

Rancang Bangun Purwarupa Relai Diferensial Arus Dengan Metode Arus Bias Menggunakan Arduino Uno

Nur Sayyid Umar^{#1}, Syukriyadin^{#2}, Rakhmad Syafutra Lubis^{#3}

[#]Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

¹nursayyid.umar27@gmail.com

²syukri_2504@unsyiah.net

³rakhmadslubis@unsyiah.ac.id

Abstrak- Relai diferensial adalah alat proteksi yang bekerja sesuai dengan hukum kirchoff arus yaitu dengan membandingkan jumlah vektor arus yang masuk dan meninggalkan relai, bila jumlah antara vektor-vektor arus tidak sama dengan nol, maka relai akan bekerja. Penelitian ini bertujuan untuk merancang purwarupa proteksi kelistrikan menggunakan relai diferensial arus dengan metode arus bias berbasis mikrokontroler arduino uno. Purwarupa ini bekerja dalam sistem satu phasa, nilai arus dideteksi menggunakan sensor arus ACS712 30 A, nilai arus yang terdeteksi diproses oleh mikrokontroler arduino uno apakah merupakan jenis gangguan atau masih dalam keadaan normal, sehingga dapat dikatakan arduino akan mengontrol kerja relai. Kerja purwarupa ini mengacu pada karakteristik *tripping* ANSI 87T, dengan slope mengacu pada SIPROTEC 7UT6, slope diatur guna mengantisipasi *tripping* untuk diferensial arus yang masih bisa dimaklumi. Hasil yang diharapkan nantinya adalah relai ini akan memutuskan hubungan rangkaian, bila diferensial antara arus yang terdeteksi oleh arduino diluar dari persentase slope yang telah diatur.

Kata Kunci : relai diferensial, ACS712 30A, arduino uno, ANSI 87T, SIPROTEC 7UT6, slope.

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik yang handal sangat dibutuhkan demi memenuhi stabilitas pasokan listrik yang cukup bagi seluruh kalangan masyarakat. Dalam proses penyediaan listrik, gangguan sangat rentan terjadi dimulai dari bagian pembangkit, bagian transmisi, hingga ke jaringan distribusi. Untuk meningkatkan keandalan dalam penyediaan energi listrik, sistem proteksi yang cepat tanggap dan handal sangat perlu untuk diterapkan.

Sistem proteksi terdiri dari satu kesatuan antara CT, VT, Relai, sumber DC, dan PMT. Komponen dengan fungsi mendeteksi gangguan pada jaringan, peralatan sistem, atau kondisi yang tidak diinginkan adalah relai proteksi. Salah satu relai proteksi yang sering digunakan untuk pengamanan pada sistem kelistrikan adalah relai diferensial. Relai diferensial digunakan untuk memproteksi transformator, generator, jaringan transmisi, atau busbar terhadap gangguan hubung singkat dalam zona proteksi yang dibatasi oleh dua CT [1],[2].

Cara kerja relai diferensial dalam proteksi kelistrikan adalah dengan prinsip bahwa daya yang diterima sama dengan daya yang dikeluarkan oleh transformator. Perbandingan nilai arus pada sisi sekunder antara dua buah CT dalam keadaan normal adalah bernilai sama, maka tidak ada arus yang akan mengalir menuju koil relay. Kapanpun sebuah gangguan terjadi maka relay diferensial secara langsung akan memberikan sinyal kepada pemutus untuk bekerja dan memisahkan alat yang diproteksi dari jaringan listrik [3].

Dalam kasus penerapan relai diferensial sebagai proteksi, ada beberapa penelitian yang terkait seperti tersebut dalam [3], dilakukan analisis relai diferensial bias *percentage* untuk proteksi gangguan internal dan eksternal pada transformator menggunakan *software* PSCAD/EMTDC, dan dalam [4] Arduino digunakan untuk mengontrol kerja relai dengan mendapatkan selisih nilai arus yang diproses dari sinyal keluaran ACS712 30A pada sisi primer dan sekunder transformator. Penelitian dalam [5] menerapkan sinkronisasi antara GSM dan *voice circuit* sebagai output dari kerja proteksi ketika arduino mendeteksi diferensial arus antara primer dan sekunder transformator telah melebihi batasan nilai yang ditentukan.

Dengan penggunaan mikrokontroler arduino dapat mengurangi penggunaan beberapa komponen elektronik dan bagian-bagian mekanik yang biasanya digunakan dalam relai diferensial konvensional. Pengurangan ini dilakukan dengan cara mengadaptasi prinsip kerja yang diterapkan pada relay konvensional ke dalam logika bahasa program yang diproses menggunakan *software* arduino IDE.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Proteksi Relai

Sistem proteksi relai memberikan sinyal perintah untuk membuka pemutus tenaga (pmt) secara otomatis sehingga bagian yang mengalami gangguan akan dipisahkan dari sistem kerja jaringan listrik. Relai secara real time mendeteksi gangguan yang sedang terjadi dengan mengukur atau membandingkan besaran yang diterimanya seperti arus, tegangan, frekuensi, daya, dan sudut phasa sesuai dengan jenis dan besaran relai yang telah ditentukan. Fungsi relai adalah sebagai berikut [6]:

1. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkannya dengan cepat.
2. Mengurangi gangguan kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
3. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap sistem lain yang tidak terganggu dalam sistem tersebut, dan mencegah meluasnya gangguan.

Kriteria relai pengaman yang harus dipenuhi [6]:

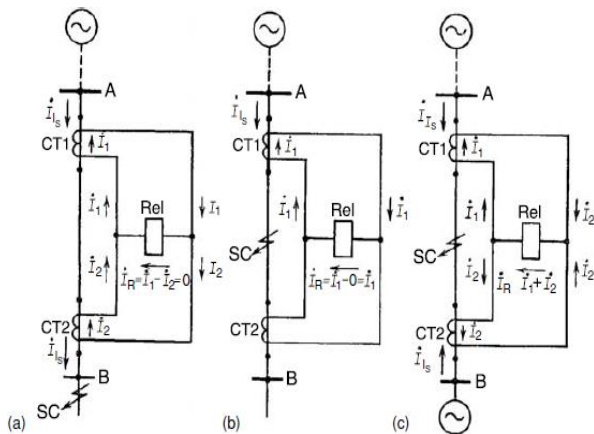
- Keandalan (*Reliability*)
- Sensitivitas (*Sensitivity*)
- Selektivitas (*Selectivity*)
- Kecepatan Kerja/Reaksi
- Ekonomis

B. Prinsip Kerja Proteksi Relai Diferensial

Proteksi relai diferensial membandingkan dua (atau arus untuk menentukan jenis dan lokasi gangguan; dapat dikatakan proteksi kondisi arus. Dibandingkan jenis proteksi yang lain, proteksi relai arus diferensial memiliki selektivitas pembacaan yang akurat dengan kemampuannya yang hanya bekerja jika gangguan benar terjadi dalam area batas yang diproteksi, dan tidak akan bekerja untuk semua jenis gangguan yang berada diluar area batas yang diproteksi. Area yang diproteksi oleh relai diferensial dibatasi oleh bagian dari rangkaian listrik antara trafo arus (CT), yang dihubungkan dengan relai [2].

Mengacu pada tingkat selektivitas proteksi yang tinggi maka tidak ada penundaan waktu untuk relai bekerja dengan cepat. Proteksi relai arus diferensial diterapkan pada saluran listrik untuk beberapa bagian penting seperti generator, transformator, reaktor, dan motor listrik [2].

Untuk menerapkan perlindungan diferensial, dua CT (CT1 dan CT2), memiliki rasio transformasi yang identik, yang diletakan pada kedua ujung sirkuit dari elemen yang diproteksi. Bagian sekunder dari kedua CT saling terhubung seperti yang terlihat pada gambar 1. Relai diferensial ditempatkan secara paralel terhadap interkoneksi dari bagian sekunder kedua CT [2].



Gambar 1 (a) sirkulasi arus ketika gangguan eksternal; (b) ketika gangguan internal dengan satu suplai; (c) ketika gangguan internal dengan dua suplai [2].

Jika arus sekunder dari CT, CT1 dan CT2 dimisalkan berturut-turut dengan I1 dan I2, dan arus yang mengalir dari CT1 pada relai yaitu I1 berada pada polaritas positif, sehingga rangkaian AB dalam keadaan normal dapat dirumuskan sebagai berikut [2] :

$$I_d = I_1 - I_2 \tag{2.1}$$

Hubungan ini berdasarkan fakta bahwa impedansi belitan dari relai (biasanya relai arus) adalah jauh lebih kecil dari impedansi belitan sekunder CT, dan karena itu maka arus sekunder dari kedua CT akan bertemu dalam arah yang berlawanan pada belitan relai [2].

Dalam kasus yang ideal, selama kondisi kerja normal dan ketika terjadi gangguan eksternal (diluar area proteksi), arus sekunder CT, CT1 dan CT2 akan memiliki besar nilai yang sama dan berlawanan arah, karena itu tidak arus yang mengalir menuju belitan relai, atau [2] :

$$I_d = I_1 - I_2 = 0 \tag{2.2}$$

Ketika hubung singkat internal (terjadi didalam area yang diproteksi) dan suplai diberikan dari salah satu ujung rangkaian seperti pada gambar 2.1b, arus pada belitan relai akan menjadi [2]:

$$I_d = I_1 - 0 = I_1 \tag{2.3}$$

Relai akan beroperasi dan mengirimkan sinyal untuk trip pada *circuit breaker*.

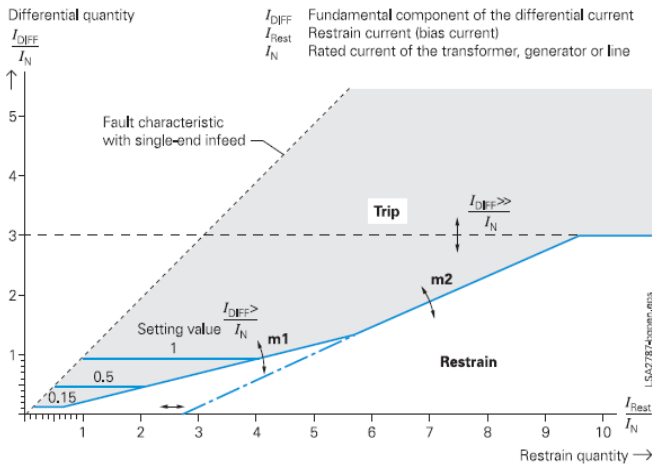
Ketika hubung singkat internal (terjadi didalam area yang diproteksi) dan suplai diberikan pada kedua ujung rangkaian seperti pada gambar 2.1c, penjumlahan arus yang mengalir pada belitan relai adalah [2]:

$$I_d = I_1 + I_2 \tag{2.4}$$

(secara umum arus akan berbeda dalam besar nilainya), relai akan beroperasi dan kemudian mengirimkan sinyal trip untuk mengaktifkan *circuit breaker*.

1) *Relai Diferensial Dengan Arus Bias* : Karena CT selalu memiliki sebuah permasalahan, diferensial arus tidak pernah nol ketika arus pembebanan sudah mengalir. khususnya dalam kondisi gangguan hubung singkat yang mengakibatkan magnitude arus yang besar, diferensial arus akan sangat tinggi disebabkan oleh permasalahan CT. Disamping itu, on load tap changer pada transformer memberikan penambahan masalah disebabkan oleh proses pergantian rasio pada belitan transformer mengingat sensitivitas yang diinginkan dari penyetelan pada proteksi diferensial, maka pemutusan yang tidak diinginkan akan terjadi. oleh karena itu, perlu adanya penambahan untuk menstabilkan proteksi diferensial dengan menggunakan arus bias [7].

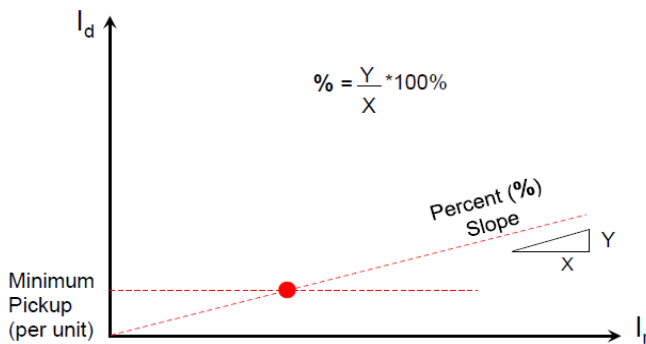
Pada gambar 2 terdapat grafik hubungan antara arus diferensial dan arus restrain, kurva ini menggambarkan karakteristik *tripping* yang digunakan oleh relai diferensial SIPROTEC 7UT6 berdasarkan ANSI 87T.



Gambar 2 Karakteristik *tripping* dengan setelan parameter transformator untuk gangguan 3 fasa [8]

Daerah di atas kurva adalah zona operasi relai diferensial, sedangkan pada daerah di bawah kurva, relai diferensial tidak akan bekerja.

Pada gambar 3 garis putus-putus merah merupakan slope yang diterapkan pada karakteristik *tripping* untuk relai diferensial menggunakan arus bias. Slope merupakan persentase perbandingan antara arus diferensial (I_d) terhadap arus bias (I_b).



Gambar 3 Karakteristik persentase diferensial [9]

Untuk proteksi relai diferensial arus dengan metode arus bias persamaan yang digunakan adalah [7]:

$$\% \text{Slope} = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \quad (2.5)$$

$$I_d = |I_1 - I_2| \quad (2.6)$$

$$I_r = \frac{|I_1 + I_2|}{2} \quad (2.7)$$

Dimana :

I_d = Arus diferensial

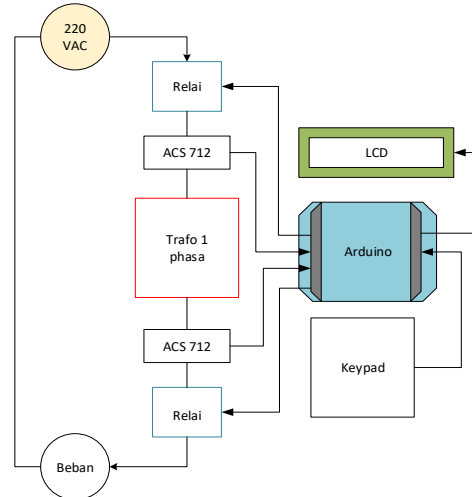
I_r = Arus restrain

Dengan penggunaan persamaan pembiasan ini, sangat mungkin untuk membuat proteksi diferensial tidak bekerja

saat gangguan eksternal. Semakin tinggi arus beban atau arus gangguan, maka akan semakin tinggi tingkat arus diferensial yang terjadi dalam proses *tripping* [7].

III. METODE PENELITIAN

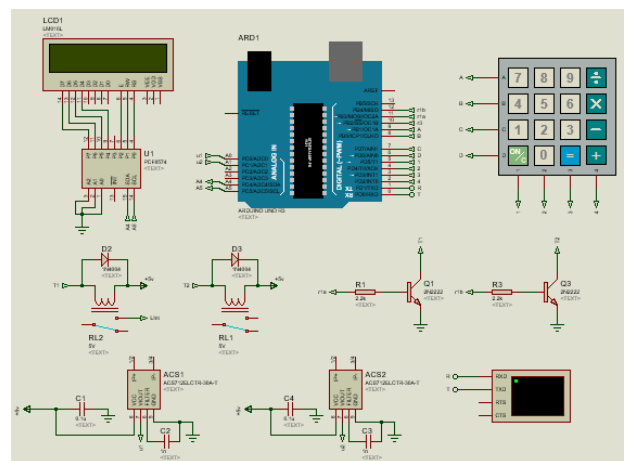
Perancangan purwarupa relai diferensial arus metode arus bias secara keseluruhan dibagi menjadi dua bagian, yaitu proses simulasi pada perangkat lunak dan perancangan perangkat keras rangkaian purwarupa. Adapun blok diagram secara keseluruhan rangkaian purwarupa dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Blok diagram rangkaian relai diferensial arus metode arus bias

A. Simulasi Pada Perangkat Lunak

Pada tahapan ini, sebelumnya dilakukan percobaan terhadap komponen yang akan digunakan dalam bentuk simulasi dengan menggunakan beberapa aplikasi pada perangkat lunak. Dalam hal ini, komponen yang akan digunakan untuk membentuk kesatuan kerja proteksi relai diferensial adalah Sensor Arus ACS712, Arduino Uno, Relai pemutus SPDT, dan keypad. Simulasi dilakukan dengan bantuan *software* Proteus 8.6. Pada Gambar 5 berikut dapat dilihat rangkaian perancangan dan simulasi.



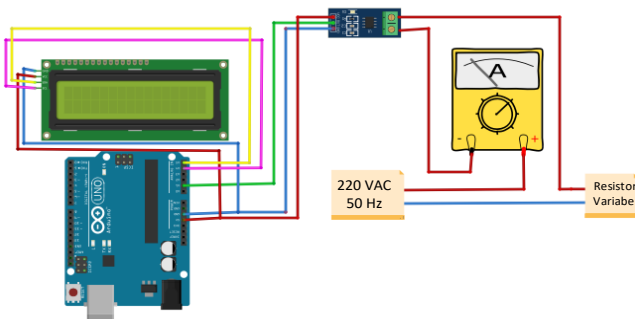
Gambar 5 rangkaian perancangan dan simulasi

Seluruh komponen yang telah diuji akan dirangkai menjadi sebuah purwarupa, yang sistem kerjanya dikontrol oleh mikrokontroler Arduino Uno. Pada Arduino Uno dilakukan proses input program yang sebelumnya telah dilakukan pemodelan program dengan menggunakan bantuan *software* Arduino IDE 1.8.5.0. Sehingga nantinya setelah komponen dapat bekerja sesuai dengan program yang telah diatur, maka akan menghasilkan sebuah purwarupa relai diferensial arus dengan metode arus bias.

B. Perakitan Perangkat Keras Purwarupa Relai Diferensial

Pada tahapan ini dilakukan perakitan peralatan-peralatan yang digunakan untuk membuat purwarupa relai diferensial seperti; Sensor Arus ACS712, Arduino Uno, Relai pemutus SPDT, dan keypad. Dalam proses perakitan ini melibatkan perangkat keras dan perangkat lunak (program untuk mikrokontroler). Gabungan antara perangkat keras dan perangkat lunak (program yang diisi kepada mikrokontroler) akan menghasilkan satu purwarupa yang menjalankan fungsi proteksi diferensial arus dengan metode arus bias.

1) *Sensor Arus ACS712 30A*: Pada gambar 6 adalah skema pengujian sensor arus ACS712 dengan mikrokontroler arduino uno. Sensor arus ACS712 30A bekerja menggunakan prinsip kerja *hall effect*. Sensor arus ACS712 memberikan output tegangan dengan rentang 2.5 – 4.5 volt. Untuk ACS712 dengan rating arus maksimal 30 ampere, pada saat ACS712 mendeteksi bahwa tidak ada pembebanan, maka akan dikirimkan tegangan output sebesar 2.5 volt, dan bila ACS712 mendeteksi arus beban mendekati 30 ampere maka akan dikirimkan tegangan output mendekati 4.5 volt.



Gambar 6 Pengujian sensor arus ACS712 30A

2) *Perancangan Proteksi Diferensial pada Relay SPDT* : Perancangan karakteristik diferensial dilakukan untuk mengatur sistem kerja antara sensor arus, relai, dan Arduino. Mikrokontroler Arduino dapat memilih kapan waktu yang tepat dalam memberikan sinyal *trip* kepada relai *single pole double through* (SPDT) untuk memutuskan beban.

Grafik pada gambar 2 merupakan karakteristik *tripping* yang digunakan oleh relai diferensial SIPROTEC 7UT6. Grafik yang terdapat pada gambar 2 dibagi menjadi tiga bagian dengan mengasumsikan *differential quantity* (I_{diff}) sebagai (y) dan *restrain quantity* (I_{rest}) sebagai (x). Bagian yang pertama adalah grafik yang dinamakan dengan *setting*

value, kemudian bagian yang kedua adalah grafik yang dinamakan *slope (m1)*, dan bagian yang ketiga adalah grafik yang dinamakan *slope (m2)*. Grafik bagian dua dan tiga merupakan garis yang memiliki kemiringan (*slope*) tertentu, sehingga fungsi (x) dan (y) untuk bagian dua atau bagian tiga dari grafik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \tag{3.1}$$

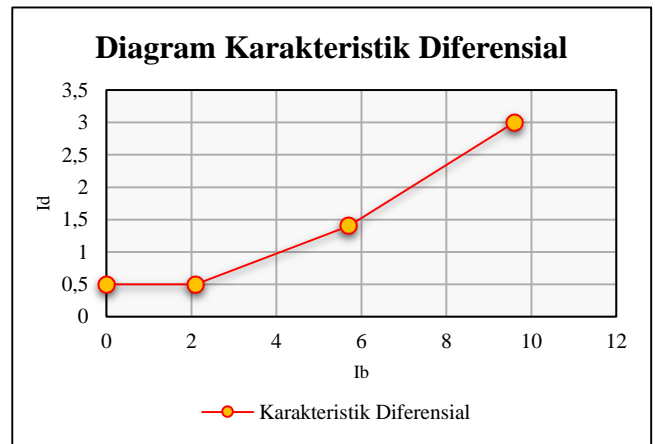
Dengan mengasumsikan bahwa *slope(m1)* adalah garis penghubung antara dua titik (2.1,0.5), dan (4.1,1), maka didapatkan persamaan untuk grafik bagian kedua adalah :

$$x = \frac{2y+0.05}{0.5} \tag{3.2}$$

Kemudian dengan mengasumsikan bahwa *slope(m2)* adalah garis penghubung antara dua titik (4.1,1), dan (9.6,3), maka didapatkan persamaan untuk grafik bagian kedua adalah :

$$x = \frac{3.9y+3.66}{1.6} \tag{3.3}$$

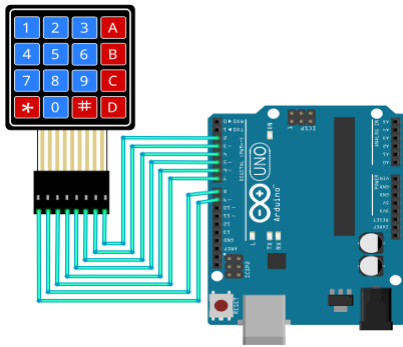
Dari persamaan (3.2) dan (3.3) didapatkan empat koordinat titik yaitu (0,0.5), (2.1,0.5), (5.7,1.4) dan (9.6,3). Kemudian berdasarkan empat titik tersebut akan dilakukan plotting sehingga membentuk sebuah diagram karakteristik diferensial yang diterapkan pada kerja purwarupa seperti pada gambar 7.



Gambar 7 Karakteristik *tripping* relai diferensial

3) *Keypad* : Penggunaan keypad pada purwarupa ini diperlukan untuk memberikan masukan faktor pengali rasio trafo dan minimum pick up diferensial pada mikrokontroler Arduino Uno. Minimum pick up diferensial dapat diatur dengan menekan tombol A terlebih dahulu, setelah itu nilai Minimum pick up diferensial dapat dimasukkan. Setelah nilai dimasukkan, mikrokontroler akan mengeksekusi masukan tersebut setelah tombol # ditekan. Kemudian faktor pengali rasio trafo dapat diatur dengan menekan tombol B terlebih

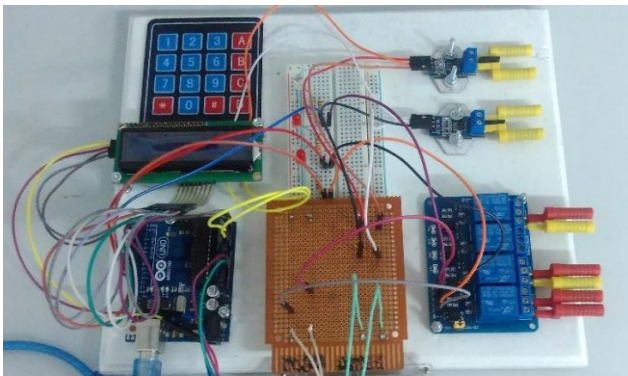
dahulu, setelah itu nilai faktor pengali rasio trafo dapat dimasukan. Setelah nilai dimasukan, mikrokontroller akan mengeksekusi masukan tersebut setelah tombol # ditekan. Hubungan pin I/O keypad membran dengan Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8 Hubungan pin I/O keypad membran dengan Arduino Uno

IV. HASIL dan PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas mengenai hasil pengujian dan analisa atas perancangan purwarupa relai diferensial metode arus bias. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah kerja purwarupa telah memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Pengujian juga bertujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari purwarupa yang telah dibuat. Bentuk fisik purwarupa relai diferensial metode arus bias dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 bentuk fisik purwarupa relai diferensial arus

A. Pembacaan Arus oleh Sensor Arus ACS712 30A

Pada tahap ini, hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan amperemeter akan dibandingkan dengan hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan sensor arus ACS712 30A. Hasil pembacaan arus menggunakan sensor arus ACS712 30A dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

TABEL I
Hasil pengujian pembacaan sensor arus ACS712

Pengukuran Ampere meter (A)	Pengukuran ACS712 (A)	Perbedaan (%)
0.13	0.16	23
1.27	1.26	0.79
2.55	2.54	0.4
3.25	3.25	0
Rata – rata perbedaan		24.2

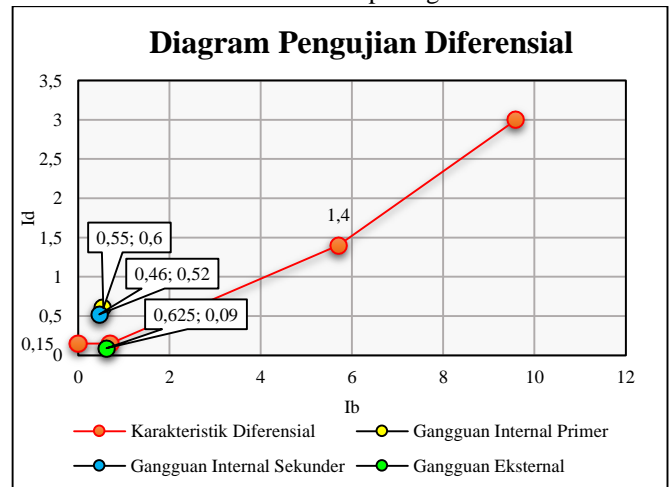
B. Pengujian Hubung Singkat Fasa ke Netral

Hasil dari pengujian hubung singkat fasa ke netral yang terdiri dari tiga jenis data percobaan, selanjutnya akan ditentukan besar arus diferensial dan besar arus bias untuk melihat hubungan keduanya terhadap karakteristik *tripping* pada purwarupa relai diferensial arus metode arus bias.

TABEL II
Diferensial arus pengujian hubung singkat fasa ke netral

Primer				
Arus (p.u)				Relai Pickup (p.u)
primer	sekunder	diferensial	bias	
0.85	0.25	0.6	0.55	0.15
Sekunder				
Arus (p.u)				Relai Pickup (p.u)
primer	sekunder	diferensial	bias	
0.72	0.2	0.52	0.46	0.15
Beban				
Arus (p.u)				Relai Pickup (p.u)
primer	sekunder	diferensial	bias	
0.67	0.58	0.09	0.625	0.15

Pada tabel II telah ditentukan besar nilai arus diferensial (I_d) dan nilai arus bias (I_b) pada tiap gangguan, maka akan dilihat hubungan antara keduanya dengan melakukan *plotting* pada diagram karakteristik *tripping* purwarupa relai diferensial arus metode arus bias pada gambar 10.



Gambar 10 *Plotting* karakteristik relai diferensial untuk hubung singkat fasa ke netral

Dari gambar 10 dapat dilihat bahwa relai diferensial akan bekerja untuk gangguan internal, dan akan tetap stabil untuk gangguan eksternal. Relai diferensial tidak bekerja saat gangguan eksternal karena letak gangguan diluar area proteksi.

C. Pengujian Hubung Singkat Fasa ke Tanah

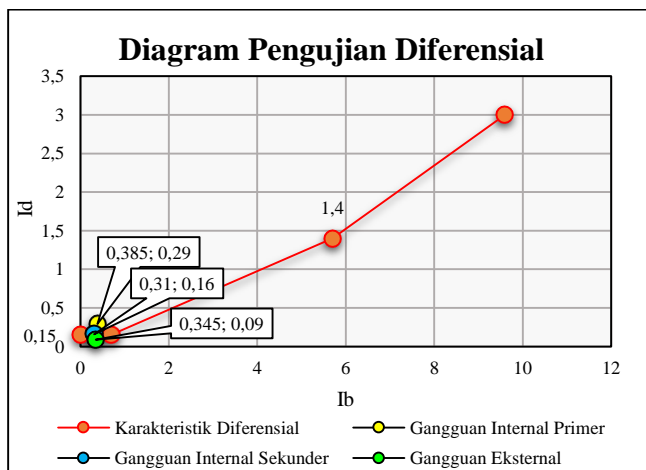
Hasil dari pengujian hubung singkat fasa ke tanah yang terdiri dari tiga jenis data percobaan, selanjutnya akan ditentukan besar arus diferensial dan besar arus bias untuk

melihat hubungan keduanya terhadap karakteristik *tripping* pada purwarupa relai diferensial arus metode arus bias.

TABEL III
Diferensial arus pengujian hubung singkat fasa ke netral

Primer				Relai Pickup (p.u)
primer	sekunder	diferensial	bias	
0.53	0.24	0.29	0.385	0.15
Sekunder				Relai Pickup (p.u)
primer	sekunder	diferensial	bias	
0.39	0.23	0.16	0.31	0.15
Beban				Relai Pickup (p.u)
primer	sekunder	diferensial	bias	
0.39	0.3	0.09	0.345	0.15

Pada tabel III telah ditentukan besar nilai arus diferensial (I_d) dan nilai arus bias (I_b) pada tiap gangguan, maka akan dilihat hubungan antara keduanya dengan melakukan *plotting* pada diagram karakteristik *tripping* purwarupa relai diferensial arus metode arus bias pada gambar 11.



Gambar 11 *Plotting* karakteristik relai diferensial untuk hubung singkat fasa ke tanah

Dari gambar 11 dapat dilihat bahwa relai diferensial akan bekerja untuk gangguan internal, dan akan tetap stabil untuk gangguan eksternal. Relai diferensial tidak bekerja saat gangguan eksternal karena letak gangguan diluar area proteksi.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sensor arus yang digunakan ACS712 30A telah memberikan hasil pembacaan arus dengan baik, namun kurang bagus untuk pembacaan arus dengan nilai dibawah 1 ampere. Sensor arus ACS712 menjadi komponen utama yang berfungsi untuk membedakan setiap gangguan yang diberikan dengan cara merasakan setiap perubahan selisih nilai antara arus primer dan sekunder. Dalam pengujian yang telah dilakukan, purwarupa relai diferensial arus mampu untuk membedakan antara jenis gangguan

internal dan jenis gangguan eksternal. Berdasarkan kinerja yang diberikan, prototipe relai diferensial arus telah bekerja mengikuti standar ANSI 87T dalam melakukan proteksi untuk diferensial dalam sistem listrik satu fasa. Prototipe relai diferensial arus metode arus bias telah berhasil dalam mengadaptasi persentase slope yang dimiliki oleh relai SIPROTEC 7UT6 dengan persentase kesalahan sebesar 10%.

REFERENSI

- [1] N. R. Fitriani, "Analisis Penggunaan Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya 16 Mva Di Gardu Induk Jajar," Universitas Muhammadiyah, Surakarta, 2017.
- [2] V. Gurevich, *ELECTRIC RELAYS PRINCIPLES AND APPLICATIONS*, Boca Roton: CRC Press, 2006.
- [3] Syukriyadin, Syahrizal, dan C.R. Nakhriya, "Analisis Proteksi Relai Diferensial Terhadap Gangguan Internal dan Eksternal Transformator Menggunakan PSCAD/EMTDC *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 9, no. 3, pp. 101-107, 2011.
- [4] S. Ishant, P. Tarak, and Prof T. Dhaval, "Differential Protection of Transformer Using Arduino," *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*, vol. 3, no. 7, 2016.
- [5] K. B. Trivedi, D. V. Chirag and P. R. Sardhara, "Differential Protection Of Transformer Using Arduino With Gsm And Voice Circuit," *IJNRD*, vol. 2, no. 4, pp. 95-100, 2017.
- [6] W. H. Ade, D. Despa, L. Hakim and H. Gusmedi, "Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 7, no. 3, pp. 109-115, 2013.
- [7] Anonymus, "ABB Group," 9 Januari 2007. [Online]. Available: https://library.e.abb.com/public/47b28c339fd0efc5c125725f002e7d27/appl_%20REF542plus%20diff%20prot_756281ENa.pdf. [Diakses 22 Juni 2018].
- [8] Anonymus, "SIPROTEC 4 7UT6 Differential Protection Relay" Siemens SIP, [Online] Available : <https://www.downloads.siemens.com/downloadcenter/Download> , [Accessed 27 Mei 2017].
- [9] S. Turner, "Testing numerical transformer differential relays," in *Annual IEEE*, Nashville, TN, USA, 2011.