurun. Ketika frekuensi naik maka reaktansi kapasitif pada bahan akan rendah.



Gambar 2.6 Hubungan antara frekuensi terhadap nilai impedansi (Juansah, 2013).

Impedansi suatu resistor tidak bergantung pada frekuensi. Arus yang melewati resistor berada dalam satu fase dengan voltage. Arus yang melewati sebuah induktor berbeda fase 90° mendahului *voltage*. Impedansi sebuah kapasitor berbanding terbalik dengan induktor, sehingga hubungan impedansi kapasitor dengan frekuensi juga berbanding terbalik. Arus yang melewati sebuah kapasitor tertinggal fase -90° oleh *voltage* (Anastasia, 2017).

2.4 Jeruk Keprok (*Citrus reticulla*)

Jeruk adalah tanaman tahunan asli China. Sekitar 70 - 80 % jeruk yang berkembang di Indonesia adalah jeruk keprok siem, dan sisanya jeruk keprok unggulan (Ismail, 2009). Jeruk keprok memiliki rasa yang khas, yaitu rasa manis terasa lebih segar karena terdapat campuran rasa asam. Dari penampilan juga lebih menarik karena lebih mudah dalam pengupasan kulitnya. Sifat fisik dari buah merupakan kualitas dari buah tersebut. Setiap bahan memiliki sifat dielektrik spesifik yang dipengaruhi oleh kandungan protein, vitamin, gula dan kadar air yang terdapat pada buah tersebut (Aisyah, 2013).



Gambar 2.7 Jeruk Kepron (*Citrus reticulata*) (Sinartani, 2011).

Buah jeruk merupakan sumber vitamin C yang sangat baik. Satu buah jeruk sudah dapat memasok 116% kebutuhan vitamin C dalam satu hari. Vitamin C bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan tubuh, vitamin C juga bermanfaat untuk mengurangi resiko terkena kanker usus besar. Buah jeruk memiliki antioksidan serta vitamin B6 yang mendukung produksi hemoglobin serta menjaga tekanan darah agar tetap normal. Antioksidan pada buah jeruk juga sangat bermanfaat bagi kesehatan kulit serta mampu menjaga keremajaan kulit meski anda telah berusia lebih dari 40 tahun. Selain buahnya, kulit buah jeruk juga mengandung senyawa yang disebut dengan *Polymethoxylated flavon* (PMFs) dan berfungsi untuk menurunkan kolesterol tanpa efek samping. Buah jeruk kepron memiliki kandungan nutrisi yang bermacam-macam. Terdapat kandungan mineral Fe, vitamin C, fosfor, kalium dan memiliki kandungan gula yang sederhana. Jeruk juga merupakan sumber vitamin C yang sangat baik. Komponen utama pada jus jeruk adalah gula yang mencapai 75 - 85%. Jenis gula yang penting adalah glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Jus jeruk mengandung asam askorbat 20-60 mg per 100 ml. Vitamin lain yang terkandung pada jus jeruk vitamin A, tiamin, niasin dan lainnya. Buah jeruk memiliki senyawa yang dapat memberikan aroma dan flavor yang khas karena terdapat senyawa *volatile* yang ada pada jeruk (Juansah, 2008).

Jeruk kepron memiliki asam yang cukup melimpah, seperti asam sitrat dan asam folat, juga memiliki nilai pH yang cukup rendah. Beberapa hasil penelitian didapatkan bahwa beberapa

jenis buah dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Pada dasarnya, memang suatu larutan asam dapat menghantarkan elektron dan menghasilkan arus listrik (Dian, 2008). Pengaruh keasaman pada buah jeruk terhadap kuat arus listrik, semakin asam maka kuat arus larutan semakin besar. Sebaliknya, jika semakin besar nilai pH maka akan semakin kecil nilai kuat arusnya. Kontribusi pH pada kuat arus listrik dapat diketahui dari nilai hambatan yang telah diketahui, yang berarti pH mempengaruhi kuat arus listrik pada buah jeruk keprok . Penelitian dilakukan oleh (Jinyang, 2016) diketahui bahwa pada buah jeruk akan mengalami nilai impedansi lebih kecil saat diberikan frekuensi yang tinggi. Pada frekuensi 50 MHz dengan suhu nol dapat diketahui sifat listrik dari bahan dielektrik buah jeruk, tetapi pada frekuensi kurang dari 40 MHz atau frekuensi lebih rendah konstanta dielektrik jeruk akan meningkat dengan teratur juga karena pengaruh suhu yang telah mempengaruhinya (Khaled, 2015).

Tabel 2.2. Kandungan jeruk keprok per 100 gram (Dian, 2013).

Kandungan	Jumlah
Lemak	0.3 gram
Ca	33 mg
F	23 mg
Fe	0.4 mg
Vitamin A	4.2 mg
Vitamin B	0.07 mg
Vitamin C	31 mg
Air	87 %

2.5 Siklamat (*Natrium siklamat*)

Makanan disekitar banyak yang mengandung zat-zat seperti pemanis buatan, salah satunya yaitu siklamat sebagai campuran pemanis pada minuman termasuk jus buah. Siklamat memberikan rasa yang manis dan tanpa memberikan rasa ikutan. Natrium siklamat sangat larut dalam air dan memiliki tingkat kemanisan 30 kali sukrosa (Nita, 2011). Natrium yang terdapat pada kandungan siklamat menjadikan siklamat mudah larut dalam air. Dimana natrium bersifat elektrolit kuat dan mudah larut dalam air.

Pada siklamat memiliki nilai konsumsi per hari yang diijinkan. Menurut FDA siklamat dikonsumsi 0-50 mg/kg berat badan. Meskipun memiliki tingkat kemanisan yang tinggi dan tanpa rasa pahit tetapi siklamat dapat membahayakan kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seekor tikus yang diberikan siklamat dapat menimbulkan kanker kantong kemih. Hasil metabolisme dari siklamat yaitu senyawa *sikloheksamina* merupakan senyawa karsinogen, pembuangan *sikloheksamina* melalui urin dapat merangsang tumbuhnya tumor kandung kemih (Asni, 2009).

Siklamat cenderung memiliki pH yang relative basa dan memiliki sifat netral, sehingga dapat mengikuti sifat bahan yang dicampurkan dengan siklamat (Wiley, 2012).

2.6 Gula tebu

Gula merupakan suatu bahan pokok yang digunakan pada setiap tambahan makanan. Sifat gula sebagai pemanis juga sebagai kalori yang dibutuhkan pada setiap masyarakat. Gula bukan hanya digunakan sebagai bahan pokok tetapi juga merupakan pemanis yang digunakan pada setiap makanan. Gula memiliki peranan penting bagi masyarakat umumnya, dengan maraknya sekarang pemanis buatan yang digunakan pada bahan makanan minuman. Di Indonesia merupakan penghasil tanaman tebu paling berpotensi sehingga di Indonesia dikatakan produsen gula terbesar dunia (Meireni, 2006).

Indonesia merupakan Negara importer gula sampai saat ini. Kebijakan para Menteri Keuangan No. 591/PMK.010/2004 pada

tahun 2005 sampai dengan 2010 pada khususnya masyarakat masih menggunakan sebanyak 30 persen gula mentah dan 40 persen pada gula putih. Pada peraturan Menteri juga menerangkan pada tanggal 1 januari 2005 bahwa tarif bea masuk gula putih cukup meningkat. Badan pengawas makanan menjelaskan pada pasal 7 bahwa gula hanya dapat dikonsumsi 50 gram dalam sehari. Gula memiliki nilai kandungan yang beragam dan juga bermanfaat bagi tubuh apabila penggunaan sesuai dengan yang dianjurkan.

Gula memiliki kadar abu atau campuran komponen mineral cukup kecil didalamnya, sehingga gula dikatakan tidak baik dalam menghantarkan arus listrik pada suatu bahan. Larutan gula bersifat non elektrolit serta non polar sehingga pada larutan gula dengan konsentrasi lebih dari 50% akan cenderung menyerupai bentuk karet alam (latex) (Utomo, 2011). Gula adalah senyawa kovalen polar yang mudah larut pada kelarutan yang bersifat polar. Dimana pada penelitian (Akbar, 2015) gula yang dilarutkan didalam air memiliki nilai impedansi 483.0 Ω pada frekuensi 981.5 kHz.