

RANCANG BANGUN *INSULATION TESTER* BERBASIS FUZZY LOGIC

Firmansyah Adhitya G.B.¹, Ponco Siwindarto², Mochammad Rif'an³
Teknik Elektro Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia
E-mail: fadhityafadhitya@gmail.com

ABSTRAK

Setiap peralatan yang menggunakan energi listrik memiliki bahan isolasi sebagai pengaman. Bahan isolasi adalah bahan yang memberikan tahanan tinggi terhadap aliran arus listrik. Operasi dari peralatan listrik seperti transformator, motor, generator, dan kabel-kabel tergantung pada pemeliharaan tahanan isolasi. Tahanan isolasi tiap peralatan listrik memiliki batas minimal yang berbeda-beda. Perbedaan ini menyebabkan kesalahan dalam menentukan batas minimal tahanan isolasi. Oleh karena itu, diterapkan logika fuzzy dalam pengukuran tahanan isolasi. Kondisi peralatan listrik seperti motor dapat ditentukan berdasarkan nilai tahanan isolasi yang terukur. Pengujian sensor didapat tegangan pada megger mulai stabil pada tahanan 24,2 MΩ. Pengujian rangkaian pengondisi sinyal didapat rata-rata error sebesar 1,77%.

Kata kunci: Tahanan Isolasi, Logika fuzzy

ABSTRACT

Every apparatus which use electrical energy has isolation compound as security. Isolation compound is a compound which give high resistance toward electric current. The operation from electrical apparatus such as transformers, motors, generators and cables depend on the maintenance of the insulation resistance. Every electrical apparatus has its own minimum value about its insulation resistance. Thus, fuzzy logic is applied in measuring of insulation resistance. The condition of electrical apparatus can be determined based on measured insulation resistance.. Testing of sensor shows the voltage on megger start stable at 24,2 MΩ resistance. Testing of signal conditioning circuit shows average error is 1,77%.

Keyword: *Insulation resistance , fuzzy logic*

PENDAHULUAN

Setiap peralatan yang menggunakan energi listrik memiliki bahan isolasi sebagai pengaman. Bahan isolasi adalah bahan yang memberikan tahanan tinggi terhadap aliran arus listrik. Bahan dan ukuran bahan yang digunakan untuk mengisolasi rangkaian listrik harus mempunyai tahanan tinggi, biasanya dalam daerah megaohm, terhadap aliran arus. Sebagai contoh, kumparan jangkar generator harus mempunyai isolasi yang memadai untuk mencegah kebocoran

arus ke kumparan tetangganya atau ke inti besi jangkar. Operasi dari peralatan listrik seperti transformator, motor, generator dan kabel-kabel bergantung pada pemeliharaan tahanan isolasi yang tepat untuk rangkaian yang bersangkutan [1].

Tahanan isolasi tiap motor, transformator, generator dan kabel-kabel memiliki batas minimal yang berbeda-beda. Pada motor, batas minimal tahanan isolasi ditentukan berdasarkan tegangan kerja motor tersebut. Selain itu seringkali terjadi

¹ Firmansyah Adhitya G. B. adalah mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (no. telepon korespondensi penulis 082245275484; email: fadhityafadhitya@gmail.com)

² Ponco Siwindarto adalah dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

³ M. Rif'an adalah dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

kesalahan dalam menentukan batas minimal tahanan isolasi. Sehingga terjadi kesalahan dalam menentukan kondisi dari motor yang diuji. [2].

Kesalahan ini dapat diatasi dengan mengimplementasikan logika yang dapat menegaskan suatu kondisi. Logika ini adalah logika fuzzy [3].

Penelitian skripsi ini akan membahas mengenai logika fuzzy pada pengukuran tahanan isolasi. Berdasarkan nilai tahanan isolasi yang terukur, dapat ditentukan kondisi dari motor.

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Diagram Blok Sistem

Pembuatan diagram blok merupakan dasar dari perancangan sistem agar perancangan dan perealisasi alat berjalan secara sistematis. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Penjelasan mengenai diagram blok sistem di atas adalah sebagai berikut:

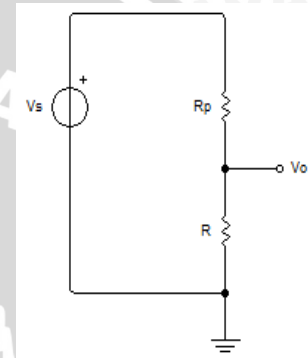
1. Rangkaian sensor berfungsi mengubah masukan berupa tegangan menjadi keluaran berupa tegangan serta mencegah penurunan tegangan pada megger.
2. Rangkaian pengondisi sinyal (RPS) menggunakan LM741 berfungsi menguatkan tegangan keluaran dari sensor sehingga dapat diolah oleh mikrokontroler.
3. Modul mikrokontroler Arduino Uno berfungsi menentukan kondisi motor dan mengonversi data analog menjadi data digital.
4. *Liquid Crystal Display* (LCD) berfungsi untuk menampilkan data hasil konversi dari mikrokontroler.

Perancangan Sensor

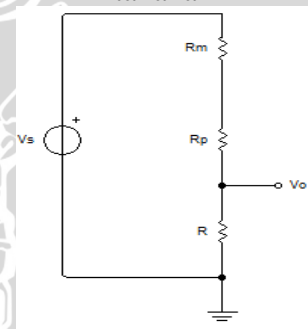
Rangkaian sensor terdiri dari dua resistor yang dihubungkan secara seri. Untuk mencari nilai resistor ditentukan terlebih dahulu parameter berikut:

1. Sumber tegangan dari megger sebesar 414V.
2. Saat tanpa tahanan tegangan keluaran sensor adalah sebesar 5V. Sedangkan saat dengan tahanan tegangan keluaran sensor sebesar 10 mV

Rangkaian sensor ditunjukkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Rangkaian sensor tanpa tahanan



Gambar 3. Rangkaian sensor dengan tahanan

Dari Gambar 3 nilai V_o didapat menggunakan rumus pembagi tegangan yaitu,

$$R_{\text{sensor}} = R_p + R \tag{1}$$

$$V_o = \frac{R}{R + R_p + R_m} \times V_s \tag{2}$$

Saat tanpa tahanan, maka tegangan keluaran sensor adalah 5V dan R_m adalah nol sehingga didapat Persamaan 3.

$$5 = \frac{414R}{R + R_p + 0}$$

$$R + R_p = 82,8R$$

$$R_p = 81,8R \tag{3}$$

Saat nilai tahanan maksimum yaitu 1000 MΩ, tegangan keluaran sensor adalah sebesar 10mV. Dengan mensubstitusikan nilai ini ke Persamaan 2 sehingga didapatkan nilai R.

$$0,01 = \frac{414R}{82,8R + 1000}$$

$$0,828R + 10 = 414R$$

$$413,162R = 10$$

$$R \approx 24,2 \text{ k}\Omega$$

Kemudian mensubstitusikan nilai R kedalam Persamaan 2 sehingga didapatkan nilai Rp.

$$R_p = 81,8R$$

$$R_p \approx 1,98 \text{ M}\Omega$$

Saat menggunakan Rp dan R dengan nilai resistor sesuai perhitungan, terjadi penurunan tegangan pada megger. Sehingga diperlukan nilai resistor yang lebih tinggi untuk menghindari penurunan tegangan. Perancangan sensor ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perancangan Sensor

Tahanan (MΩ)	Tegangan (V)
8,8	349,6
11	360,7
13,2	369
15,4	375,1
17,6	379,6
19,8	382
22	387
24,2	390
26,4	390
28,6	390

Dari Tabel 1 didapat tegangan mulai stabil pada tahanan 24,2 MΩ sehingga digunakan sensor dengan nilai tahanan sebesar 24,2 MΩ. Nilai ini disubstitusikan ke Persamaan 1 menjadi :

$$24,2 = R_p + R$$

Kemudian mensubstitusi Persamaan 3 didapat nilai R

$$24,2 = 81,8R + R$$

$$24,2 = 82,8R$$

$$R \approx 292 \text{ k}\Omega$$

Kemudian nilai R disubstitusikan ke Persamaan 3.3 didapat nilai Rp.

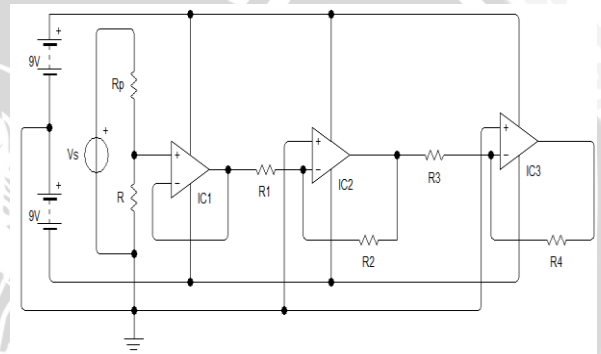
$$R_p = 81,8R$$

$$R_p \approx 23,91 \text{ M}\Omega$$

Perancangan Pengondisi Sinyal

Pada perancangan pengondisi sinyal menggunakan IC LM741 sebagai penguat arus dan tegangan pada sensor. IC LM741 menerima *input* berupa tegangan dari sensor. *Output* dari IC LM741 adalah tegangan. *Output* IC LM741 dihubungkan ke pin analog mikrokontroler.

IC₁ berfungsi sebagai buffer untuk menguatkan arus keluaran dari sensor. IC₂ sebagai penguat inverting. IC₃ berfungsi sebagai pembalik tegangan keluaran dari IC₂. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Sensor dan Pengondisi Sinyal

Tegangan keluaran maksimal sensor adalah sebesar 4,14 V. Untuk mendapatkan tegangan 5 V maka diperlukan penguatan pada IC₂. Berikut perhitungan penguatan dan R₂ pada IC₂:

$$V_{in} = 4,14 \text{ V}$$

$$V_{out} = 5 \text{ V}$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{5}{4,14}$$

$$A = 1,2077 \text{ kali}$$

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

$$1,2077 = \frac{R_2}{1000}$$

$$R_2 \approx 1,2 \text{ k}\Omega$$

Sehingga tegangan keluaran IC2 menjadi :

$$V_{out2} = -\frac{R_2}{R_1} \times V_{in}$$

$$V_{out2} = -\frac{1,2}{1} \times 4,14$$

$$V_{out2} = -4,96 \text{ volt}$$

IC3 berfungsi sebagai pembalik tegangan Berikut perhitungan R4 pada IC3 :

$$R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$A = 1 \text{ kali}$$

$$A = \frac{R_4}{R_3}$$

$$1 = \frac{R_4}{1000}$$

$$R_4 = 1 \text{ k}\Omega$$

Sehingga tegangan keluaran IC3 menjadi :

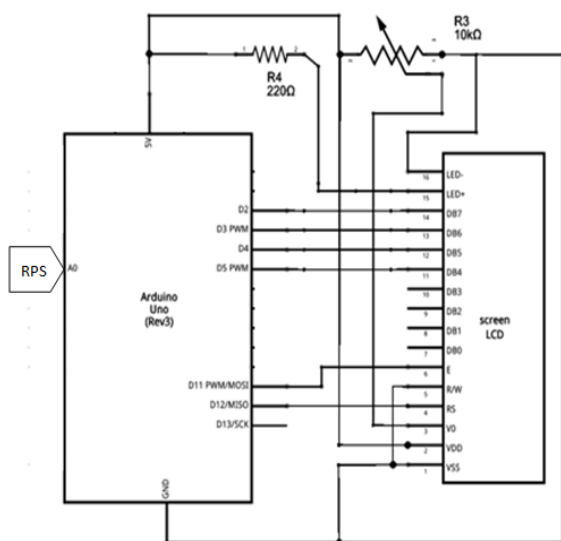
$$V_{out3} = -\frac{R_4}{R_3} \times V_{in}$$

$$V_{out3} = -\frac{1}{1} \times 4,96$$

$$V_{out3} = 4,96 \text{ volt}$$

Perancangan Antarmuka Mikrokontroler

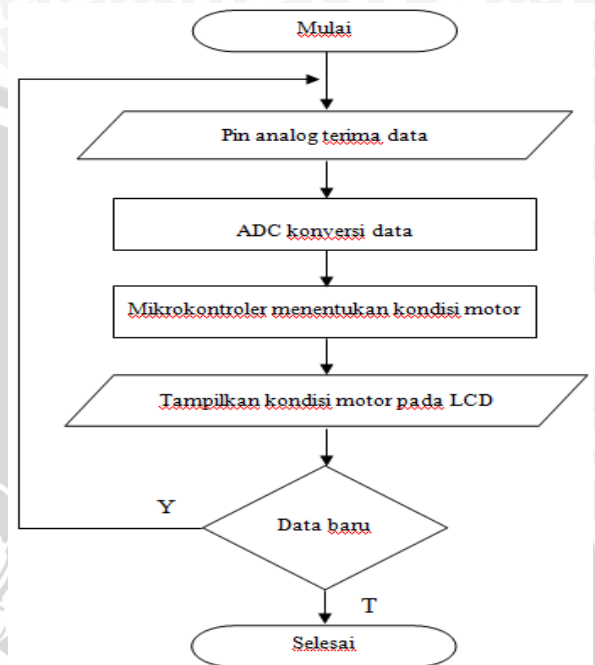
Mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah Atmega328P yang terangkai pada modul mikrokontroler Arduino Uno. Antarmuka modul mikrokontroler meliputi antarmuka dengan rangkaian pengondisi sinyal (RPS) dan LCD. Antarmuka modul mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Antarmuka modul mikrokontroler

Perancangan Software

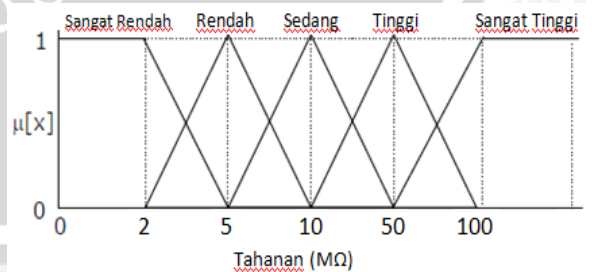
Perancangan *software* terdiri program utama. Program utama meliputi membaca masukan analog, menentukan kondisi motor, mengkonversi menjadi data digital dan menampilkannya di LCD (lihat Gambar 6).



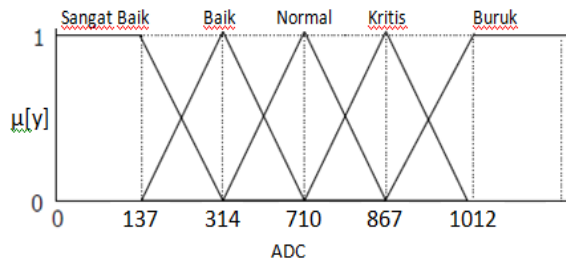
Gambar 6. Flowchart software

Perancangan Logika Fuzzy

Perancangan logika fuzzy dalam penelitian ini memiliki satu variabel *input* yaitu tahanan isolasi serta satu variabel *output* berupa kondisi motor. Fungsi keanggotaan *input* dan *output* ditunjukkan dalam Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan variabel *input*



Gambar 8. Fungsi keanggotaan variabel output

Perancangan logika fuzzy ditentukan aturan-aturan. Aturan fuzzy ditentukan sebagai berikut :

1. *If* tahanan isolasi sangat rendah *then* kondisi motor buruk.
2. *If* tahanan isolasi rendah *then* kondisi motor kritis.
3. *If* tahanan isolasi sangat sedang *then* kondisi motor normal.
4. *If* tahanan isolasi tinggi *then* kondisi motor baik.
5. *If* tahanan isolasi sangat tinggi *then* kondisi motor sangat baik.

Defuzzifikasi merupakan proses mengubah keluaran fuzzy menjadi keluaran crisp. Hasil defuzzifikasi digunakan untuk menunjukkan kondisi motor. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah rata-rata terbobot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan tegangan pada megger.

Hasil pengujian sensor ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor

Tahanan (MΩ)	Tegangan (V)
2,2	239,5
4,4	303,3
6,6	332,3
8,8	349,6
11	360,7

13,2	369
15,4	375,1
17,6	379,6
19,8	382
22	387
24,2	390
26,4	390
28,6	390

Berdasarkan Tabel 3, semakin besar tahanan maka tegangan pada megger semakin besar. Tegangan pada megger mulai stabil pada tahanan 24,2 MΩ. Hal ini disebabkan karena megger terbebani oleh sensor.

Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal

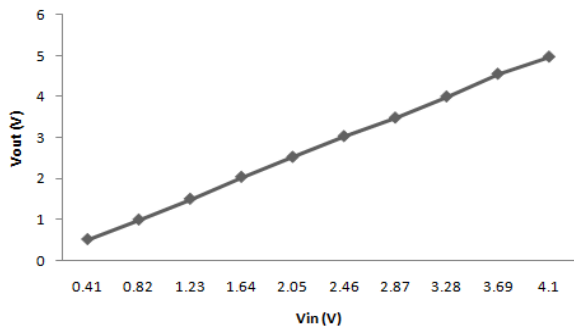
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kesalahan pada penguatan tegangan keluaran.

Hasil pengujian rangkaian pengondisi sinyal ditunjukkan dalam Tabel 4 dan Gambar 9.

Tabel 4. Hasil pengujian rangkaian pengondisi sinyal

Vin (Volt)	Vout (Volt)	Penguatan	Error (%)
0,41	0,51	1,241	2,73
0,82	0,99	1,207	0,08
1,23	1,50	1,218	0,82
1,64	2,04	1,241	2,73
2,05	2,53	1,232	1,98
2,46	3,03	1,233	2,70
2,87	3,49	1,215	0,57
3,28	4,00	1,221	1,07
3,69	4,56	1,236	2,32
4,10	5,09	1,241	2,73
Rata – rata error			1,77

Berdasarkan Tabel 4, didapat error paling besar 2,73%. Error rata-rata sebesar 1,77%. Hal ini disebabkan karena toleransi pada resistor dan proses pengukuran.



Gambar 9. Grafik pengujian rangkaian pengondisi sinyal

Pada Gambar 9 terlihat grafik berupa kurva linear dengan hubungan antara tegangan masukan dan tegangan keluaran.

Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performansi saat semua blok di gabungkan.

Hasil pengujian keseluruhan sistem ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengujian keseluruhan sistem

Hubungan	Tahanan (M Ω)	Kondisi	Kesalahan (%)
R – Ground	200	S. Baik	2,00
S – Ground	200	S. Baik	2,00
T – Ground	200	S. Baik	4,38
Rata-rata error			2,79

Berdasarkan Tabel 5, Pengujian keseluruhan sistem didapat error pada hubungan R-Ground dan S-Ground sebesar 2,00% dan T-Ground sebesar 4,38%. Semua hubungan berada pada kondisi sangat baik. Ketelitian dan resolusi alat adalah sebesar 0,01 M Ω dan ketepatan alat adalah sebesar 2,79%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sistem, maka dapat disimpulkan hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengujian rangkaian pengondisi sinyal dengan *range* tegangan 0,41 volt – 4,1 volt didapatkan error paling kecil 0,08 %

dan paling besar 2,73 %. Rata-rata error dari semua pengujian sebesar 1,77%.

2. Pengujian sensor dengan *range* tahanan 2,2 M Ω – 28,6 M Ω didapatkan tegangan keluaran megger mulai stabil pada tahanan 24,2 M Ω .
3. Pengujian keseluruhan sistem didapat error pada hubungan R-Ground dan S-Ground sebesar 2,00% dan T-Ground sebesar 4,38%. Semua hubungan berada pada kondisi sangat baik. Ketelitian dan resolusi alat adalah sebesar 0,01 M Ω dan ketepatan alat adalah sebesar 2,79%.

Saran

Saran untuk meningkatkan kinerja alat maka akan lebih baik jika pengujian dilakukan dengan resistor variabel yang memiliki nilai sampai ratusan megaohm sehingga akan lebih mudah dalam menentukan range dari tiap variabel fuzzy.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryatmo, F. 1986. *Teknik Listrik Pengukuran*. Jakarta : Bina Aksara.
- [2] Bishop, Tom. 2008. *Insulation Resistance Testing : How Many Does Megaohms it Take to Start a Motor?*. New Jersey : Netaworld.
- [3] Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelligence – Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.