

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

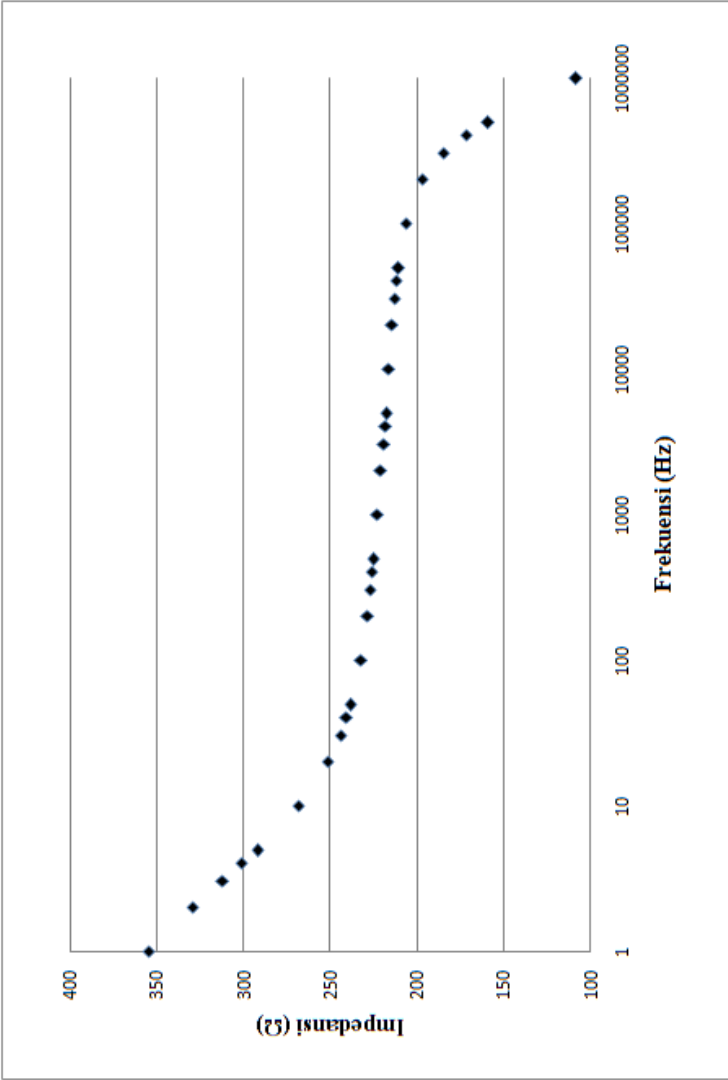
4.1 Nilai Impedansi Listrik Air Kelapa Muda

Pada Gambar 4.1 menunjukkan impedansi listrik air kelapa muda murni. Air kelapa muda memiliki komposisi air sebesar 94% (Yong, 2009). Air merupakan pelarut yang bersifat polar karena momen dipolnya yang besar (Oxtoby, 2001). Selain air, komposisi terbanyak air kelapa muda berikutnya adalah gula. Air kelapa muda mengandung 2,61 gr gula per 100 gr berat air kelapa muda atau sekitar 5%. Gula merupakan molekul polar yang memiliki momen dipole permanen. Ketika suatu medan listrik diaplikasikan pada molekul polar pada bahan dielektrik maka momen dipol dari molekul polar akan mengalami perubahan arah searah dengan medan listrik yang diberikan (Tipler, 2001). Sehingga ketika medan listrik diaplikasikan pada sampel air kelapa muda akan terjadi perubahan momen dipol pada molekul dalam sampel dan mengakibatkan perubahan nilai impedansi listrik yang dapat terukur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Dapat dilihat bahwa nilai impedansi listrik air kelapa muda mengalami penurunan seiring dengan besar frekuensi yang diberikan. Hal ini dikarenakan semakin besar frekuensi maka semakin besar arus listrik yang dapat menembus bahan. Pada kondisi ini molekul pada bahan akan terpolarisasi dengan cepat, akibatnya kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan semakin kecil sehingga kemampuan bahan untuk melewatkan arus menjadi besar (Nuwaair, 2009).

Pada grafik nilai impedansi turun secara logaritmik, ini dikarenakan nilai impedansi total air kelapa muda dipengaruhi oleh komponen resistansi dan kapasitansi rangkaian yang sesuai dalam model Randles. Pada frekuensi rendah arus listrik tidak dapat menembus air kelapa muda, sehingga pada rentang frekuensi yaitu 1 Hz hingga 50 Hz sifat kapasitif dari bahan dielektrik air kelapa muda mendominasi dan menunjukkan penurunan nilai impedansi secara logaritmik sebesar (354,75-238,11 Ω). Pada rentang frekuensi yang lebih tinggi yaitu 100 Hz hingga 50 kHz, larutan air kelapa muda dapat dilewati arus listrik, air kelapa muda menunjukkan nilai impedansi listrik yang konstan sebesar (232,02-210,45 Ω) karena bahan dielektrik air kelapa muda didominasi sifat resistifnya. Pada

rentang frekuensi tertinggi yaitu 100 kHz hingga 1 MHz nilai impedansi listrik air kelapa muda mengalami penurunan secara logaritmik menjadi (206,43-108,71 Ω), dimana nilai impedansi terendah dihasilkan pada frekuensi tertinggi yaitu 1 MHz sebesar 108,71 Ω . Pada rentang ini nilai impedansi listrik dipengaruhi oleh sifat kapasitif air kelapa muda. Sehingga dapat disimpulkan air kelapa muda pada frekuensi rendah memiliki nilai kapasitansi semakin tinggi karena dalam kapasitor (beban) tidak ada arus yang mengalir, arus akan mengalir pada resistor. Sebaliknya bila frekuensi tinggi arus melewati kapasitor (beban) dan kapasitansi akan bernilai sangat kecil dan nol, sehingga nilai impedansi yang terukur pada frekuensi tinggi dipengaruhi oleh resistansi bahan air kelapa muda.

Pengukuran terhadap nilai impedansi air kelapa muda dilakukan mulai dari frekuensi 1 Hz hingga 1 MHz. Hal ini dikarenakan respon frekuensi terhadap tegangan pada alat *converter V to I* yang menginjeksikan arus menghasilkan gelombang yang stabil pada frekuensi 1 Hz hingga 1 MHz. Berdasarkan nilai impedansi total yang terukur didapatkan grafik dengan penurunan logaritmik yang dipengaruhi oleh komponen resistansi dan kapasitansi. Pada pengukuran impedansi listrik air kelapa muda digunakan injeksi arus 1 mA, karena air kelapa muda cenderung memiliki nilai hambatan total yang kecil sehingga air kelapa muda lebih efektif digunakan injeksi arus yang besar. Apabila menggunakan injeksi arus yang kecil maka pada sampel air kelapa muda dalam frekuensi melebihi 10 kHz tidak terukur impedansinya karena gelombang yang terbaca akan sangat kecil dan tidak dapat mengetahui perubahan gelombang yang terjadi diatas 10 kHz. Ini disebabkan karena semakin besar arus yang diberikan pada elektroda, maka semakin besar arus yang diberikan pada rangkaian, dan nilai tegangan pada rangkaian juga akan besar dan dapat dibaca melebihi frekuensi 10 kHz sesuai hukum Ohm. Dengan menggunakan injeksi arus yaitu 1 mA akan menghasilkan pembacaan gelombang yang baik pada frekuensi tinggi sehingga dapat diketahui karakteristik biolistrik air kelapa muda pada frekuensi tinggi.



Gambar 4.1 Nilai Impedansi Listrik Total Air Kelapa Muda

4.2 Pengaruh Siklamat Terhadap Nilai Impedansi Listrik Air Kelapa Muda

Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan hubungan impedansi listrik air kelapa muda dan air kelapa muda yang dicampur siklamat terhadap frekuensi. Nilai impedansi listrik air kelapa muda yang dicampur siklamat menunjukkan penurunan nilai impedansi listrik seiring dengan besar frekuensi yang diberikan (Nuwaiir, 2009). Pada kedua grafik nilai impedansi turun secara logaritmik, ini dikarenakan nilai impedansi total air kelapa muda yang dicampur siklamat dipengaruhi oleh komponen resistansi dan kapasitansi rangkaian yang sesuai dalam model Randles. Pada frekuensi diatas 100 Hz hingga 50 kHz pengaruh kapasitor dalam rangkaian cenderung tidak ada sehingga nilai impedansi yang terukur dipengaruhi oleh sifat resistif dari air kelapa muda, dimana nilai impedansi listrik yang ditunjukkan cenderung konstan. Sementara untuk rentang frekuensi 1 Hz hingga 50 Hz dan untuk rentang frekuensi 100 kHz hingga 1MHz menunjukkan pengaruh sifat kapasitif bahan sehingga nilai impedansi listrik menurun secara logaritmik. Kondisi dimana nilai impedansi listrik dapat terukur dengan linear dan stabil pada rentang frekuensi 100 Hz hingga 50 kHz, juga dapat dilihat pada Gambar 4.4 pada sampling frekuensi 100 Hz, 1000 Hz, dan 10000 Hz. Pada frekuensi dibawah 100 Hz dan diatas 50 kHz rata-rata nilai penurunan sampel air kelapa muda dan campuran siklamat tidak linear dan nilainya cenderung acak, karena pada frekuensi rendah polarisasi dari suatu bahan dielektrik cenderung masih acak dan sulit untuk dibaca. Sedangkan pada frekuensi tinggi nilai impedansi berhimpit dan acak sehingga nilai impedansi tidak linear.

Pengaruh siklamat terhadap nilai impedansi listrik air kelapa muda dapat dilihat pada Gambar 4.2. Grafik tersebut menunjukkan perbandingan nilai impedansi listrik dari air kelapa muda murni dengan air kelapa muda yang dicampur siklamat. Pada grafik tersebut nilai impedansi listrik air kelapa muda murni yang terukur pada frekuensi stabil 100 Hz hingga 50kHz yaitu sebesar (232,02 – 210,45 Ω) mengalami penurunan nilai impedansi listrik menjadi (190,01 – 171,87 Ω) akibat penambahan massa siklamat terendah

sebanyak 0,1 gr. Hal ini menunjukkan air kelapa muda yang dicampur siklamat mengalami penurunan nilai impedansi listrik.

Pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan nilai impedansi listrik air kelapa muda yang dicampur siklamat dan pengaruh massa siklamat terhadap nilai impedansi listrik air kelapa muda pada berbagai frekuensi. Dari kedua grafik tersebut dapat diketahui pada massasiklamat 0 gr atau air kelapa muda murni dengan rentang frekuensi 100 Hz hingga 50 kHz, nilai impedansi total air kelapa muda yang terukur adalah (232,02 – 210,45 Ω). Nilai impedansi listrik tersebut kemudian mengalami penurunan akibat penambahan massa siklamat terendah sebanyak 0,1 gr menjadi (190,01 – 171,87 Ω). Penambahan massa siklamat sebanyak 0,2 gr kembali mengakibatkan penurunan nilai impedansi listrik air kelapa muda menjadi (189,60 – 168,27 Ω). Penurunan nilai impedansi listrik air kelapa muda terus berlanjut, sehingga pada penambahan massa siklamat sebanyak 0,3 gr nilai impedansi listrik air kelapa muda menjadi (185,88 – 164,98 Ω). Pada penambahan massasiklamat sebanyak 0,4 gr nilai impedansi listrik air kelapa muda mengalami penurunan menjadi (174,08 – 151,81 Ω). Penurunan nilai impedansi listrik terendah air kelapa muda terukur pada penambahan siklamat dengan massatertinggi yaitu 0,5 gr menjadi (163,81 – 143,25 Ω). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi siklamat berbanding terbalik terhadap nilai impedansi listrik air kelapa muda. Semakin banyak massa siklamat yang diberikan maka nilai impedansi listrik kelapa muda semakin turun.

Siklamat dalam bentuknya sebagai sodium (natrium) siklamat merupakan elektrolit kuat yang terionisasi dengan baik dalam larutan. Siklamat memiliki tingkat kelarutan yang tinggi di dalam air (1g/4-5 ml) dan pada konsentrasi yang melebihi batas maksimal penggunaannya, namun memiliki kelarutan yang rendah pada minyak dan larutan nonpolar. Natrium merupakan senyawa ion yang bermuatan positif (Nabors, 2012). Elektrolit merupakan zat yang jika dilarutkan ke dalam air akan terurai menjadi ion-ion (terionisasi), sehingga dapat menghantarkan listrik (Nuwaiir, 2009). Natrium dalam siklamat ketika larut dalam air mengalami proses hidrasi, dimana molekul air membentuk lapisan disekitar molekul natrium. Lapisan ini akan menstabilkan setiap ion sehingga proses ionisasi dapat terjadi. Hal ini menunjukkan ketika siklamatyang merupakan

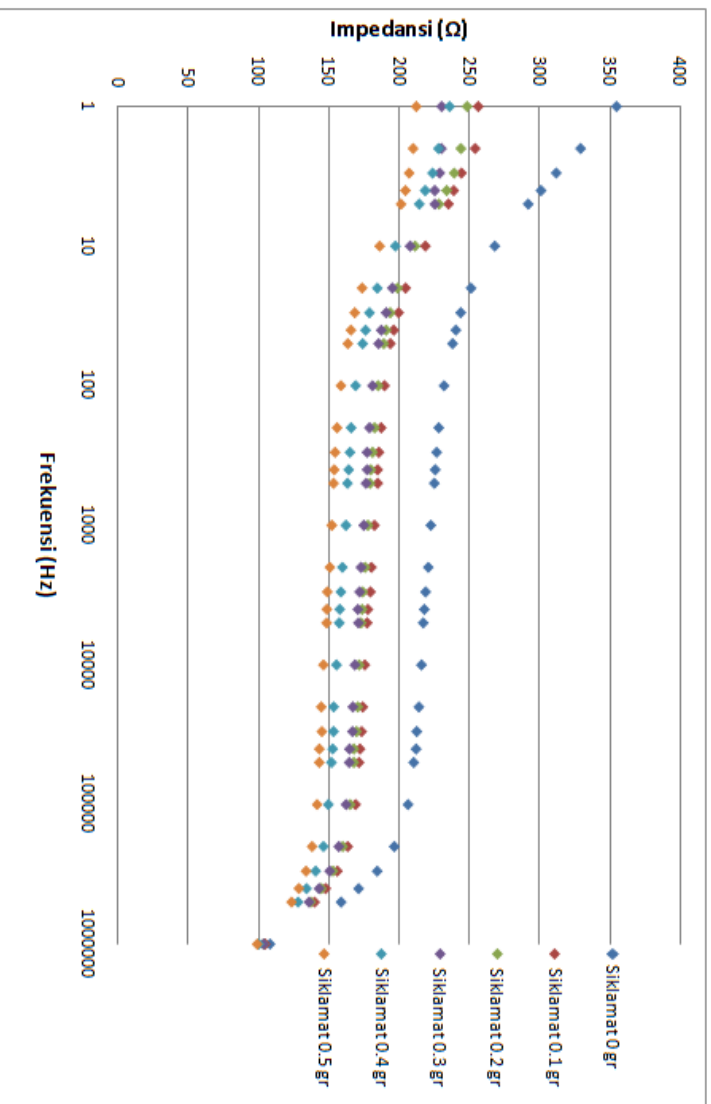
elektrolit kuat, dicampur dalam air kelapa muda, siklamat akan terlarut dan natrium pada siklamat akan mengalami ionisasi pada air kelapa muda sehingga terurai menjadi ion-ion yang dapat menghantarkan listrik.

Menurut Young (2003) Banyaknya muatan dalam suatu bahan mempengaruhi medan listrik dari bahan tersebut, sehingga banyaknya muatan ion pada siklamat akan mempengaruhi medan listrik dari sampel air kelapa muda. Ketika bahan diberikan medan listrik, momen dipol dari bahan akan mengalami polarisasi. Molekul-molekul dalam bahan akan menghasilkan medan listrik tambahan akibat polarisasi yang memiliki arah berlawanan dengan medan listrik luar. Sehingga dapat melemahkan medan listrik luar (Tipler, 2001). Banyaknya muatan ion siklamat dalam air kelapa akan menghasilkan medan listrik yang cukup besar yang melemahkan medan listrik dari elektroda. Hal inilah yang menyebabkan penurunan nilai impedansi listrik air kelapa muda.

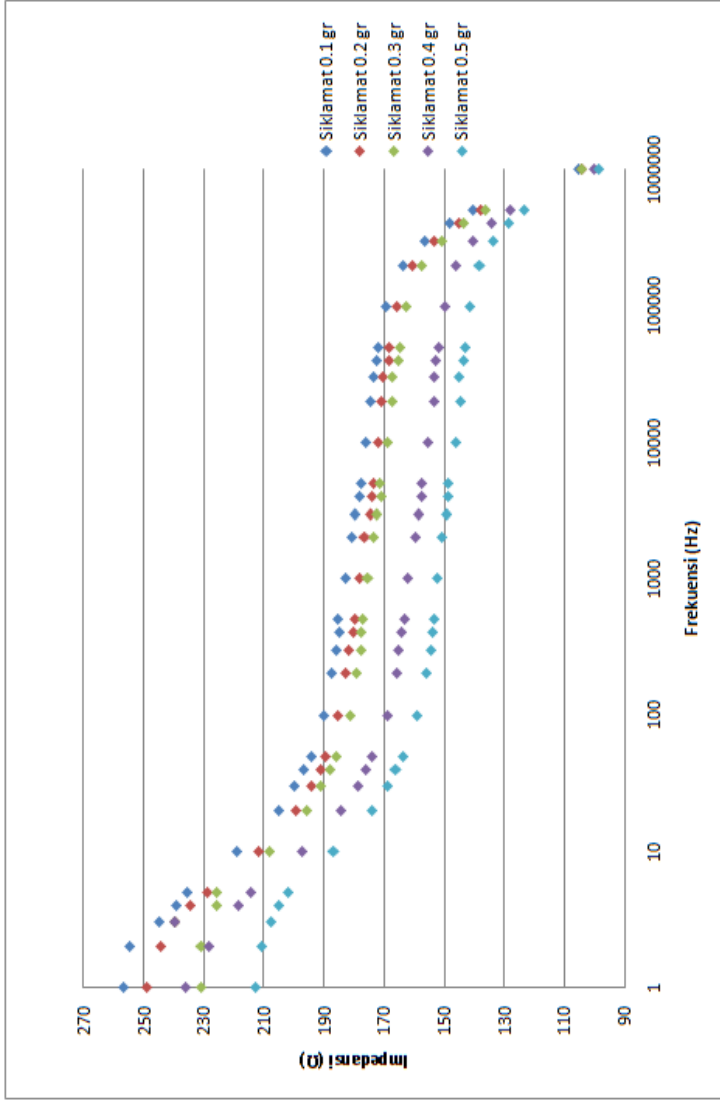
Siklamat memiliki kelarutan yang sangat baik dalam air yaitu 200gr/L, kelarutan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi dari zat terlarut. Penambahan konsentrasi sebanding dengan penambahan ion-ion dalam zat terlarut (Oxtoby, 2001). Sehingga penambahan massasiklamat mengakibatkan jumlah ion-ion yang terionisasi dalam air kelapa meningkat dan kemampuan menghantarkan listrik semakin tinggi. Sementara medan listrik dari bahan dielektrik akan semakin besar dan melemahkan medan listrik dari luar. Oleh karena itu penambahan massasiklamat berbanding terbalik dengan nilai impedansi listrik air kelapa muda. Semakin besar massasiklamat yang dicampurkan dalam sampel maka semakin kecil nilai impedansi listrik air kelapa muda yang terukur.

Pada pengukuran impedansi listrik air kelapa muda yang dicampur siklamat digunakan injeksi arus 1 mA, karena campuran siklamat pada air kelapa muda menyebabkan nilai hambatan yang kecil, sehingga larutan campuran keduanya lebih efektif digunakan injeksi arus yang besar. Apabila menggunakan injeksi arus yang kecil maka pada sampel dalam frekuensi melebihi 10 kHz tidak terukur impedansinya karena gelombang yang terbaca akan sangat kecil dan tidak dapat mengetahui perubahan gelombang yang terjadi di atas 10 kHz. Ini disebabkan karena semakin besar arus yang diberikan pada elektroda, maka semakin besar arus yang diberikan

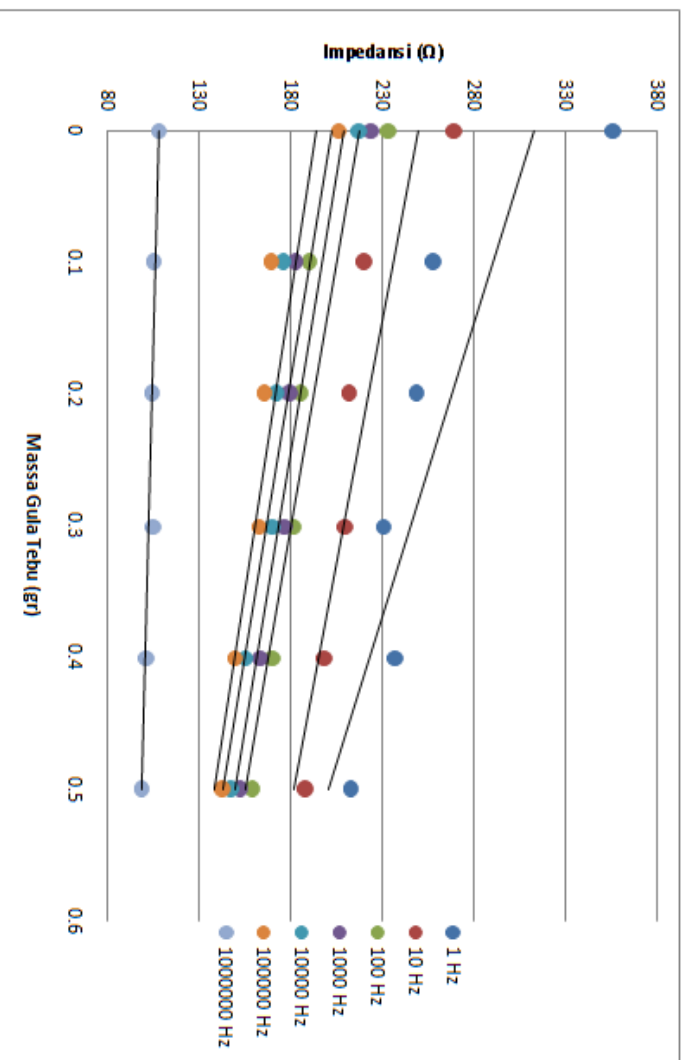
pada rangkaian, dan nilai tegangan pada rangkaian juga akan besar dan dapat dibaca melebihi frekuensi 10 kHz sesuai hukum Ohm. Dengan menggunakan injeksi arus yang besar yaitu 1 mA akan menghasilkan pembacaan gelombang yang baik pada frekuensi tinggi sehingga dapat diketahui karakteristik biolistrik air kelapa muda yang dicampur siklamat pada frekuensi tinggi.



Gambar 4.2 Perbandingan Nilai Impedansi Listrik Total Air Kelapa Muda dan Air Kelapa Muda yang Dicampur Siklomat



Gambar 4.3 Nilai Impedansi Listrik Total Air Kelapa Muda yang Dicampur Sıklamat



Gambar 4.4: Pengaruh Massa Sıklamat terhadap Nilai Impedansi Listrik Air Kelapa Muda

4.3 Pengaruh Gula Tebu Terhadap Nilai Impedansi Listrik Air Kelapa Muda

Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan hubungan impedansi listrik air kelapa muda dan air kelapa muda yang dicampur gula tebu terhadap frekuensi. Dapat dilihat bahwa nilai impedansi listrik dipengaruhi oleh frekuensi, nilai impedansi listrik menurun seiring dengan bertambahnya frekuensi (Nuwaiir, 2009). Pada rentang frekuensi 1 – 50 Hz nilai impedansi listrik dipengaruhi oleh sifat kapasitif dari bahan sehingga mengalami penurunan secara logaritmik. Kemudian pada frekuensi 100 – 50 kHz, grafik menunjukkan nilai impedansi listrik linear hal ini karena dipengaruhi sifat resistif dari bahan. Pada frekuensi tinggi diatas 50kHz, yaitu 100 kHz – 1MHz nilai impedansi listrik kembali turun secara logaritmik dipengaruhi oleh sifat kapasitif dari bahan. Frekuensi dimana gelombang dapat diamati secara linear dan stabil yaitu pada frekuensi 100 – 50kHz. Pembacaan dibawah atau diatas frekuensi tersebut belum dapat menunjukkan gelombang yang stabil.

Pengaruh gula tebu terhadap nilai impedansi listrik air kelapa muda dapat dilihat pada Gambar 4.5. Grafik tersebut menunjukkan perbandingan nilai impedansi listrik dari air kelapa muda murni dengan air kelapa muda yang dicampur gula tebu. Pada grafik tersebut nilai impedansi listrik air kelapa muda murni yang terukur pada frekuensi stabil 100 Hz hingga 50 kHz yaitu sebesar (232,02 – 210,45 Ω) mengalami kenaikan nilai impedansi listrik menjadi (410,05 – 381,91 Ω) akibat penambahan konsentrasi gula tebu terendah sebanyak 25 gr. Hal ini menunjukkan air kelapa muda yang dicampur gula tebu mengalami kenaikan nilai impedansi listrik.

Pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 menunjukkan nilai impedansi listrik air kelapa muda yang dicampur gula tebu dan pengaruh massa gula tebu terhadap nilai impedansi listrik air kelapa muda pada berbagai frekuensi. Dari kedua grafik tersebut dapat diketahui pada massa gula tebu 0 gr atau air kelapa muda murni dengan rentang frekuensi 100 Hz hingga 50 kHz, nilai impedansi total air kelapa muda yang terukur adalah (232,02 – 210,45 Ω). Nilai impedansi listrik tersebut kemudian mengalami kenaikan akibat penambahan massa gula tebu terendah sebanyak 25 gr menjadi

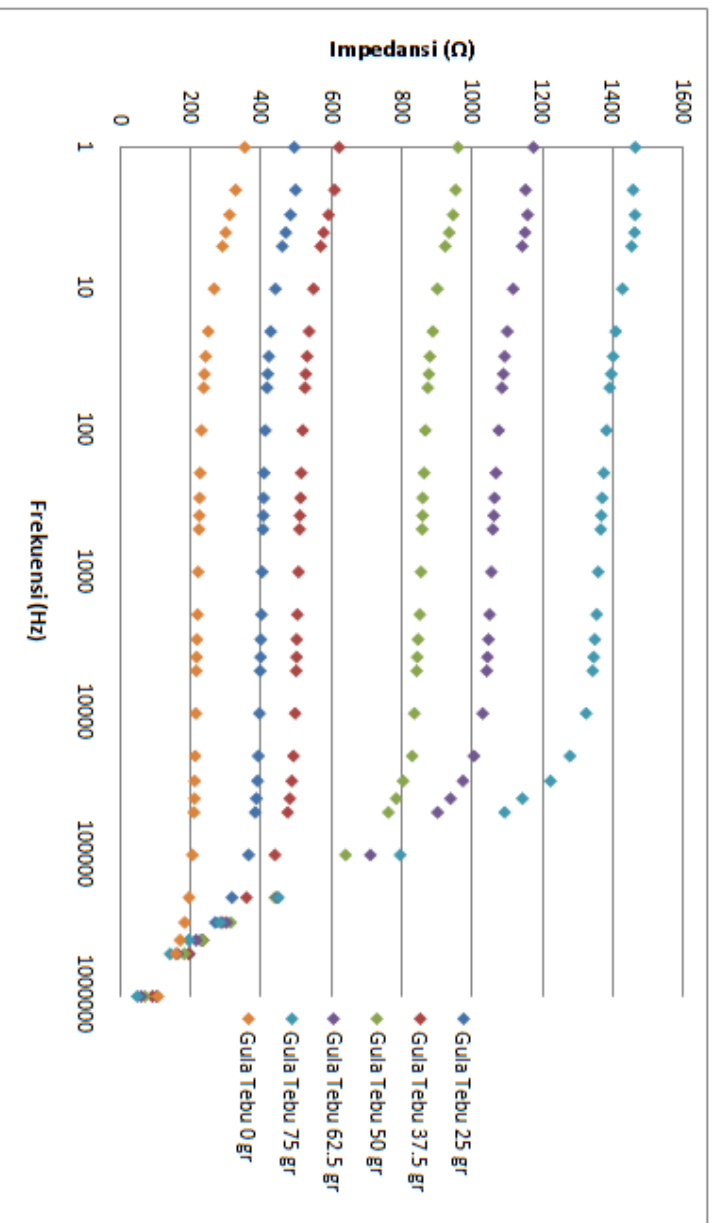
(410,05 – 381,91 Ω). Penambahan massa gula tebu sebanyak 37,5 gr kembali mengakibatkan kenaikan nilai impedansi listrik air kelapa muda menjadi (519,86 – 476,91 Ω). Kenaikan nilai impedansi listrik air kelapa muda terus berlanjut, sehingga pada penambahan massagula tebu sebanyak 50 gr nilai impedansi listrik air kelapa muda menjadi (865,33 – 760,16 Ω). Pada penambahan massagula tebu sebanyak 62,5 gr nilai impedansi listrik air kelapa muda mengalami kenaikan menjadi (1075 – 900,61 Ω). Kenaikan nilai impedansi listrik tertinggi air kelapa muda terukur pada penambahan gula tebu dengan massa tertinggi yaitu 75 gr menjadi (1382,33 – 1092,33 Ω). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan massa gula tebu berbanding lurus terhadap kenaikan nilai impedansi listrik air kelapa muda. Semakin banyak massa gula tebu yang diberikan maka nilai impedansi listrik kelapa muda semakin tinggi.

Gula merupakan suatu karbohidrat sederhana yang umumnya dihasilkan dari tebu dikenal sebagai sukrosa. Molekul gula merupakan molekul polar yang membentuk dipol permanen tanpa muatan bersifat resistif dan netral (Grimnes dan Martinsen, 2013). Molekul gula bersifat netral dan tidak elektrolit, dimana ketika gula dilarutkan dalam pelarut, molekulnya tidak terurai menjadi ion (terionisasi), larutan akan bersifat insulator atau tidak dapat menghantarkan arus listrik. Larutan gula dikenal sebagai salah satu larutan non elektrolit (Nuwaiir, 2009). Gula merupakan salah satu senyawa polar yang dapat terlarut dengan baik dalam air (Oxtoby, 2001). Ketika gula dilarutkan dalam air kelapa muda molekul dalam gula tidak akan mengalami ionisasi sehingga tidak memiliki kemampuan untuk mengantarkan listrik.

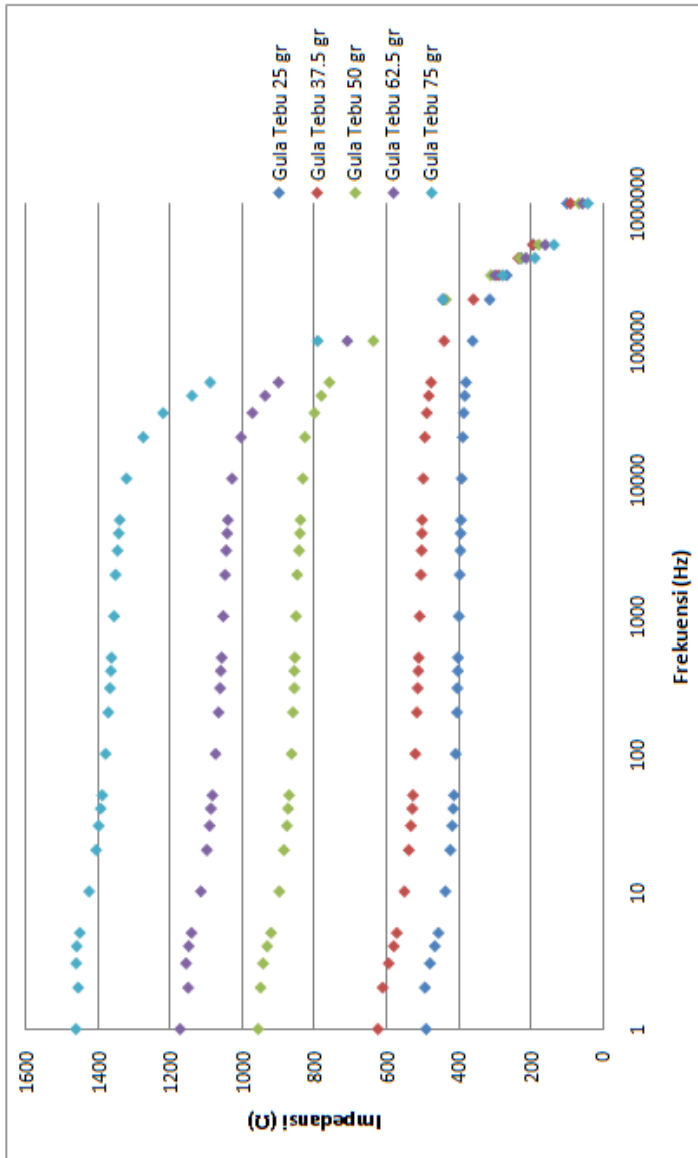
Muatan dalam suatu bahan mempengaruhi medan listrik yang dihasilkan bahan. Karena sifat molekul gula yang tidak bermuatan atau netral maka ketika medan listrik diberikan pada air kelapa muda yang dicampur gula tebu, medan listrik yang terbentuk tidak akan cukup kuat untuk melemahkan medan listrik dari luar. Hal inilah yang menyebabkan kenaikan nilai impedansi air kelapa muda.

Kelarutan sangat dipengaruhi oleh zat terlarut dari bahan. Gula memiliki kelarutan yang sangat baik dalam air yaitu 2000gr/L. Larutan jenuh adalah larutan yang mengandung zat terlarut dalam jumlah yang diperlukan untuk adanya kesetimbangan antara zat terlarut yang larut dan yang tidak larut. Larutan jenuh tidak dapat

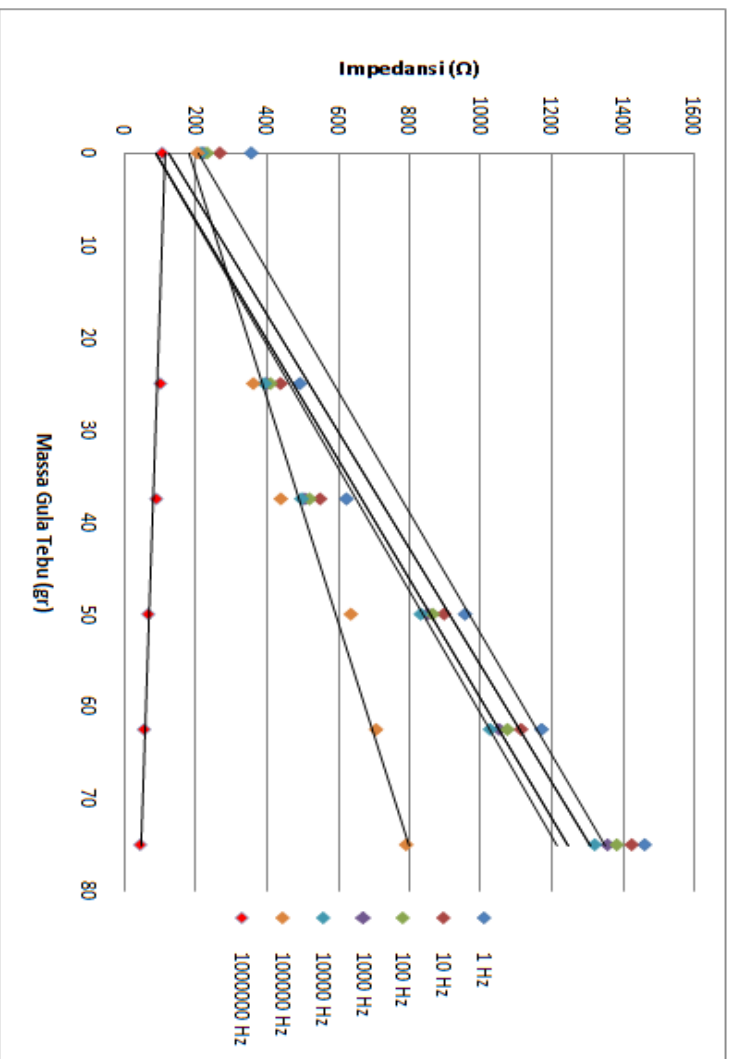
menampung zat terlarut lebih banyak, tetapi larutan ini belum tentu suatu larutan pekat (Nuwaiir, 2009). Dalam penelitian ini gula tebu yang digunakan memiliki massa yang cukup tinggi yaitu mencapai 75 gr/100ml pelarut (air kelapa muda). Tetapi campuran tersebut tetap dapat membentuk larutan jenuh karena tingkat kelarutan gula dalam air yang tinggi. Oleh karena itu perubahan nilai impedansi listrik air kelapa muda tidak hanya dipengaruhi oleh sifat molekul gula tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi kelarutan dari zat terlarut, gula pasir dalam pelarut air kelapa muda. Semakin banyak massa gula tebu yang terlarut pada air kelapa muda maka semakin jenuh dan pekat kondisi larutannya. Sehingga akan semakin sulit arus listrik untuk menembus bahan karena elektronnya tidak dapat bebas bergerak. Hal inilah yang menyebabkan penambahan massa gula tebu berbanding lurus dengan nilai impedansi listrik air kelapa muda. Semakin banyak massa gula tebu yang dicampurkan maka semakin besar nilai impedansi listrik air kelapa muda yang terukur.



Gambar 4.5 Perbandingan Nilai Impedansi Listrik Total Air Kelapa Muda dan Air Kelapa Muda yang Dicampur Gula Tebu



Gambar 4.6 Nilai Impedansi Listrik Total Air Kelapa Muda yang Dicampur Gula Tebu



Gambar 4.7 Pengaruh Massa Gula Tebu terhadap Nilai Impedansi Listrik Air Kelapa Muda