

SISTEM MONITORING PENGOPERASIAN TRANSFORMATOR DAYA BERBASIS UMUR OPERASIONAL DAN MODEL PEMBEBANAN SECARA ONLINE

Muhammad Suryadzul Khilmi, Bambang Dwi Sulo, Bambang Minto Basuki

Universitas Islam Malang, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro

JL. MT. Haryono 193 Dinoyo-Lowokwaru, Malang.

khilmi193@gmail.com

ABSTRAK

Transformator salah satu peralatan sistem tenaga listrik yang sangat vital untuk menyalurkan energi listrik, Sering terjadi kelebihan kapasitas pembebanan pada transformator yang mengakibatkan umur transformator berkurang. Maka dari itu perlunya pengawasan untuk memantau kondisi realtime transformator agar tidak melebihi kapasitasnya dan umur transformator bisa lebih dari yang sudah ditentukan, Ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu suhu, arus output, dan tegangan transformator. Maka diperlukan sensor-sensor yang digunakan untuk memonitoring transformator yaitu sensor LM35 sebagai sensor suhu, sensor ACS712 sensor arus dan sensor ZMPT101B untuk mensensor tegangannya, Kemudian mengirimkan hasil baca data ke arduino uno dan ESP8266 sebagai modul untuk mengonlinekan hasil dari sensor agar bisa terbaca dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk. Hasil uji coba perangkat sistem monitoring ini memiliki akurasi dalam pengukuran rata-rata error sebesar 1,38 untuk sensor tegangan, Sensor arus 9,36% dan sensor suhu 6,21% dan juga sudah bisa mengetahui umur transformator.

Kata Kunci : Blynk, Sensor LM35, Sensor ACS712, Dan Sensor ZMPT101B, Umur Transformator.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sistem transmisi distribusi terdapat komponen-komponen yang tidak dapat dipisah dan kedudukannya sangat penting, salah satunya adalah transformator. Berdasarkan kegunaan operasinya, transformator dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, antara lain transformator daya, pengukuran dan distribusi. Tetapi dalam tugas akhir ini peneliti akan membahas mengenai transformator daya, dalam sistem distribusi sering kali terjadi kelebihan pembebanan pada transformator daya dan terjadi ketidaksesuaian antar beban yang terpasang dengan kapasitas transformator daya. Dalam keadaan tersebut berdampak besar terhadap kualitas transformator dalam mendistribusikan energi listrik karena transformator harus selalu bekerja pada kondisi beban tinggi ataupun rendah.

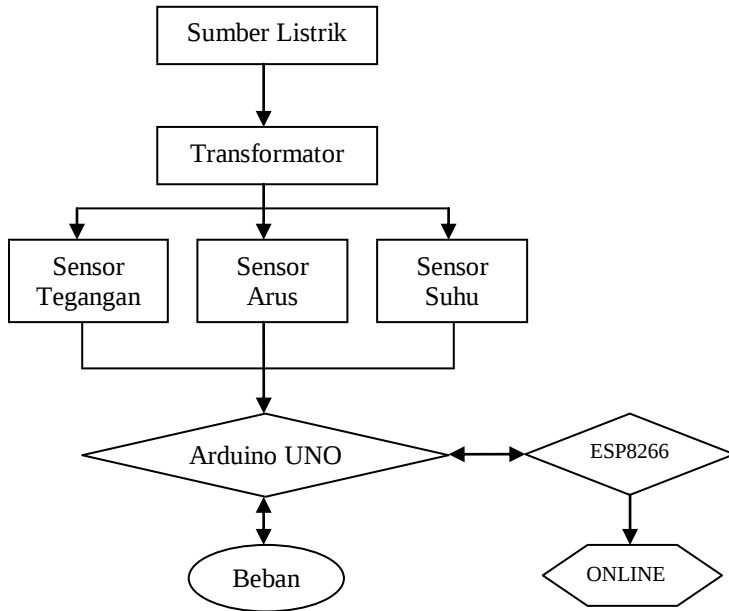
Transformator dapat dikatakan sebagai jantungnya dari distribusi. Oleh karena itu

transformator diharapkan mampu beroperasi secara optimal. Karena sistem kerja dari transformator adalah untuk menjaga daya tahan dan fungsi yang disalurkan agar tetap terjaga, oleh karena itu peneliti dengan melihat hal ini tertarik untuk mengambil judul, yakni “Sistem monitoring pengoperasian transformator daya berbasis umur operasional dan model pembebanan transformator secara online” untuk menjaga agar beban transformator tidak melebihi kapasitasnya dan membantu untuk memantau kondisi transformator secara realtime[1].

II. METODELOGI PENELITIAN

2.1 Blok Diagram Sistem

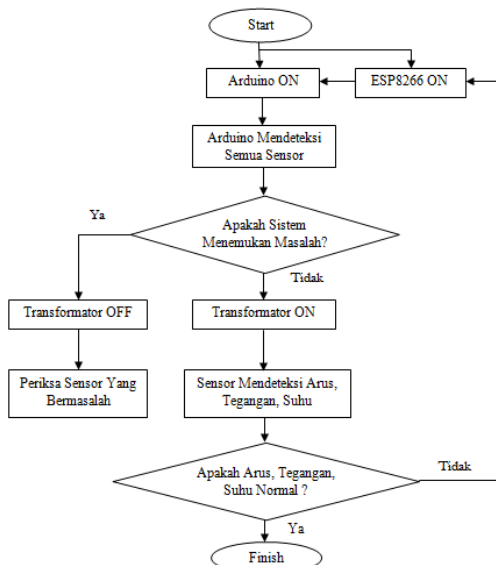
Berikut ini terdapat blok diagram yang memperlihatkan cara kerja dari perancangan alat monitoring transformator secara online.



Gambar 2.1 Diagram Sistem
(Sumber: Perancangan)

2.2 Rangkaian Sistem

Pada bagian rangkaian sistem monitoring yang dibuat secara sistematis baik dari rangkaian Arduino hingga ESP8266 agar bisa sinkron pada perangkat lain seperti sensor arus, tegangan, suhu dan lain-lain. Berikut ini gambar rangkaian prinsip kerja alat yang dirancang:

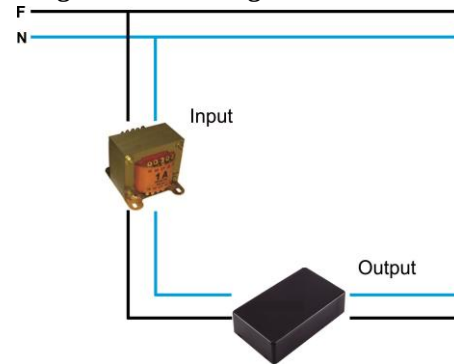


Gambar 2.2 Rangkaian Sistem
(Sumber: Perancangan)

2.3 Gambar Sistem Perancangan

Pada bagian ini peneliti memperlihatkan skema gambaran sistem penelitian yang akan dilakukan mulai dari rancangan rangkaian monitoring, rangkaian sensor arus, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor suhu.

2.3.1 Rangkaian Perancangan



Gambar 2.3 Gambar Sistem Perancangan
(Sumber :Perancangan)

Keterangan :

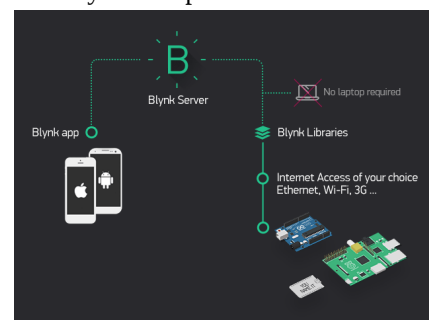
Rangkaian gambar 3.6 yaitu dimulai dari sumber satu fasa 220 volt lalu diturunkan dengan transformator stepdown menjadi 110 volt kemudian dirangkai masuk ke box monitoring transformator yang berisi antara lain: Arduino Uno, ESP8266, Sensor Suhu, Arus, Tegangan. Untuk kebutuhan memonitoring output dari transformator.

Spesifikasi Transformator yang digunakan :

- Transformator Step Down
- Input : 220 V
- Output : 110 V
- 4,5 A

2.3.2 Rangkaian Monitoring

Rangkaian ini berfungsi menampilkan hasil baca sensor ke layar Handphone.



Gambar 2.4 Rangkaian Monitoring
(Sumber :Perancangan)

Keterangan:

Rangkaian diatas menunjukan alur untuk memonitoring transformator melalui handphone mulai dari arduino yang dihubungkan dengan ESP8266 yaitu modul wifi untuk mengoneksikan ke Blynk Libraries lalu ke Blynk Server dan Blynk Aplikasi yang ada di handphone[2].

2.4 Metode Pengujian Komponen

Proses yang dilakukan pada pengukuran ini dibuat agar alat bekerja dengan baik sesuai tujuan. Uji coba dilakukan secara bertahap oleh masing-masing sensor yang digunakan yaitu sensor Tegangan (ZMPT101B), Arus (ACS217) dan Suhu (LM35). Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai dari sensor terhadap nilai dari alat ukur pembanding untuk mencari nilai error relatif dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{nilai pada sensor} - \text{nilai pada alat ukur}}{\text{nilai pada sensor}} \right| \cdot 100\%$$

2.5 Metode Perhitungan Umur Transformator

Rumus *Montsinger* untuk memperoleh kecepatan relatif pada titik panas di atas suhu normal (98°C) pada beban nominal acuan. Untuk desain transformator berdasarkan standar IEC 76 dan IEC 354, nilai relatif dari umur pemakaian tergantung pada suhu titik panas yang disebabkan pembebanan.

Hubungan suhu terhadap operasional, dalam suhu sekitar 30°C pada nilai daya nominal transformator memberikan kenaikan suhu dengan titik panas sebesar 68°C. Nilai relatif dari umur pemakaian sebagai berikut :

$$V = 2^{\frac{(\theta - 98^\circ\text{C})}{6}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

V = Percepatan penuaan relatif

θ = Temperatur belitan sisi terpanas (*hot spot*).

98°C = Temperatur adalah dasar untuk umur yang wajar (20 – 30 tahun).

Rumus *Mountsinger* berlaku sampai temperatur (140°C) .

Dalam perhitungan penyusutan umur, Menggunakan persamaan untuk menentukan besar penyusutan umur sebagai berikut:

Penyusutan umur (60 detik) :

$$= (t \times v) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

t = waktu pembebanan trafo pada temperatur belitan

v=kecepatan penuaan relatif pada temperatur belitan

Sebab pembebanan transformator berubah-ubah setiap harinya sehingga sulit untuk menentukan pembebanan hariannya, maka dari itu dalam penelitian ini diasumsikan pembebanan hariannya sama.

Perhitungan susut umur transformator pada penelitian kali ini hanya memperhitungkan pengaruh penurunan isolasi belitan yang disebabkan karena model pembebanan saja tanpa memperhitungkan pengaruh lain.

Perkiraan sisa umur :

$$= \frac{(\text{Umur dasar}) - n}{(\% \text{ Susut umur})} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

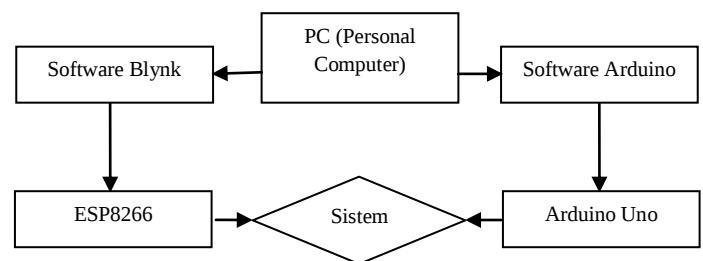
n = Tahun dimana trafo pertama dioperasikan[3].

III. PEMBAHASAN DAN HASIL

3.1 Prototipe

Hasil sistem monitoring dapat dilihat pada gambar 3.1 yang didalamnya terdapat beberapa komponen sebagai monitoring dari sistem monitoring transformator. Sistem monitoring berguna sebagai pusat kerja dari alat yang telah dibuat. Komponen yang terdapat didalamnya terdiri dari sensor ZMPT101B, sensor ACS217, sensor LM35, ESP8266, Arduino Uno, dan Adaptor 5 V.

Sistem Monitoring Transformator 1 Fasa, digunakan pula software program yang bertujuan untuk memberi perintah ke Arduino Uno dan ESP8266 untuk memonitoring sehingga memungkinkan perangkat dapat berjalan sesuai perancangan. berikut software yang digunakan antara lain : Arduino versi 1.8.5 dan Blynk versi 2.27.10.



Gambar 3.1 Konfigurasi Pada Sistem
(sumber: Perancangan)

3.2 Pengujian sensor

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur akurasi pembacaan sensor. Pengujian tersebut dilakukan secara bersamaan dengan memperhatikan faktor koreksi dari tiap-tiap sensor. Hal ini dilakukan agar jika terjadi kesalahan antara sensor dan alat ukur

yang melebihi batas aman, maka dapat segera diatasi tanpa harus memperbaiki sistem secara menyeluruh.

3.2.1. Pengujian sensor tegangan

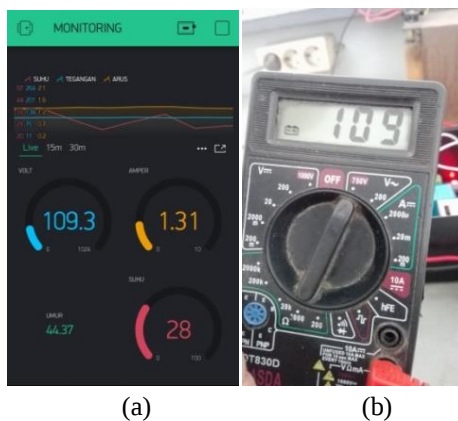
Uji coba dilakukan dengan memberikan sumber tegangan ke transformator, sensor tegangan dan alat ukur multimeter. Dalam hal ini multimeter dijadikan sebagai tegangan referensi. Hasil pengukurannya kemudian dibandingkan sebagaimana yang ada pada table berikut :

Tabel 3.1 Hasil pengukuran sensor tegangan ZMPT101B

NO	Pengujian	Sensor Tegangan	Multimeter	Error (%)
1	Ke 1	112,5	109	3,11
2	Ke 2	105,8	107	1,13
3	Ke 3	109,6	109	0,54
4	Ke 4	107,8	110	2,04
5	Ke 5	108,9	109	0,09
Rata-rata				1,38

(Sumber :Hasil Perancangan)

Pada Tabel 3.1 yaitu hasil dari sensor tegangan yang dapat dilihat pada aplikasi blynk dengan hasil pada multimeter. Perbandingan antara sensor tegangan dengan multimeter memperlihatkan perbedaan rata-rata error sebesar 1,38%.



Gambar 3.2 Perbandingan hasil pengujian sensor (a) dan alat ukur multimeter (b)
(sumber: Perancangan)

3.2.2. Pengujian sensor arus

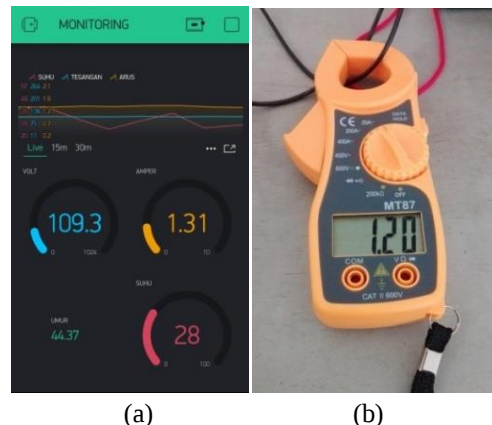
Proses pengujian sensor arus dilakukan dengan cara yang sama seperti sensor tegangan. Dengan hasil data sebagai berikut :

Tabel 3.2 Hasil pengukuran Sensor arus ACS712

NO	Pengujian	Sensor Arus	Tang Ampere	Error (%)
1	Ke 1	1,33	1,20	9,7
2	Ke 2	1,32	1,20	9,0
3	Ke 3	1,30	1,19	8,46
4	Ke 4	1,32	1,19	9,84
5	Ke 5	1,32	1,19	9,84
Rata-rata				9,36

(Sumber :Hasil Perancangan)

Pada Tabel 3.2 yaitu hasil dari Sensor arus yang dapat dilihat pada aplikasi blynk dengan hasil pada tang amper. Perbandingan antara sensor arus dengan tang amper memperlihatkan perbedaan rata-rata error sebesar 9,36%.



Gambar 3.3 Perbandingan hasil uji sensor (a) dan tang amper (b)
(sumber: Perancangan)

3.2.3. Pengujian sensor suhu

Proses pengujian ini dilakukan dengan membandingkan antara sensor suhu dan termometer. Berikut hasil datanya :

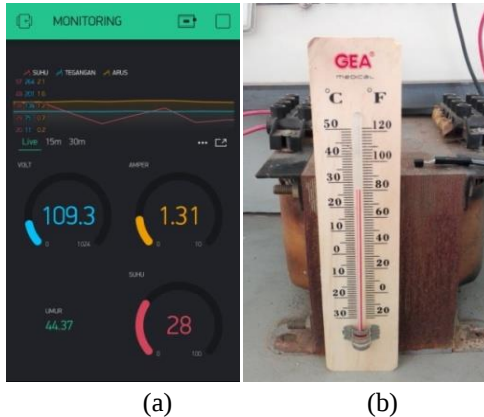
Tabel 3.3 Hasil pengukuran sensor suhu LM35

NO	Pengujian	Sensor Suhu	Termometer	Error (%)
1	Ke 1	27°C	28°C	3,70
2	Ke 2	29°C	27°C	6,89
3	Ke 3	28°C	28°C	0
4	Ke 4	25°C	27°C	8
5	Ke 5	24°C	27°C	12,5
Rata-rata				6,21

(Sumber :Hasil Perancangan)

Pada Tabel 3.3 yaitu hasil dari sensor suhu yang dapat dilihat pada aplikasi blynk dengan hasil pada termometer. Perbandingan antara sensor suhu dengan

termometer memperlihatkan perbedaan rata-rata error 6,21%.



Gambar 3.4 Perbandingan hasil pengujian sensor (a) dan termometer (b)
(Sumber: Perancangan)

3.3 Perhitungan Umur Operasional Transformator

Dari hasil pengukuran dapat diperdiksikan penyusutan umur transformator tersebut. Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada standar IEC 354 yang juga telah menjadi standar PLN saat ini (SPLN 17 A: 1979)[4], sebuah transformator akan mengalami umur yang normal pada kondisi “suhu 98°C pada pembebanan 100 % dari rating pengenalan” dengan suhu sekitar 20°C. Oleh karena rata-rata suhu sekitar kota Malang adalah 30°C maka penelitian ini mengacu pada Tabel 3.3, yaitu pada suhu sekitar 30°C suhu belitan transformator akan mencapai 98°C pada faktor pembebanan 0,91 (91%) dari rating daya transformator. Maka dapat dinyatakan bahwa pada suhu sekitar 30°C, suhu belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 % dari rating daya transformator adalah 107,7°C berikut perhitungannya.

$$\begin{aligned} &= \frac{91\%}{98^\circ\text{C}} = \frac{100\%}{\theta^\circ\text{C}} \Rightarrow \theta = \frac{98^\circ\text{C} \times 100\%}{91\%} \\ &= \frac{98^\circ\text{C}}{0,91} = 107,69 = 107,7^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Untuk pembebanan (60 detik) diasumsikan 60 detik beban mengikuti model pembebanan. Berikut ini perhitungan susut umur transformator.

3.3.1 Data Tranformator Daya Satu Fasa

- Lokasi : Laboratorium fakultas teknik universitas islam malang
- Kapasitas : 4,5 A
- Tegangan Primer : 220 V
- Tegangan Skunder : 110 V

3.3.2 Data Pembebanan

- Beban : 1,33 A
- $= \frac{1,33}{4,5} \times 100 = 29,56\%$
- Presentasi : 29,56 %

3.3.3 Perhitungan

3.3.3.1 Perhitungan Temperatur Belitan

Temperatur lilitan (θ) = % pembebanan x temperature belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 %

$$\begin{aligned} &= (29,56\% \times 107,7^\circ\text{C})/100 \\ &= 31,83^\circ\text{C} \end{aligned}$$

dimana, (i) % pembebanan = 29,56% dan (ii) temperatur belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 % = 107,7°C

Jadi diperkirakan belitan transformator tersebut dibebani selama 60 detik pada suhu 31,83°C

3.3.3.2 Perhitungan Penyusutan Selama 60 Detik

Diperkiraan perhitungan penyusutan umur selama 60 detik berdasarkan kenaikan temperatur belitan θ (°C) dapat dihitung dengan persamaam 3.1 dan 3.2 sebagai berikut :

Percepatan penuaan relatif (V)

- Model Pembebanan Selama (60 detik)

$$V = 2^{\frac{(\theta - 98^\circ\text{C})}{6}} = 2^{(31,83 - 98)/6} = 0,0004787 \text{ p.u}$$

dimana, temperatur belitan (θ) = 31,83°C

Perkiraan penyusutan umur 60 detik

Susut umur (60 detik) = (t x v)

$$\begin{aligned} &= (60 \text{ detik} \times 0,0004787 \text{ p.u}) \\ &= 0,02872, \text{ lalu } \frac{0,02872}{60} \times 100 = 0,047\% \end{aligned}$$

3.3.3.3 Perhitungan Sisa Umur

Diperkiraan sisa umur transformator bisa dihitung dengan menggunakan persamaan 3.3 berikut:

$$\text{Sisa umur} = \frac{(\text{Umur dasar}) - n}{(\% \text{ Susut umur})}$$

$$\text{Sisa umur} = \frac{20 - (2020 - 2002)}{0,047\%} = 42,55 = 42 \text{ tahun}$$

Perhitungan sisa umur pakai untuk trafo bermodel pembebanan pada laboratorium fakultas teknik universitas islam malang. Dari data perhitungan yang dilakukan pada transformator yang bermodel pembebanan diatas, bahwa penyusutan umur pada transformator masih terbilang normal pemakaian transformator. Dipastikan umur transformator masih 20 tahun keatas sesuai *standard* yang ditetapkan.

3.4 Implementasi Blynk

Dalam penelitian ini menggunakan jasa aplikasi blynk untuk monitor hasil kerja alat secara visual yang bisa dibuka oleh publik serta bisa dipantau jarak jauh melalui sambungan internet. Untuk menggunakannya diperlukan pendaftaran akun. Akun tersebut digunakan sebagai tempat plot visual dari data hasil alat monitoring. Data tersebut digunakan untuk pemrograman esp8266 agar bisa terhubung kedalam aplikasi Blynk. Nantinya data hasil pengendalian pada arduino akan dikirim ke blynk. Data yang akan tampil didalamnya berupa *Guage* yang berisi tegangan, arus, suhu dan sisa umur. Berikut tampilan dari Blynk dan hasil data yang dimasukkan:



Gambar 3.5 Antar muka Blynk
(sumber: perancangan)

IV. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, maka dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Perangkat sistem monitoring yang dirancang memiliki akurasi dalam pengukuran tegangan rata-rata 1,38% (error), pengukuran arus rata-rata 9,36% dan suhu rata-rata 6,21%(error).
2. Hasil dari sistem ini menampilkan hasil baca sensor tegangan, arus, suhu dan sisa umur tranformator yang ditampilkan melalui aplikasi blynk yang sangat membantu memantau kondisi realtime transformator.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini terdapat beberapa kekurangan yang mungkin bisa dikembangkan lagi kedepannya.

1. Perlu diadakan penelitian kembali tentang perencanaan sistem *monitoring* secara *online* dengan *interface* yang berbeda.

2. Diperlukannya kalibrasi sensor suhu untuk mendapatkan hasil pengukurang yang tepat.
3. Diperlukannya tombol fisik untuk menjalankan sistem karena masih belum ada kedepannya dapat ditambahkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahardy Bryan, 2012 Monitoring Kondisi Trafo Secara Online Berbasis Analisis Data Termal Dan Spektrum Arus Pada Transformator Tiang 220 VAC Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [2] A.Widya dan H. N. Isnianto, Kontrol Relay Melalui WiFi ESP8266 dengan Aplikasi Blynk Berbasis OS Android, Universitas Gadjah Mada, 2016.
- [3] Purnama S. Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga, Semarang. 2009
- [4] SPLN-17. Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak, Jakarta. (1979).
- [5] Djuandi, F. Pengenalan Arduino. Universitas Trisakti. Jakarta.(2011).
- [6] Anggiyatna, Dika Mahendra dan Amal, Ikhlasil (2016) “Monitoring Kualitas Daya Output Trafo Distribusi Berbasis Mikrokontroler Via Wifi” Program Studi Teknik Listrik.
- [7] Dofan Ali R. Jamal, (2011), Study On Thermal Model For Calculating Transformer HotSpot Temperatur, Electronic Engineering University Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM).
- [8] Wahyudi, Heris, Bambang Minto Basuki, dan Bambang Dwi Sulo Analisis Pengaruh Beban Non Linier Terhadap Peningkatan Rugi-rugi Pada Transformator Distribusi Di PT PLN (PERSERO) UPJ Gondanglegi Penyulang Bantur *SCIENCE ELECTRO*, vol. 01, no. 3 pp. 13-17, 2013.
- [9] Sapiie, Soedjana,2000, Pengukuran dan alat-alat ukur listrik.
- [10] Janny Olly Wuwung, 2010, Pengaruh Pembebanan Terhadap Kenaikan Suhu Pada Belitan Transformator Daya Jenis Terendam Minyak, Universitas Sam Ratulangi, Manado.