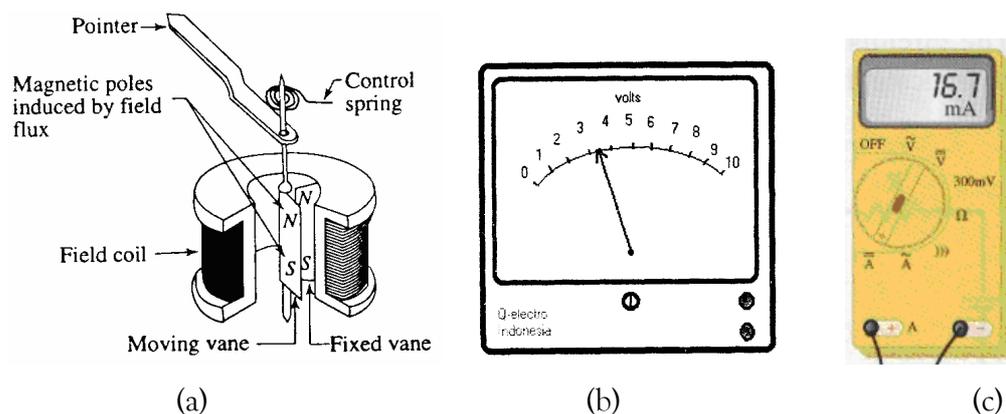


Bab 1. Pengantar Instrumentasi

Selama 1.5 abad lebih, telah banyak kontribusi pada seni pengukuran kuantitas listrik. Selama periode terbaik ini, upaya-upaya secara prinsip ditujukan untuk menyempurnakan **instrumen** jenis simpangan (*deflection - type*) dengan suatu skala dan jarum yang bisa bergerak (*movable pointer*). Sudut simpangan jarum sebagai fungsi dari, dan tentunya analog, nilai kuantitas listrik yang diukur. Istilah **instrumen analog** telah melekat untuk mengidentifikasi instrumen jenis simpangan dan untuk membedakannya dari instrumen berbeda secara keseluruhan, yang menampilkan nilai kuantitas yang diukur dalam bentuk *decimal* (digital). Instrumen yang lebih baru ini dinamakan **instrumen digital**.



Gambar 1.1 (a) Desain instrumen analog ‘moving iron’, (b) Instrumen Analog (c) Instrumen Digital

Banyak instrumen yang bisa melayani tujuan secara bersama dalam memberikan informasi tentang kuantitas variabel yang diukur. Beberapa instrumen dilengkapi record permanen. Lebih lagi, beberapa instrumen digunakan untuk mengatur atau mengendalikan (*control*) kuantitas. Sehingga, kita bisa katakan bahwa instrumen melayani tiga fungsi dasar: penunjukkan (*indicating*), pencatatan (*recording*) dan pengendalian (*control*). Instrumen penguji kuantitas listrik dan elektronika dengan tujuan umum, utamanya berfungsi untuk penunjukkan dan pencatataaaan. Instrumen yang digunakan pada proses industri kebanyakan ditujukan untuk fungsi kontrol. Sistem seperti ini dinamakan sistem kontrol otomatis.

Ada banyak cara untuk mengukur nilai kuantitas yang berbeda. Banyak kuantitas fisika paling baik diukur dengan mekanik belaka seperti menggunakan manometer gauge untuk mengukur tekanan udara. Kuantitas lainnya diukur menggunakan metode yang berbasis listrik seperti mengukur konduktivitas larutan dengan current meter. Pengukuran lainnya dibuat dengan instrumen elektronik yang disertai rangkaian penguat (amplifying circuit) untuk meningkatkan amplitudo kuantitas yang diukur.



DEFINISI & KONSEP PENGUKURAN

Berkaitan dengan pengukuran maka beberapa istilah/definisi perlu Anda ketahui agar dapat memahami konsep pengukuran.

PENGUKURAN

Adalah proses untuk mendapatkan informasi besaran fisis tertentu, seperti tekanan (p), suhu (T), tegangan (V), arus listrik (I). Informasi yang diperoleh dapat berupa nilai dalam bentuk angka (kuantitatif) maupun berupa pernyataan yang merupakan sebuah simpulan (kualitatif). Untuk mendapatkan informasi tersebut maka diperlukan alat ukur, misalnya untuk mengetahui tegangan V menggunakan alat multimeter.

DATA PENGUKURAN

Informasi yang diperoleh dalam suatu pengukuran disebut data. Sesuai dengan sifat pengukuran maka data dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Data kualitatif

Dengan data ini maka informasi yang diperoleh berupa sebuah pernyataan simpulan, misalnya “nilai kuantitas suhu dari sensor LM35 dapat dirubah menjadi sinyal digital menggunakan ADC”.

2. Data Kuantitatif

Bila informasi yang diperoleh dalam pengukuran berupa nilai/angka maka data itu disebut data kuantitatif, misalnya sebuah pengukuran tegangan diperoleh (10 ± 1) volt.

Digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

a. *Data empiris*

Data ini diperoleh langsung saat dilakukan pengukuran (apa yang terbaca pada alat ukur). Data empiris sering disebut juga data mentah karena belum diproses lebih lanjut. Tegangan yang terbaca pada voltmeter, misalnya adalah termasuk data empiris.

b. Data Terproses (processed data)

Data ini diperoleh setelah dilakukan pengolahan tertentu, misalnya melalui sebuah perhitungan. Sebagai contoh jika diukur tegangan V dan arus I maka hambatan $R = V/I$ setelah dihitung hasilnya disebut data terproses. Data tipe ini biasanya diperoleh dari proses reduksi data.

REDUKSI DATA

Berkaitan dengan data di atas maka setelah data terkumpul dari hasil suatu pengukuran selanjutnya dilakukan proses perhitungan-perhitungan matematik atau dilakukan penyusunan ulang data-data. Proses/prosedur ini disebut reduksi data atau pengolahan data.

ALAT UKUR LISTRIK

Piranti yang digunakan dalam pengukuran untuk memperoleh data disebut *alat ukur*. Istilah lain berkaitan dengan alat ukur adalah *instrumentasi*, yang menggambarkan satu kesatuan alat ukur tersebut, menyangkut alat serta mekanisme pengukurannya secara keseluruhan. Alat ukur listrik adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran-besaran listrik beserta turunan-turunannya, seperti tegangan, arus, daya, frekuensi, hambatan. Contoh dari alat ukur listrik adalah voltmeter untuk mengukur tegangan. Alat ukur listrik memiliki beberapa keunggulan, di antaranya mudah digunakan; cepat menampilkan hasil pengukuran, sensitivitas, kemampuan menyimpan informasi, akurasi, presisi, dan lain-lain.

RALAT & KETIDAKPASTIAN

Secara konsep pengukuran, baik karena keterbatasan alat ukur maupun karena kondisi lingkungan maka dipercaya bahwa setiap pengukuran akan selalu menghasilkan hasil ukur yang tidak semestinya (sebenarnya). Dalam hal ini diasumsikan hasil benar tersebut tidak diketahui. Simpangan atau selisih (*difference*) antara hasil ukur (hasil pengamatan) dan hasil yang sebenarnya tersebut dinyatakan disebut sebagai ralat (*error*). Perlu dicermati di sini bahwa pengertian ralat bukan berarti kita salah mengukur, tapi lebih

menggambarkan deviasi hasil baca alat ukur terhadap nilai "benar" besaran fisis yang diukur, akibat kita tidak mengetahui nilai benar dari apa yang ingin kita ukur. Meskipun demikian pada beberapa buku ada yang menyebutkan ralat dengan istilah kesalahan karena mengambil dari istilah *error*, untuk itu diharapkan Anda tidak perlu bingung. Oleh karena kita tidak mengetahui nilai benar tersebut maka hasil ukur yang kita peroleh harus dinyatakan dalam bentuk rentang (interval) hasil pengukuran. Dengan pengertian ini maka dalam mengukur tegangan misalnya, hasilnya dinyatakan dengan $1,5 < V < 1,6$ volt atau $V = (1,4 \pm 0,1)$ volt. Nilai benar pengukuran tentu saja berada di dalam rentang hasil pengukuran ini. Oleh karena sebuah rentang nilai pengukuran sekaligus menyatakan ketidakpastian (*uncertainty*) hasil ukur maka pengertian ralat sering tidak dibedakan dengan pengertian ketidakpastian untuk menunjukkan deviasi pengukuran terhadap nilai benar. Sebagai contoh, sebuah pengukuran tegangan dituliskan hasilnya dengan $V = (10,5 \pm 0,5)$ volt, artinya alat ukur kita menunjukkan hasil baca 10,5 volt (dengan ketidakpastian/ralat pengukuran 0,5 volt, sedangkan nilai benar kita berada dalam selang nilai $(10,5 - 0,5 = 10,0)$ volt s.d $(10,5 + 0,5 = 11,0)$ volt.

AKURASI

Suatu alat ukur dikatakan tepat jika mempunyai akurasi yang baik yaitu hasil ukur menunjukkan ketidakpastian yang kecil. Dapat juga dipahami sebagai seberapa dekat hasil ukur dengan nilai benarnya. Dalam hal ini sebelum sebuah alat ukur digunakan, harus dipastikan bahwa kondisi alat benar-benar dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan, yaitu alat dalam keadaan terkalibrasi dengan baik. Kalibrasi yang buruk akan menyebabkan ketidakpastian hasil ukur menjadi besar.

KALIBRASI

Alat ukur perlu diteliti kalibrasinya sebelum dipergunakan agar hasil ukurnya dapat dipercaya. Saat kalibrasi harus selalu menempatkan jarum penunjuk pada titik nol yang sesungguhnya, saat alat ukur akan digunakan. Sering pada sebuah alat ukur jarum penunjuk tidak berada pada titik nol yang semestinya sehingga saat digunakan nilai baca selalu lebih besar atau lebih kecil dari yang seharusnya sehingga menyumbang apa yang disebut ralat sistematis. Secara umum

pengertian kalibrasi di sini adalah membandingkan alat ukur Anda dengan referensi. Referensi (standar) yang digunakan untuk mengkalibrasi alat ukur dapat ditempuh dengan beberapa tahap.

1. Standar Primer

Apabila ada standar primer maka sebaiknya acuan ini yang digunakan untuk mengecek kalibrasi alat. NIST (*National Institute of Standard and Technology*) dalam hal ini termasuk yang memiliki wewenang untuk selalu memelihara dan menyediakan standar-standar yang diperlukan dalam pengukuran, misalnya temperatur, massa, dan waktu.

2. Standar Sekunder

Biasanya apabila standar primer tidak dapat ditemukan maka dapat menggunakan standar sekunder berupa alat ukur lain yang diyakini mempunyai akurasi yang lebih baik. Sebagai contoh, voltmeter Anda pada waktu digunakan menunjukkan pembacaan 4,5 volt. Alat lain yang diyakini akurasinya (*standar sekunder*) menghasilkan nilai 4,4 volt. Dengan ini berarti voltmeter dapat dikalibrasi 0,1 volt lebih kecil.

3. Standar Lain yang Diketahui

Apabila standar sekunder juga tidak dapat diperoleh, Anda dapat menggunakan acuan lain, misalnya nilai hasil perhitungan teoretik.

PRESISI

Sebuah alat ukur dikatakan presisi jika untuk pengukuran besaran fisis tertentu yang diulang maka alat ukur tersebut mampu menghasilkan hasil ukur yang sama seperti sebelumnya. Sebagai contoh jika pengukur tegangan dengan voltmeter menghasilkan pengukuran diulang beberapa kali kemudian tetap menghasilkan pembacaan 5,61 volt, alat-alat tersebut sangat presisi. Oleh karena itu, sifat presisi sebuah alat ukur bergantung pada resolusi dan stabilitas alat ukur.

1. Resolusi

Sebuah alat ukur dikatakan mempunyai resolusi yang tinggi/baik jika alat tersebut mampu mengukur perubahan nilai besaran fisis untuk skala perubahan yang semakin kecil. Voltmeter dengan skala terkecil 1 mV tentu

mempunyai resolusi lebih baik dibanding voltmeter dengan skala baca terkecil 1 volt.

2. Stabilitas

Stabilitas alat ukur dikaitkan dengan stabilitas hasil ukur/hasil pembacaan yang bebas dari pengaruh variasi acak. Jadi, dikaitkan dengan penunjukan hasil baca yang tidak berubah-ubah selama pengukuran. Jarum voltmeter tidak bergerak-gerak ke kiri maupun ke kanan di sekitar nilai tertentu. Jadi, sebuah alat ukur yang baik harus memiliki akurasi yang baik juga harus menghasilkan presisi tinggi. Sebuah alat ukur mungkin saja mempunyai presisi yang baik, tetapi tidak akurat dan sebaliknya. Selain sebuah alat ukur perlu mempunyai akurasi dan presisi yang baik, perlu juga memiliki sensitivitas yang tinggi.

3. Sensitivitas

Apabila alat ukur mempunyai respon yang baik terhadap setiap perubahan kecil sinyal input/masukan sehingga output (hasil baca) mengikuti perubahan tersebut maka alat dikatakan sensitif.



SATUAN & KONSEP PENGUKURAN BESARAN LISTRIK



SATUAN STANDAR

Satuan standar dalam pengukuran listrik telah ditetapkan dalam International Electrical Kongres sejak tahun 1893. Namun, untuk Internasional *Ampere* dan *Ohm* telah ditetapkan di London tahun 1908.

Muatan listrik mempunyai satuan dasar yang disebut dengan *Coulomb*. Huruf *Q* atau *q* biasa digunakan untuk merepresentasikan muatan listrik. Simbol untuk satuan muatan adalah *C*. Satu *coulomb* = $6,25 \times 10^{18}$ elektron.

Satuan dasar arus listrik adalah *ampere*. Hal yang didefinisikan sebagai besarnya arus konstan yang mengalir pada kawat panjang sejajar yang berjarak satu meter satu dengan yang lainnya dalam ruang vakum, di mana dari peristiwa tersebut dihasilkan gaya sebesar 2×10^{-7} Newton per meter. Satu ampere absolut setara dengan gaya antarkonduktor sejajar sebesar 2×10^{-7} Newton per meter. Hasil perjanjian terakhir untuk memudahkan



disepakati bahwa nilai ampere internasional setara dengan endapan elektrolit perak dari larutan perak nitrat. Satu *Ampere* setara dengan besarnya arus yang mengendapkan perak dengan kecepatan sebesar 1,118 miligram per *second* dari suatu larutan perak nitrat standar.

Satuan ampere disimbolkan dengan A. Sedangkan representasinya diwakili oleh huruf I atau i. Representasi tersebut sering dilihat dalam sebuah diagram rangkaian listrik.

Satuan tegangan listrik adalah *volt*. Biasa disimbolkan dengan V. Satu *volt* standar disepakati dengan tegangan yang dihasilkan *sel Weston*, yang terdiri dari sepasang *elektroda positif*, yaitu air raksa dan *elektroda negatif cadmium amalgam (10% Cd)*, dengan larutan elektrolit *cadmium sulfat*. Sel saturasi weston adalah sel weston yang mempunyai larutan saturasi pada semua temperatur yang disebabkan oleh pengaruh kristal-kristal *cadmium sulfat* yang menutupi elektroda-elektrodanya.

Sel saturasi weston pada 20°C mempunyai tegangan 1,0858 volt absolut dan pada temperatur lain nilai tegangannya sebagai berikut:

$$E_t = e_{20^\circ C} \cdot 0,000046 (t - 20) - 0,00000095 (t - 20)^2 + 0,00000001(t - 20)^2$$

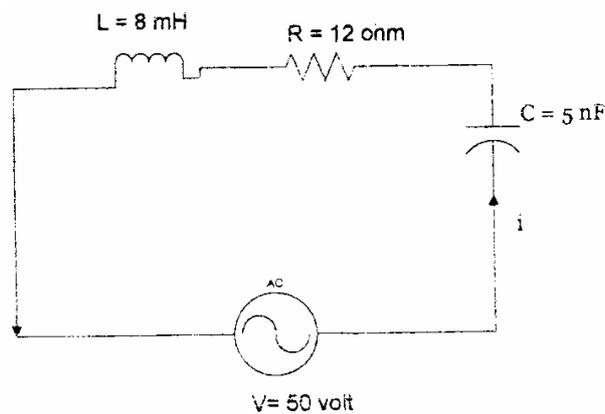
dalam satuan volt.

Hambatan listrik adalah parameter listrik yang sering disimbolkan dengan huruf R. Sedangkan satuan hambatan listrik adalah ohm dan biasa disimbolkan dengan huruf Greek Yunani Ω . Satu ohm setara dengan hambatan yang membatasi 1 A arus yang lewat dengan tegangan dari gaya gerak listrik (ggl) sebesar 1 volt. Satu ohm standar dihasilkan dari sebuah kawat yang terbuat dari paduan bahan mirip *manganin* yang memiliki hambatan jenis yang tinggi dan koefisien temperatur hambatan yang rendah sehingga hubungan antara temperatur dan hambatan hampir konstan. Kawat hambatan ini berwujud kumparan yang dimasukkan dalam bejana berdinding rangkap yang disegel untuk mencegah pengaruh lingkungan sekitar (atmosfer).

Satuan kapasitansi adalah Farad biasa disimbolkan dengan huruf F. Kapasitansi standar sebagai acuan biasa dibuat dengan bahan pelat logam yang disusun sejajar dengan udara sebagai bahan dielektriknya. Komponen elektronik yang mempunyai kapasitansi biasa disebut dengan kapasitor dan sering disimbolkan dengan huruf C.

Satuan induktansi listrik adalah *Henry* biasa disimbolkan dengan huruf H. Induktansi terjadi bila sebuah kawat dibuat kumparan dengan jumlah lilitan tertentu. Jenis bahan dan jumlah lilitan kumparan mempengaruhi jumlah induktansi yang dihasilkan. Induktansi standar oleh NBS ditetapkan dari standar *Campbell* untuk induktansi bersama dan induktansi diri.

Dalam gambar diagram rangkaian listrik simbol, satuan dan parameter



Gambar 1.2. Contoh Diagram rangkaian Listrik

Dalam gambar tersebut sebagai sumber tegangan adalah sumber arus AC dengan beda potensial 50 volt. Dalam rangkaian tersebut terdapat kapasitor $C = 5$ nF, hambatan listrik $R = 12$ ohm dan induktor $L = 8$ mH yang dihubungkan seri. Arus yang mengalir dalam rangkaian disimbolkan dengan huruf i .

KONSEP PENGUKURAN BESARAN LISTRIK

Besaran listrik yang biasa dikenal adalah arus listrik, hambatan listrik, kapasitansi dan induktansi. Besaran-besaran tersebut dapat diukur secara praktis dengan *alat-alat digital meter atau analog meter*. Untuk menjelaskan konsep pengukuran secara jelas maka perlu dijelaskan kembali tentang diagram rangkaian listrik terutama tentang rangkaian *seri* dan *paralel*. Namun, sebelum ini kita pelajari terlebih dahulu tentang kawat *konduktor* dan hambat jenis.

1. Kawat Konduktor

Sebuah kawat *konduktor* padat akan mempunyai nilai hambatan, kecuali hila

bahan konduktor tersebut adalah *superkonduktor* dengan $R = 0$. Besar hambatan yang dikandung oleh bahan *konduktor* dipengaruhi oleh:

- jenis material penyusun,
- panjang kawat konduktor,
- luas penampang lintang konduktor, dan
- nilai temperatur konduktor.

Berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh tersebut dirumuskan persamaan hambatan listrik dalam sebuah konduktor:

$$R = \rho \cdot L / A \text{ dengan } A = (1/4)\pi d^2$$

di mana, ρ adalah hambatan jenis bahan kawat konduktor

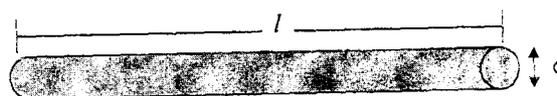
L adalah panjang kawat konduktor

A adalah luas penampang lintang kawat konduktor

d adalah panjang diameter kawat yang berbentuk silinder

Apabila nilai temperatur konduktor mempengaruhi harga hambatan listrik maka hambatan listrik pada suhu t adalah:

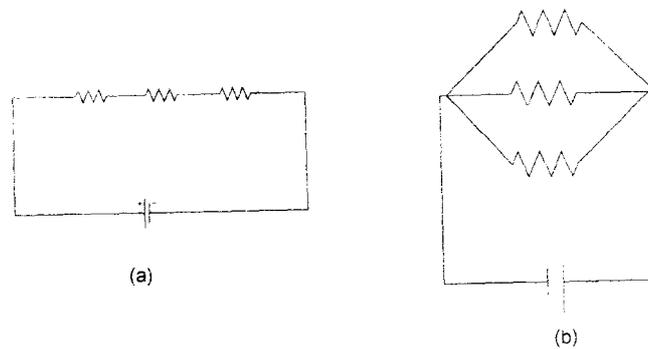
$$R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta t)$$



Gambar 1.3. Kawat Konduktor Berbentuk Silinder Panjang

2. Rangkaian Listrik

Dalam sebuah rangkaian listrik dikenal dua jenis rangkaian listrik, yaitu rangkaian listrik *paralel* dan *seri*. Konsep dari rangkaian paralel dimaksudkan untuk terjadi pembagian arus listrik melalui titik percabangan. Sedangkan pada rangkaian *seri* dimaksudkan untuk terjadi pembagian tegangan. Dalam gambar diagram rangkaian listrik kedua jenis rangkaian tersebut dapat dilihat dalam Gambar 1.4.



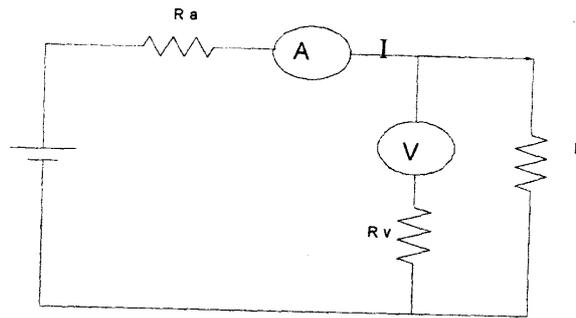
Gambar 1.4.(a) Rangkaian Seri dan (b) Rangkaian Parol

Arus yang mengalir dalam ketiga hambatan adalah sama. Dalam gambar 1.4.(b) arus dari sumber tegangan akan terpecah dalam rangkaian paralel sesuai dengan hukum kirchoff.

c. Pengukuran Arus dan Tegangan Listrik

Untuk mengukur besar arus listrik dalam suatu rangkaian maka amperemeter harus dihubungkan seri dengan titik rangkaian yang akan diukur besar arusnya. Sedangkan untuk pengukuran tegangan listrik maka voltmeter harus dihubungkan paralel dengan titik pada rangkaian yang akan diukur tegangan listriknya. Secara umum hubungan antara tegangan dengan hambatan dan kuat arus listrik mengikuti aturan Hukum Ohm, yaitu nilai hambatan listrik dalam suatu rangkaian sebanding dengan besar beda potensial antara dua titik (tegangan listrik) dan berbanding terbalik dengan kuat arus yang melewatinya. Secara sederhana hubungan ini dapat dituliskan sebagai $V = I R$.

Dalam rangkaian Gambar 1.5, terlihat bahwa amperemeter terhubung seri terhadap R dan voltmeter terhubung paralel, R_a dan R_v adalah hambatan dalam amperemeter dan voltmeter. Pada pengukuran model seperti ini arus yang mengalir dalam R tidak terukur secara teliti, namun tegangan dalam R dapat terukur dengan teliti.



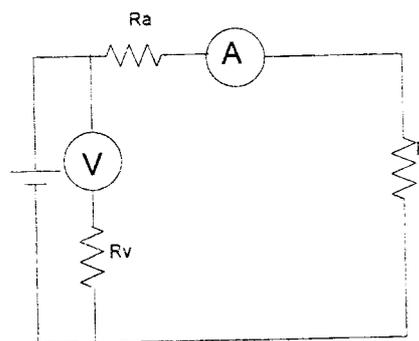
Gambar 1.5.

Rangkaian Pengukuran Arus dan Tegangan

Pada keadaan tersebut dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$1/R = I/V - 1/R_v$$

Untuk mendapatkan hasil pengukuran arus yang teliti maka rangkaian pengukuran harus diubah menjadi Gambar 1.6



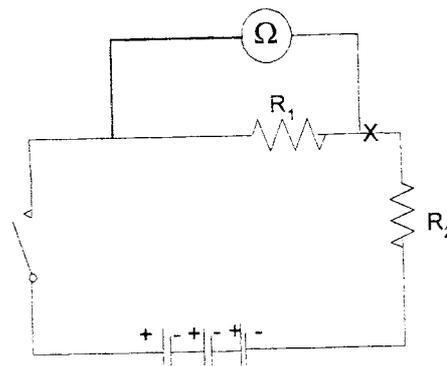
Gambar 1.6. Rangkaian Pengukuran Arus pada Titik R Secara Teliti

Dari Gambar 1.6 tersebut dapat diformulasikan sebagai berikut.

a. Pengukuran hambatan listrik

Pengukuran hambatan listrik suatu komponen dalam rangkaian listrik digunakan Ohmmeter. Sebelum pengukuran dilakukan, harus dipastikan bahwa sumber tenaga listrik dalam rangkaian dalam posisi *off* (*switch off*). Untuk mengukur hambatan komponen dalam rangkaian perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Power dalam posisi *off* dengan membuka *switch*
2. Memutus komponen yang akan diukur dari rangkaian
3. Mengukur hambatan komponen tersebut secara seri dengan Ohmmeter

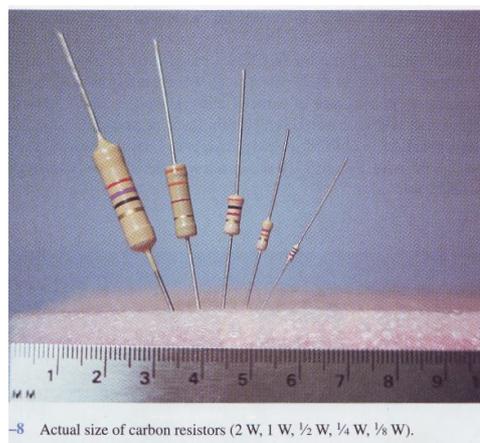


Gambar 1.7.
Cara Pengukuran Hambatan pada Komponen R,

Secara sederhana diagram pengukuran hambatan dengan Ohmmeter adalah seperti terlihat dalam Gambar 1.7. Pada gambar tersebut, terlihat switch dalam posisi terbuka dan tanda x menunjukkan salah satu sisi komponen R_1 yang dipotong. Sesaat kemudian nilai hambatan dapat dibaca dengan Ohmmeter.

b. Komponen resistor dan nilai hambatan listrik

Pada rangkaian listrik terdapat komponen yang berfungsi sebagai pembatas arus yang melewatinya dalam sirkuit. Selain itu juga dapat berfungsi sebagai pembagi tegangan. Komponen yang dapat berfungsi demikian adalah *resistor* atau hambatan. Untuk mengetahui berapa nilai hambatan *resistor* selain melalui pengukuran langsung dengan Ohmmeter juga dapat dilakukan dengan melihat pita warna yang terlihat dalam lapisan luarnya.

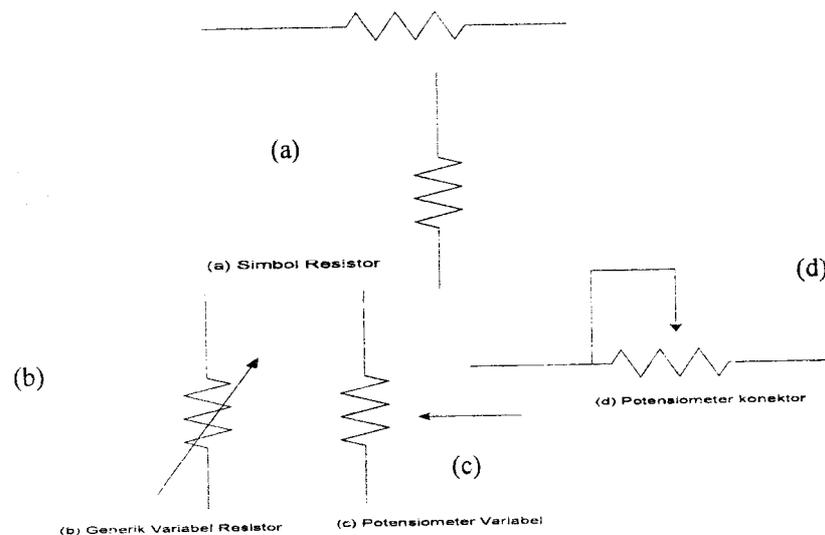


Gambar 1.8. Fixed Resistor

Terdapat tiga jenis *resistor* menurut nilai hambatan yang dikandungnya, yaitu fixed

resistor, semifixed resistor dan variabel resistor. Gambar dan beberapa simbol resistor yang biasa terlihat dalam rangkaian dapat dilihat pada Gambar 1.8 dan 1.9.

Komponen *resistor* terbuat dari bahan carbon atau campuran grafit dengan bubuk bahan insulator. Campuran bahan tersebut menentukan nilai yang dikandungnya.



Gambar 1.9.

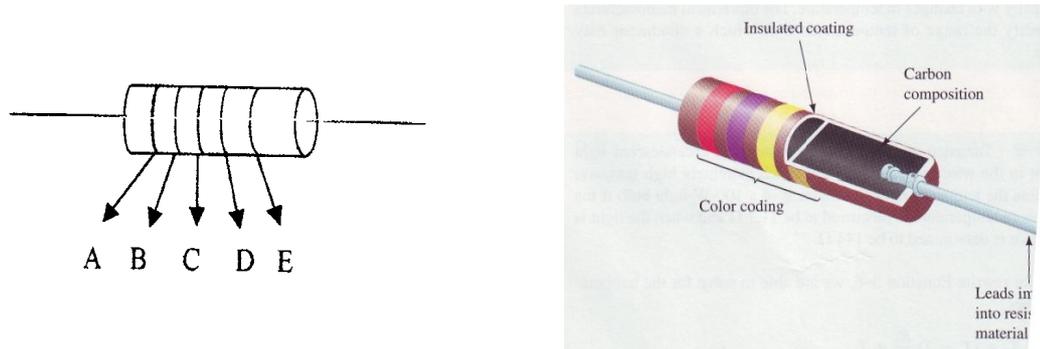
(a) Simbol Resistor, (b) Generik Variabel Resistor, (c) Potensiometer Variabel, dan (d) Potensiometer Konektor

Bentuk *resistor* jenis ini biasanya berbentuk tabung dengan kode warna tertentu dan dua kaki (kawat) pada ujungnya. Resistor yang berjenis variabel resistor atau *semifixed resistor* biasanya terbuat dari jenis *wire-wound resistor* dengan bentuk pasarnya adalah potensiometer.

c. Kode warna resistor

Nilai resistor bergantung pada pita warna yang terlihat dalam lapisan luar *resistor*. Kode warna yang tercantum dalam lapisan luar *resistor* tersebut telah disepakati dalam *Electronic Industries Association* (EIA). Sehingga aturan warna tersebut menjadi baku dan mudah dipahami para teknisi elektronik. Pita warna yang terdapat pada lapisan luar resistor berurutan dari pita yang paling dekat dengan sisi kaki, yaitu pita

pertama sampai dengan pita yang terakhir (rnenuju tengah), yaitu pita kelima mempunyai nilai tertentu yang dikandungnya. Secara jelas urutan pita warna tersebut dapat dilihat pada gambar. 1.10. Daftar nilai-nilai yang mewakili warna dari pita-pita warna resistor dapat dilihat pada tabel 1. nilai pita warna resistor.



- A= pita wama pertama mewakiti nilai tertentu
- B= pita warna kedua mewakili nilai tertentu
- C= pita warna ketiga menunjukkan nilai desimal pengalinya
- D = pita wama keempat menunjukkan nilai toleransi
- E = pita warna kelima menunjukkan faktor reliabilitas

Gambar 1.10.

Pita Warna pada Lapisan Luar *Fixed Resistor*

Tabel 1.

Daftar Nilai-Nilai dari Perwakilan Warna Pita *Resistor*

Warna	Pita Pertama	Pita Kedua	Pita Ketiga Pengali Desimal	Pita Keempat	Pita Kelima
Hitam	0	0	1	-	-
Cokelat	1	1	10	-	1 %
Merah	2	2	100	-	0.1 %
Oranye	3	3	1000	-	0.01 %
Kuning	4	4	10 000	-	0.001 %
Hijau	5	5	100 000	-	-
Biru	6	6	1000 000	-	-
Ungu	7	7	10 000 000	-	-
Abu-abu	8	8	100 000 000	-	-
Putih	9	9	1000 000 000	-	-
Emas	-	-	0.1	5%	-
Perak	-	-	0.01	10%	-



Referensi

Jones D. Larry and Chin A Foster, 2003, Electronic Instruments And Measurements,
Prentice-Hall International Editions

Gupta, B.R., 2003, Electronics And Instrumentation, S.Chand & Company LTD, New
Delhi.

Blocher, Richard, 2004, Dasar Elektronika, Penerbit ANDI Yogyakarta

Artoto Arkundato, dkk, 2007, Alat Ukur & Metode Pengukuran, Penerbit UT, Jakarta