

PERHITUNGAN KAPASITANSI BERDASARKAN MODEL JEMBATAN ARUS BOLAK-BALIK

Oleh
Drs. ABD. Hakim S.M.Si

A. PENDAHULUAN

Peralatan elektronika pada umumnya rumit, seringkali dilakukan idealisasi (membuang semua detail yang tak perlu sehingga piranti yang tertinggal adalah ideal atau sempurna). Contoh sepotong kawat di dalam banyak hal dianggap sebagai konduktor sempurna, tetapi hal ini jauh dari kebenaran. Sepotong kawat tembaga panjang 1ft jenis AWG 12 mempunyai resistansi 0,016 ohm dan induktansi 0,24 μ H; Jika kawat tersebut berada 1" detik diatas pelat logam kapasitansya 3,3 pF (Malvino, 1985). Persamaan Maxwell digunakan metode penyelesaian persamaan Maxwell untuk frekwensi lebih besar 300 Mhz. Untuk frekwensi dibawah 1 Mhz, reaktansi induktif dan kapasitif biasanya diabaikan dan resistansi kawat sangat kecil dibandingkan dengan rangkaian (Malvino, 1985). Adanya induktansi disebabkan oleh arus yang melalui resistansi menghasilkan medan magnet, adanya kapasitansi disebabkan tegangan pada resistor menghasilkan medan listrik.

Pada frekwensi yang rendah, reaktansi induktif X_L mendekati nol dan reaktansi kapasitif X_C mendekati tak terhingga. Dengan demikian induktor menjadi terhubung singkat (induktansi kawat) dan kapasitansi terbuka (kapasitansi bocor). Dalam hal ini resistor berlaku sebagai hambatan murni. Kapasitansi bocor dapat diabaikan bila $X_L/R > 10$ dan induktansi kawat diabaikan bila $R/X_L > 10$, (Malvino, 1985).

Kapasitor terdiri dari dua penghantar terisolasi, kapasitansinya tergantung pada medium dimana penghantar dicelupkan, (Halliday, 1986).

Berdasarkan penjelasan diatas dalam perakitan peralatan elektronika dipengaruhi nilai hambatan kawat dan frekwensi (Menimbulkan reaktansi induktif atau kapasitif) yang digunakan. Kapasitansi kapasitor yang diproduksi dari pabrik nilainya sudah tertentu, tetapi dalam perakitan peralatan elektronika elektroda-elektroda dari konduktor yang berdekatan akan mempunyai kapasitansi. Untuk mengukurnya dapat digunakan jembatan arus bolak-balik model jembatan pembanding kapasitansi atau jembatan schering.

B. Hambatan, Resistivitas dan konduktivitas

Jika diberi perbedaan potensial yang sama diantara ujung-ujung kawat tembaga dan perak yang mempunyai geometri yang serupa maka dihasilkan arus-arus yang sangat berbeda karakteristik (sifat) penghantar yang menyebabkan hal ini adalah hambatan (resistance). Hambatan R dari suatu penghantar merupakan perbandingan perbedaan potensial V antara titik-titik tersebut dengan arus listrik I didefinisikan (Halliday, 1986).

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots 1)$$

V dalam volt, i dalam ampere, dan R dalam ohms (Ω)

Resitivitas ρ merupakan karakteristik dari suatu bahan didefinisikan :

$$\rho = \frac{E}{J} \dots\dots\dots 2)$$

ρ dalam Ω m, J adalah rapat arus dinyatakan ampere/m², E adalah medan listrik dalam volt/m.

Tabel 1. Memberikan daftar sifat listrik untuk logam-logam yang lajim dikenal

Logam	Resistivitas (pada 20°C)
Perak	1,6
Tembaga	1,7
Aluminium	2,8
Tungsten	5,6
Nikel	6,8
Besi	10
Baja	18
Mangan	44

Konduktivitas (Conductivity) δ dari suatu bahan didefinisikan:

$$\delta = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots 3)$$

δ dalam $(\Omega m)^{-1}$

Medan listrik : $E = \frac{V}{l}$
 l adalah panjang dalam meter (m)

dan rapat arus : $J = \frac{I}{A}$

A adalah luas penampang dalam m^2

Menurut persamaan.....2) dapat disederhanakan menjadi

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{V l}{I A} = \rho \frac{l}{A}$$

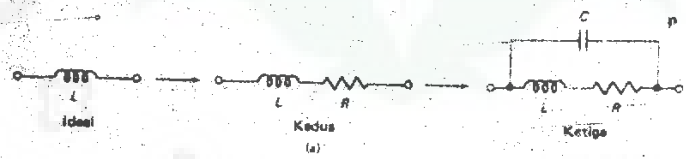
atau

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

C. Pendekatan Induktor dan Kapasitor

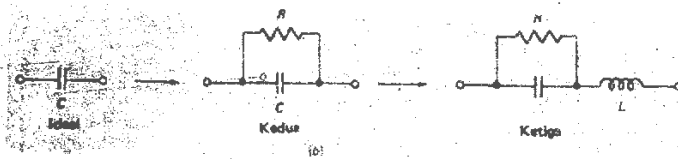
Gambar 1.a) dibawah menunjukkan pendekatan ideal, kedua dan ketiga suatu induktor. Untuk frekwensi dimana hanya X_L , digunakan pendekatan ideal. Tetapi pada frekwensi yang lebih rendah X_L , tidak cukup besar diandingkan dengan R , kita harus menggunakan pendekatan kedua (Malvino, 1985). Pada frekwensi yang lebih tinggi, kapasitansi yang tersebar antara kumparan induktor merupakan hal yang penting. Dalam hal ini kita menggunakan pendekatan tingkat tiga pada gambar 1a.

Gambar 1b menunjukkan pendekatan kapasitor. Selamanya kita dapat mengidealkan kapasitor (Malvino, 985). Untuk kapasitor-kapasitor yang besar khususnya tipe elektrolit, kita boleh memasukkan resistansi bocoran (pendekatan kedua). Pada frekwensi tertinggi, induktansi kawat penghubung menjadi penting, oleh sebabitu kadang-kadang kita perlu pendekatan tingkat ketiga seperti pada gambar 1b.



gambar 1a. Pendekatan induktor





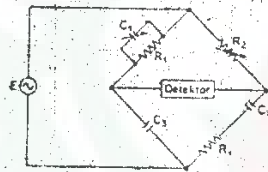
Gambar 1b. Pendekatan kapasitor

D. Jembatan Schering

Jembatan schering salah satu jembatan arus bolak balik yang dipakai secara luas untuk pengukuran kapasitor. Jembatan ini memberikan beberapa keuntungan nyata atas jembatan pembandingan

kapasitansi. Walaupun jembatan schering digunakan untuk pengukuran kapasitansi dalam pengertian yang umum, terutama sangat bermanfaat mengukur sifat-sifat isolasi yaitu pada sudut-sudut fase yang sangat mendekati 90° .

Susunan rangkaian jembatan schering untuk pengukuran kapasitansi ditunjukkan pada gambar 2. Lengan 1 terdiri dari kombinasi paralel sebuah tahanan dan sebuah kapasitor. Kapasitor standar adalah sebuah kapasitor mika atau sebuah kapasitor udara (pengukuran isolasi).



Gambar 2. Jembatan schering untuk pengukuran kapasitansi.

Karena kapasitor standar berada pada lengan 3, jumlah sudut fase lengan 1 dan lengan 3 akan inenjadi $0^\circ + 90^\circ = 90^\circ$. Dengan demikian untuk kesetimbangan, jumlah sudut fase lengan 1 dan lengan 4 harus sama dengan 90° . Lengan 1 diberi sudut fase kapasitif yang kecil. Tangen sudut fase kapasitif diberikan (Cooper, 1993)

$$\tan \theta_c = \frac{X_c}{R} = \frac{1}{\omega C_1 R_1} = Q \quad (22)$$

Q faktor kualitas

Suatu sudut kapasitif yang kecil sangat mudah diperoleh yaitu dengan menghubungkan sebuah kapasitor kecil terhadap R_1 .

Persamaan kesetimbangan adalah :

$$Z_x = Z_2 Z_3 Y_1$$

$$R_x = \frac{1}{\omega C_x} = R_2 \frac{1}{\omega C_2} \left(\frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right)$$

$$R_x = \frac{1}{\omega C_x} = \frac{R_2 C_1}{C_2} + \frac{R_2}{\omega C_2 C_2} \quad (23)$$

Dengan menyamakan bagian riil dan imajiner diperoleh:

$$R_x = \frac{R_2 C_2}{C_3} \quad (24)$$

$$C_x = C_2 \frac{R_1}{R_2} \quad (25)$$

Untuk sudut fase yang sangat mendekati 90° reaktansi hampir sama dengan impedansi dan faktor daya PF menjadi:

$$PF = \frac{R}{X} = \omega C_x R_x \quad (26)$$

Faktor disipasi dari sebuah rangkaian seri RC didefinisikan (Cooper, 1993):

$$D = \frac{R_x}{X_x} = \omega C_x R_x \quad (27)$$

Faktor disipasi adalah kebalikan dari faktor kualitas dan berarti $D = 1/Q$. Faktor disipasi memberitahukan kita sesuatu mengenai kualitas sebuah kapasitor, yaitu bagaimana dekatnya sudut fase kapasitor tersebut ke nilai idealnya 90° .

E. Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan jabatan arus bolak balik model schering kapasitansi kapasitor (Cooper : 1993).

$$C_x = C_1 C_1/C_2$$

juga resistansi kapasitor :

$$R_x = R_1 C_1/C_2$$

tanpa frekuensi sinyal pada Galvanometer.

Data pernyataan penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 2. Perubahan Kapasitansi C_1 terhadap Potensiometer R_2

No.	Kapasitansi C_1 (μF)	Kapasitansi C_3 (μF)	Resistansi $R_1(\Omega)$	Resistansi $R_2(\Omega)$
1.	3,587020	3,99	284,1	0,35
2.	3,587046	idem	idem	0,34
3.	3,587055	idem	idem	0,33
4.	3,587058	idem	idem	0,32
5.	3,587061	idem	idem	0,31

Kapasitansi yang ditentukan C_x dan resistansi pada C_x dihitung menurut rumus di atas ada pada tabel dibawah.

Tabel 3. Perhitungan Kapasitansi dan Resistansi.

No.	Kapasitansi $C_x=C_3R_1$ (μF)	Resistansi Kapasitor $R_x =R_2C_1/C_3(\Omega)$
1.	3,24	314,6
2.	3,33	305,7
3.	3,44	296,7
4.	3,54	287,7
5.	3,66	278,7

Hasil ukurannya Kapasitansi $C_x = (3,44 \pm 0,17) \mu\text{F}$ resistansi kapasitor $R_x = (229,7 \pm 14,2) \Omega$

Pada kondisi ditimbang atau tidak ditimbang R_1 mempunyai kapasitansi sebesar $3,587 \mu\text{F}$, sedangkan varco (variabel condensator) mempunyai kapasitansi $0,010-0,272 \text{ nF}$ serta potensiometer mempunyai kapasitansi seperti pada tabel dibawah (berdasar alat ukur).

Tabel 4. Kapasitansi dari potensiometer.

No.	Resistansi R_2 (Ω)	Kapasitor C_{R_2} (μF)
1	0,7	12,01
2	0,13	8,19
3	0,24	3,77
4	0,29	3,30
5	0,37	2,50
6	0,52	1,84

Penulisan menggunakan kapasitor elektrolit $3,3 \mu\text{F} 10 \text{ V}$ ($3,49 \mu\text{F}$) paralel terhadap kapasitor milar $123,5, 100 \text{ V}$ ($11,72 \text{ nF}$) pada bagian kapasitansi yang dihitung C_x berdasarkan pengukuran kapasitansi $C_x = 3,50 \pm 0,005 \mu\text{F}$.

Secara makroskopis sebuah kapasitor mempunyai resistansi menurut (Cheng, 1989):

$$RC = \frac{\epsilon}{\epsilon_r \epsilon_0}$$

Berdasarkan jembatan schering resistansi kapasitor dapat dihitung dengan menggunakan rumus $R_x = R_2 C_1/C_3$ yang besarnya adalah $(296,7 \pm 14,2) \Omega$.

F. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

1. Kapasitansi berdasarkan jembatan schering adalah $(3,44 \pm 0,7) \mu\text{F}$.
2. Resistansi kapasitor adalah $(296,7 \pm 14,2) \Omega$.

Saran

1. Varco diharapkan pada skala μF dan kapasitansi resistor R_2 cukup kecil.
2. Potensiometer $0-1 \text{ k} \Omega$, bukan $0-10 \text{ k} \Omega$.

ooo000ooo

DAFTAR PUSTAKA

- Chang K.D. 1989, "Field And Wa Electromaghneties". Secand Edition, Wesley, New York.
- Cooper, 1993., "Instrumentasi Elektronika dan Teknik pengukuran"., Edisi ke-2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Halliday, 1986., "Fisika", Edisi ke 3 Jilid ke 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Malvino, 1985., "Prinsip-prinsip Elektronika". Edisi ke 2, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Waloejo. 1994., "Medan Elektromagnet", Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jenderal Pendidikan Tinggi.

ooo000ooo