



RANCANG BANGUN ALAT PROTEKSI ARUS DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR 3 PHASE BERBASIS ARDUINO

Meisy Zahira¹⁾, Arif Gunawan²⁾, dan Muzni Sahar³⁾

¹Teknik Listrik, Politeknik Caltex Riau, Jl. Umban Sari, Pekanbaru, 28265 ²Teknik Listrik, Politeknik Caltex Riau, Jl. Umban Sari, Pekanbaru, 28265 ³Teknik Listrik, Politeknik Caltex Riau, Jl. Umban Sari, Pekanbaru, 28265 E-mail: Meisy17tl@mahasiswa.pcr.ac.id E-mail: Agun@pcr.ac.id

E-mail: Muzni@pcr.ac.id

Abstract

The transformer is one of the important equipment in the electrical system. If there is a disturbance in the transformer, it can cause damage to the transformer and also to the distribution of electric power. So that the transformer requires the main protection in the form of differential current protection. In this study the design of a differential current protection device on an Arduino-based three-phase transformer. To meet these needs, this differential current protection device uses Arduino Mega 2560 as a data processor and controller. The measurement uses the ACS712 20A current sensor and the ZMPT101B voltage sensor. The workings of this design refer to the tripping characteristics of ANSI 87T and the slope refers to the characteristics of the T60 relay. Based on the results of the tests carried out, the protection device does not disconnect the transformer with the load. This is because the load imbalance disturbance in one phase does not cause a differential current in the transformer winding. Besides, this design is equipped with a keypad for inputting the multiplier factor of the CT ratio and the real time value of the protection device. The value of the differential current and transformer voltage will be displayed on the LCD and the current data on this protection will be stored on a micro SD card so that it can make it easier to monitor the condition of the transformer used.

Keywords: *Arduino Mega 2560, ANSI 87T, relay T60, current sensor ACS712 20A and voltage sensor ZMPT101B.*

Abstrak



9th Applied Business and Engineering Conference

Transformator merupakan salah satu peralatan penting pada sistem kelistrikan. Jika terjadi gangguan pada transformator, maka dapat menyebabkan kerusakan pada transformator dan juga pada penyaluran tenaga listrik. Sehingga transformator memerlukan pengamanan utama berupa proteksi arus diferensial. Pada penelitian ini perancangan alat proteksi arus diferensial pada transformator tiga phase berbasis Arduino. Untuk memenuhi keperluan tersebut, alat proteksi arus diferensial ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengolah data dan controller. Pengukuran menggunakan sensor arus ACS712 20A dan sensor tegangan ZMPT101B. Cara kerja perancangan ini mengacu pada karakteristik tripping ANSI 87T dan slope mengacu pada karakteristik relai T60. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, alat proteksi tidak memutuskan sambungan transformator dengan beban. Hal ini dikarenakan gangguan ketidakseimbangan beban di salah satu *phase* tidak menyebabkan adanya arus diferensial di belitan transformator. Disamping itu

perancangan ini dilengkapi sebuah keypad guna untuk peng-input an faktor pengali dari rasio CT dan nilai real time pada alat proteksi. Nilai besaran arus diferensial dan tegangan transformator akan tertampil pada LCD dan data arus pada proteksi ini akan tersimpan pada micro SD card sehingga dapat mempermudah dalam memantau kondisi dari transformator yang digunakan.

Kata Kunci: *Arduino Mega 2560, ANSI 87T, relai T60, sensor arus ACS712 20A dan sensor tegangan ZMPT101B.*

PENDAHULUAN

Transformator tiga *phase* merupakan peralatan yang dapat mengkonversi tegangan pada penyaluran tenaga listrik. Dalam hal ini transformator termasuk kedalam peralatan penting untuk dilindungi sebab jika transformator mengalami kerusakan yang disebabkan oleh berbagai gangguan, maka akan berdampak juga pada penyaluran tenaga listrik disamping itu gangguan-gangguan tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada belitan transformator. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan sebuah pengamanan utama pada transformator salah satunya yaitu relai diferensial (Parjono, Kartono, & Setiawan, 2011).



9th Applied Business and Engineering Conference

Relai diferensial bekerja jika terjadi gangguan dalam daerah pengaman dan tidak bekerja jika terjadi gangguan luar daerah pengamannya. Relai diferensial merupakan pengaman utama pada transformator dan tidak dapat digunakan sebagai pengaman cadangan diluar daerah proteksinya sehingga relai tersebut harus memiliki keandalan yang tinggi dan sangat selektif (Umar, Syukriyadin, & Lubis, 2018).

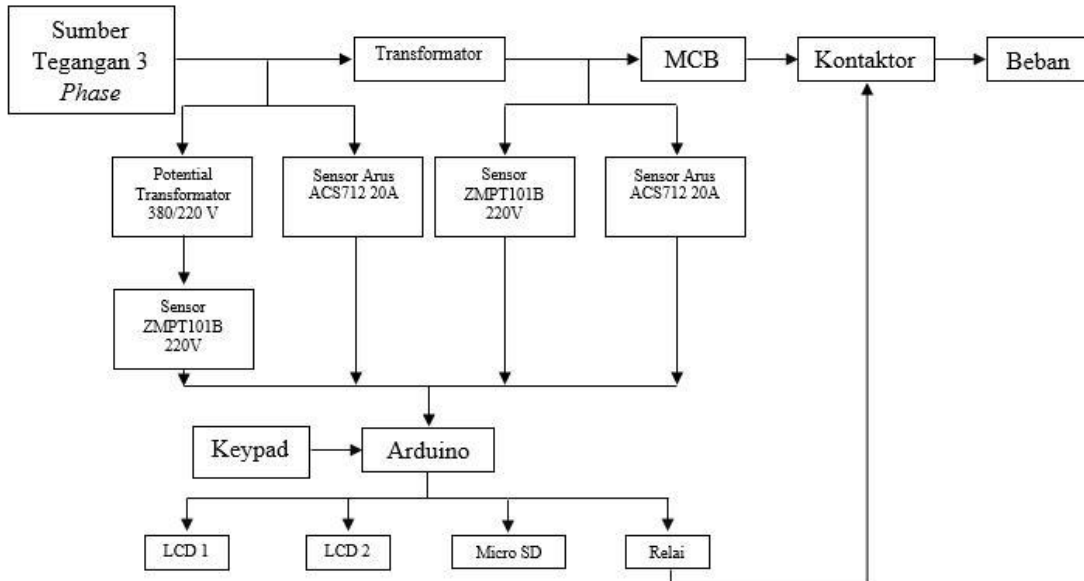
Dengan demikian penulis berupaya merancang bangun sebuah proteksi arus diferensial pada transformator tiga *phase* dimana proteksi tersebut berbasis *Arduino*, bukan proteksi yang dilakukan secara konvensional. Namun pada perancangan ini *Arduino Mega 2560* mengadaptasi prinsip kerja yang diterapkan pada relai diferensial konvensional dengan cara menerapkannya ke dalam logika bahasa program yang diproses menggunakan *software arduino IDE*. Sehingga untuk alat proteksi arus diferensial ini dikontrol oleh *Arduino*. *Arduino* juga menerima nilai tegangan masukan dan keluaran transformator yang terdeteksi oleh sensor tegangan ZMPT101B. disamping itu nilai arus diferensial dan tegangan transformator akan tertampil pada LCD serta pengukuran arus alat proteksi ini akan tersimpan pada *micro SD card*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui respon alat proteksi terhadap gangguan ketidakseimbangan beban di salah satu *phase* dan untuk mengetahui efektivitas alat proteksi yang telah dirancang dalam proses pemantauan kondisi transformator berbasis *Arduino Mega 2560*.

METODE PENELITIAN

Perancangan alat proteksi arus diferensial pada transformator 3 phase berbasis *arduino* terdiri dari perancangan elektronik guna untuk memperoleh hasil sesuai

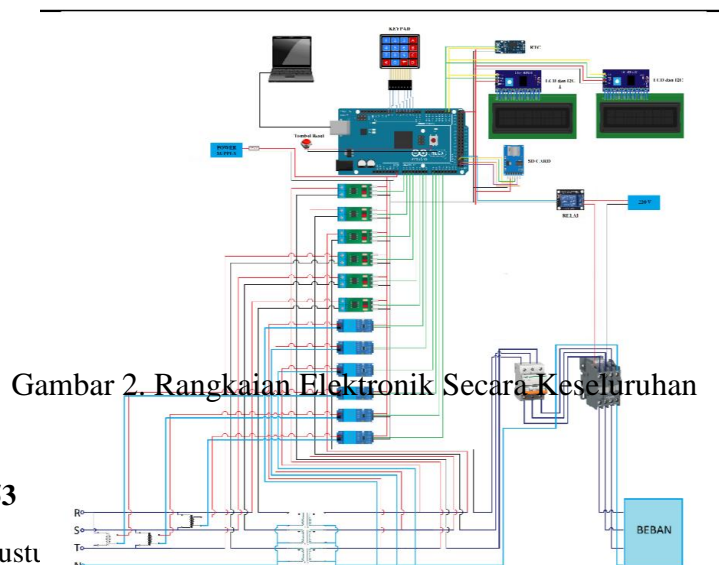
dengan tujuan penelitian ini. Adapun blok diagram secara keseluruhan pada perancangan ini dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan

Perancangan Elektronik

Pada perancangan elektronik ini terdapat beberapa komponen yang digunakan seperti: Arduino Mega 2560, Sensor Arus ACS712, Sensor Tegangan ZMPT101B, Potential Transformer 380/220 V, Relai, Kontaktor, Keypad, Modul SD Card, RTC DS3231, LCD Dan I2C.



Gambar 2. Rangkaian Elektronik Secara Keseluruhan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini spesifikasi transformator yang digunakan dapat dilihat pada tabel

berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Transformator

DATA	Belitan 1	Belitan 2
	Hubungan Y	Hubungan Y
<i>Rated VA</i>	6000 VA	6000 VA
Tegangan Nominal <i>phase-phase</i>	380 V	220 V
Tegangan Nominal <i>phase-Netral</i>	220 V	127 V
Hubungan CT	WYE	WYE
CT Rasio	1:1	1:1

Hasil Realisasi Perancangan



Gambar 3. Realisasi Perancangan

Pengujian Ketidakseimbangan Beban Di Salah Satu *Phase*

Tabel 2. Ketidakseimbangan Beban Di Salah Satu *Phase*

DATE	TIME	Rasio CT1 (Amp)	Rasio CT2 (Amp)	Kondisi Kontaktor			Arus Diferensial (Amp)			I SET 1 (Amp)	I SET 2 (Amp)	Arus Input (Amp)			Arus Output (Amp)		
				R	S	T	R	S	T			R	S	T	R	S	T
22.04.2021	9:22:18	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	0.08	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06
22.04.2021	9:22:20	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	3.57	1.12	1.75	1.59	1.7	1.74
22.04.2021	9:22:22	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	1.52	1.67	1.98	2.64	2.47	2.53
22.04.2021	9:22:24	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	1.5	1.66	1.99	2.65	2.47	2.53
22.04.2021	9:22:26	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	1.51	1.65	1.99	2.66	2.46	2.51
22.04.2021	9:22:28	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	2.18	1.62	2	3.84	2.46	2.53
22.04.2021	9:22:30	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	2.21	1.61	1.98	3.91	2.48	2.53
22.04.2021	9:22:32	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	2.22	1.63	2.01	3.92	2.48	2.54
22.04.2021	9:22:34	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	2.21	1.62	1.99	3.92	2.48	2.53
22.04.2021	9:22:36	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	2.22	1.61	2	3.92	2.48	2.53
22.04.2021	9:22:38	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	2.22	1.58	2.01	3.93	2.47	2.53
22.04.2021	9:22:40	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	1.6	1.58	1.99	2.78	2.48	2.53
22.04.2021	9:22:42	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	1.53	1.59	1.97	2.67	2.46	2.52
22.04.2021	9:22:44	2	3.6	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.22	0.89	0.1	0.1	0.09	0.13	0.13	0.13

Pengujian dengan memberikan beban tidak seimbang pada salah satu *phase* ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon dari alat proteksi arus diferensial yang telah dirancang. Untuk pengujian mula, perancangan diberi beban dengan nilai sebesar 50 ohm di setiap *phase* nya. Data tersebut dapat dilihat pada bagian tabel yang tidak di arsir biru. Berdasarkan data yang diperoleh respon dari alat



9th Applied Business and Engineering Conference

proteksi tersebut tidak mengaktifkan trip on kontaktor sehingga alat proteksi terus terhubung dengan beban yang diberikan. Hal ini di karena alat proteksi tidak mendeteksi bahwa adanya gangguan sehingga nilai arus diferensial lebih kecil dibanding nilai arus setting 1 yang bernilai 0.22 A. Kondisi ini di alami serupa pada pengujian gangguan ketidakseimbangan beban di salah satu *phase*.

Pada kondisi ketidakseimbangan beban, besar resistansi yang diberikan senilai 33.33 Ohm di *phase* R. Data tersebut dapat dilihat pada tabel yang di arsir biru. Berdasarkan data yang diperoleh nilai arus diferensial masih sama nilainya dengan kondisi sebelumnya ketika beban seimbang yaitu sebesar 0.04 A dan untuk arus setting 1 sebesar 0.22 A.

Respon dari alat proteksi yang telah di rancang tidak mengaktifkan trip on kontaktor sehingga transformator masih dalam kondisi terhubung dengan beban. Hal ini di karena kan alat proteksi tidak mendeteksi bahwa gangguan yang diberikan adalah gangguan di zona yang diamankan dan arus yang mengalir pada belitan sekunder tidak di anggap sebagai arus gangguan meskipun arus pada sisi sekunder telah melebihi nilai rasio CT2, sebab arus di sisi primer dan sekunder sama mengalami kenaikan ketika resistansi beban diturunkan nilainya sehingga dapat dinyatakan bahwa kondisi belitan transformator dalam keadaan baik. Pernyataan ini diperkuat dengan adanya teori tentang prinsip transformator berbeban.

Besar arus diferensial dan arus setting pada penelitian ini dapat dibuktikan melalui perhitungan sebagai berikut:

- Arus nominal ketika kondisi operasional transformator 100

$$\% (In) In = \frac{S}{kV \times \sqrt{3}}$$

$$In \text{ sisi primer} = \frac{6000}{380 \times \sqrt{3}} = 9.12 \text{ A}$$



9th Applied Business and Engineering Conference

$$I_n \text{ sisi sekunder} = \frac{6000}{220 \times \sqrt{3}} = 15.75 \text{ A}$$

4. Arus rating ketika kondisi operasional transformator 100

% (Ir) I rating = 110% x I_n

$$I \text{ rating sisi primer} = 110\% \times 9.12 \text{ A} = 10.03 \text{ A}$$

$$I \text{ rating sisi sekunder} = 110\% \times 15.75 \text{ A} = 17.325 \text{ A}$$

Sehingga untuk operasional maksimal CT rasio sisi primer transformator (CT1) =

10:10 dan CT rasio sisi sekunder transformator (CT2) = 18:18

- Arus nominal ketika kondisi operasional transformator 20 % (I_n) I_n (20%) = I_n (100%) x 20%

$$I_n \text{ sisi primer (20\%)} = 9.12 \text{ A} \times 20\% = 1.824 \text{ A}$$

$$I_n \text{ sisi sekunder (20\%)} = 15.75 \text{ A} \times 20\% = 3.15 \text{ A}$$

$$I \text{ rating sisi primer} = 10 \text{ A} \times 20\% = 2 \text{ A}$$

$$I \text{ rating sisi sekunder} = 18 \text{ A} \times 20\% = 3.6 \text{ A}$$

CT Rasio ini lah yang digunakan pada pengujian sebab transformator hanya dioperasikan 20 % dari batas kemampuan maksimalnya.

- Arus Sekunder CT

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{1}{\text{Rasio CT}} \times I_n$$

$$I_{\text{sekunder CT1}} = \frac{1}{\text{Rasio CT1}} \times I_{n1} = \frac{1}{2 \text{ A}} \times 1.824 \text{ A} = 0.912 \text{ A}$$

$$I_{\text{sekunder CT2}} = \frac{1}{\text{Rasio CT2}} \times I_{n2} = \frac{1}{3.6 \text{ A}} \times 3.15 \text{ A} = 0.875 \text{ A}$$



4. Arus Diferensial

3. Arus *Restrain* (Penahan)

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{0.912 \text{ A} + 0.875 \text{ A}}{2} = 0.8935 \text{ A}$$

□ Arus Setting (Iset)

$$I_{set} = \%slope \times I_{restrain}$$

$$\begin{aligned} I_{set 1} &= \%slope 1 \times \\ I_{restrain} &= 25\% \times 0.8935 \text{ A} = 0.223 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{set 2} &= \%slope 2 \times \\ I_{restrain} &= 100\% \times 0.8935 \text{ A} = 0.8935 \text{ A} \end{aligned} \quad \begin{aligned} &A \approx 0.22 \text{ A} \\ &\approx 0.89 \text{ A} \end{aligned}$$

Untuk konsep besar nilai arus dan tegangan transformator dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

(1)

Dimana:

V1= Tegangan primer

V2= Tegangan Sekunder

N1= Belitan Primer

N2= Belitan Sekunder



9th Applied Business and Engineering Conference

I1= Arus Primer

I2= Arus Sekunder

SIMPULAN

Setelah semua proses pembuatan serta pengujian dan pengambilan data dilakukan maka dapat disimpulkan:

3. Arus diferensial pada perancangan ini sebesar 0.04 A sedangkan arus setting 1 sebesar 0.22A. $I \text{ diferensial} > I \text{ setting 1}$ = alat proteksi bekerja. $I \text{ diferensial} < I \text{ setting 1}$ = alat proteksi tidak bekerja.
4. Gangguan ketidakseimbangan beban di salah satu *phase* tidak menyebabkan adanya arus diferensial yang melebihi arus setting sehingga alat proteksi yang telah dirancang belum bekerja untuk memutuskan hubungan transformator dengan beban.
5. Arus saat gangguan ketidakseimbangan beban di salah satu *phase* bernilai I_r (primer) = ± 2.21 A dan I_r (sekunder) = ± 3.92 A, maka $I \text{ diferensial} = 0.04$ A $<$ $I \text{ setting 1} = 0.22$ A.
6. Kondisi pengaktifan kontaktor dapat dilihat pada tabel dengan variabel kondisi kontaktor. Bernilai 1 maka trip on kontaktor aktif dan begitu sebaliknya.
7. Alat proteksi ini mampu mempermudah pengguna saat proses pemantauan kondisi transformator sebab arus diferensial dan tegangan telah tertampil di LCD serta data pengukuran arus telah tersimpan di *Micro SD Card*.

DAFTAR PUSTAKA

Parjono, E., Kartono, & Setiawan, I. (2011). Pembuatan Modul Praktikum Relay Diferensial Tipe Longitudinal Untuk Proteksi Transformator Tiga Fasa

861

ISSN: 2339 – 2053

Pekanbaru, 25 Agustus 2021



9th Applied Business and Engineering Conference

Berbasis Mikrokontroler AVR ATMEGA8535. *Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Undip.*

Umar, N. S., Syukriyadin, & Lubis, R. S. (2018). Rancang Bangun Purwarupa Relai Diferensial Arus Dengan Metode Arus Bias Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Online Teknik Elektro*, 84-89.