

PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM RELAY DIFERENSIAL TIPE LONGITUDINAL UNTUK PROTEKSI TRANSFORMATOR TIGA FASA BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA8535

Eko Parjono (L2F 004 473)¹
Karnoto, ST, MT.– Iwan Setiawan, ST, MT.²
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Abstrak

Transformator tiga fasa merupakan salah satu alat penting dalam sistem ketenagalistrikan karena untuk pengkonversian tegangan, baik menaikkan atau menurunkan tegangan sebelum masuk atau keluar dari jaringan untuk menyesuaikan tegangan yang dipakai. Jika transformator mengalami gangguan, maka penyaluran tenaga listrik dapat terganggu, sehingga transformator memerlukan peralatan proteksi baik proteksi utama (main protection) maupun proteksi cadangan. Pada transformator sering mengalami gangguan internal sehingga diperlukan pengamanan utama untuk transformator yaitu relay diferensial, sehingga dapat mengisolasi gangguan internal secepat mungkin tanpa mengakibatkan kerusakan yang lebih lanjut.

Tujuan tugas akhir ini adalah merancang relay diferensial tipe longitudinal untuk proteksi transformator tiga fasa berbasis mikrokontroler AVR ATMEGA8535. Mikrokontroler digunakan sebagai unit untuk mengontrol sistem dari relay diferensial yang dapat melakukan aksi saat transformator dalam keadaan normal maupun saat sedang mengalami gangguan. Aksi relay diferensial ini saat keadaan normal adalah memantau secara realtime nilai arus saluran masing-masing fasa pada transformator, sedangkan pada saat gangguan maka relay akan secara seketika mengisolasi transformator dengan cara memutus circuit breaker atau kontaktor sehingga tidak akan terjadi kerusakan lebih lanjut. Selain itu relay ini juga disertai indikator yang menyatakan apakah relay dalam kondisi power on, relay normal atau relay sedang trip.

Relay diferensial dapat digunakan untuk proteksi transformator tiga fasa sampai dengan arus maksimum masing-masing fasa sebesar 8,5 A. Waktu operasi relay adalah antara 200-228 milisekon.
Kata kunci : Proteksi, Transformator tiga fasa, Relay diferensial, ATMEGA8535.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator tiga fasa merupakan salah satu peralatan penting yang digunakan dalam sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik yang handal adalah apabila sistem tersebut bisa mencatu tenaga listrik dengan stabil dan berkesinambungan. Proteksi transformator dimaksudkan untuk mencegah transformator dari kerusakan akibat gangguan-gangguan yang terjadi pada transformator tersebut dan membatasi daerah (*zone*) pemadaman sekecil mungkin.

Pada sistem pengamanan tenaga listrik dikenal dengan daerah-daerah pengamanan, sehingga pengamanan transformator merupakan pengamanan utama (*main protection*) bagi transformator dan pengamanan cadangan untuk sistem-sistem yang terkait seperti saluran transmisi dan generator. Beberapa macam pengamanan utama transformator dari gangguan internal antara lain adalah *relay buchholz*, *relay suhu*, *relay hubung tanah* dan *relay diferensial*. *Relay diferensial* digunakan sebagai pengamanan utama pada transformator terhadap gangguan didalam transformator. Prinsip kerja *relay diferensial* adalah berdasarkan keseimbangan arus, dimana *relay* akan bereaksi jika dua atau lebih besaran listrik yang sama mempunyai nilai yang lebih besar dari nilai yang telah ditentukan (*setting value*). *Relay diferensial* dibagi menjadi dua jenis yaitu tipe longitudinal dan *percentage*, yang membedakan diantara keduanya adalah dalam hal cara penentuan nilai *setting* dan kontruksinya.

Pada tugas akhir ini, perancangan sistem yang digunakan adalah berdasarkan unjuk kerja *relay diferensial* tipe longitudinal. *Relay diferensial* yang dibuat adalah *relay diferensial* model digital yang dikendalikan oleh suatu mikrokontroler.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Membuat suatu modul praktikum *relay diferensial* untuk proteksi transformator tiga fasa serta melaporkan batasan kemampuan *relay*.

2. Melaporkan sistem kerja modul praktikum *relay diferensial*.
3. Melaporkan karakteristik dan waktu operasi dari modul praktikum *relay diferensial*.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada tugas akhir ini yaitu:

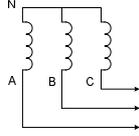
1. Transformator yang digunakan adalah transformator tiga fasa tiga inti.
2. Transformator yang digunakan adalah tipe step down.
3. Variasi konfigurasi hubungan transformator adalah bintang-delta, delta-bintang, delta-delta dan bintang-bintang tanpa memperhatikan konfigurasi jam trafonya.
4. Konfigurasi pada sisi sekunder CT adalah konfigurasi bintang.
5. Tipe *relay diferensial*nya adalah tipe longitudinal.
6. Pemutus tenaga pada perancangan menggunakan kontaktor tiga fasa.
7. Sumber daya tiga fasa yang digunakan bertegangan fasa-fasa $380V \pm 5\%$.
8. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATMEGA8535.
9. Pembahasan tentang mikrokontroler dibatasi hanya yang berkaitan dengan tugas akhir ini secara langsung.
10. Pada modul *relay*, gangguan yang disimulasikan berada pada sisi beban.
11. Gangguan yang diberikan kepada transformator adalah gangguan internal yang berupa gangguan hubung singkat.
12. Tidak menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat.
13. Menggunakan CT dengan rasio 100/5.
14. Dalam pengujian tidak ada koordinasi proteksi dengan *relay* jenis lain.

II. DASAR TEORI

2.1 Transformator 3 Fasa

1. Transformator Hubungan Bintang^[1]

Pada hubungan bintang terdapat titik netral dan saluran netral akan mengalirkan arus I_N yang besarnya $I_N = I_A + I_B + I_C$, dalam sistem yang seimbang $I_N = 0$.



Gambar 2.1 Transformator tiga fasa hubungan bintang

Untuk hubungan bintang berlaku hubungan :

$$I_L = I_P \text{ dan } V_{AB} = \sqrt{3} V_{AN} \text{ atau } V_L = \sqrt{3} V_P.$$

Besarnya daya pada hubungan bintang adalah tiga kali tiap transformator.

$$S = 3 V_P I_P \quad (2.1)$$

$$S = \sqrt{3} V_L I_L \quad (2.2)$$

Keterangan :

S = daya semu transformator tiga fasa (VA)

V_P = tegangan fasa (Volt)

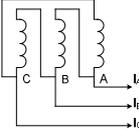
V_L = tegangan saluran (Volt)

I_L = arus saluran (A)

2. Transformator Hubungan Delta^[1]

Tegangan transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan secara delta V_{AB} , V_{BC} , V_{CA} masing-masing berbeda 120°.

$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CA} = 0 \quad (2.3)$$



Gambar 2.2 Transformator tiga fasa hubungan delta

Untuk hubungan bintang berlaku hubungan :

$$I_A = \sqrt{3} \times I_{AB} \text{ atau } I_L = \sqrt{3} I_P \text{ dan } V_L = V_P.$$

Besarnya daya pada hubungan delta adalah

$$S = 3 V_P I_P \quad (2.4)$$

$$S = \sqrt{3} V_L I_L \quad (2.5)$$

Keterangan :

S = daya semu transformator tiga fasa (VA)

V_P = tegangan fasa (Volt)

V_L = tegangan saluran (Volt)

I_L = arus saluran (A)

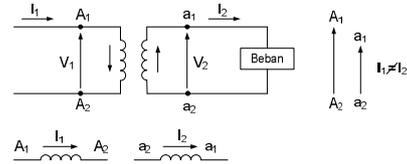
3. Transformator Hubungan Zig-zag^[1]

Pada hubungan zig-zag dimana masing-masing lilitan tiga fasa pada sisi tegangan rendah dibagi menjadi dua bagian dan masing-masing dihubungkan pada kaki yang berlainan.

Hubungan silang atau zig-zag digunakan untuk keperluan khusus seperti pada transformator distribusi dan transformator *converter*.

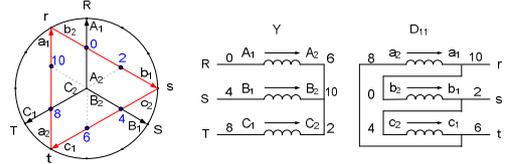
2.2 Vektor Grup Transformator

Vektor grup transformator atau jam trafo akan menentukan pergeseran sudut arus primer dan sekunder pada transformator, hal ini akan menentukan sambungan *relay* diferensial.



Gambar 2.3 Vektor tegangan dan arah arus pada transformator daya dan transformator arus.

Gambar 2.4 menunjukkan contoh cara menentukan vektor grup transformator Yd_{11} serta cara merangkai wiring dari kumparan sisi primer dan sekunder transformator sehingga arah arah arusnya sesuai dengan vektor grup transformator yang kita tentukan.



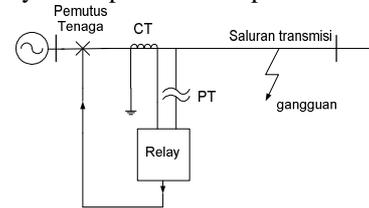
Gambar 2.4 Vektor grup dan wiring transformator Yd_{11} .

2.3 Sistem Proteksi

2.3.1 Sistem Proteksi dan Atributnya^[2]

Suatu sistem proteksi akan merasakan keadaan yang abnormal pada bagian dari sistem tenaga dan memberikan peringatan atau mengisolasi keadaan tersebut dari sistem yang sehat.

Pada gambar 2.5 menunjukkan sebuah contoh sistem proteksi untuk proteksi relay jarak pada saluran transmisi, yang terdiri dari sebuah CT (*Current Transformer*) dan sebuah PT (*Potential Transformer*), sebuah *relay* dan pemutus tenaga (*circuit breaker*). Setiap sistem proteksi akan mempunyai komponen – komponen dasar tersebut.



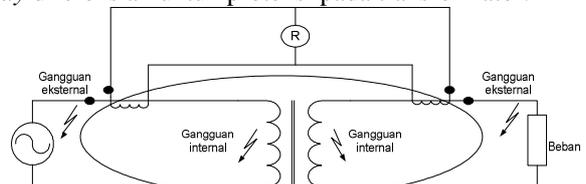
Gambar 2.5 Sistem proteksi

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh *relay* proteksi, adalah sbb :

1. *Sensitivity* (sensitif)
2. *Selectivity* (selektif) dan *discrimination* (diskriminasi)
3. *Reliability* (keandalan)
4. *Speed* (kecepatan)

2.3.2 Organisasi Proteksi^[2]

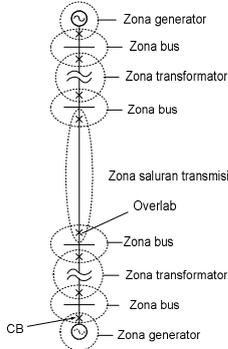
Proteksi diorganisasi dengan cara yang sangat logis. Idennya adalah membuat cincin pengaman mengelilingi setiap elemen dari sistem tenaga. Jika terdapat gangguan pada daerah cincin ini, *relay* akan memerintahkan pemutus tenaga untuk trip dan mengamankan daerah yang sehat. Cincin pengaman ini disebut dengan zona proteksi. Pada Gambar 2.6 ditunjukkan suatu zona proteksi sederhana dari *relay* diferensial untuk proteksi pada transformator.



Gambar 2.6 Zona proteksi, gangguan internal dan eksternal.

2.3.3 Zona Proteksi^[2]

Variasi zona proteksi untuk sistem tenaga secara khusus, ditunjukkan oleh gambar 2.7. Dapat diamati bahwa zona-zona yang berdekatan saling melingkupi (*overlap*), dilain pihak terdapat bagian yang tidak terproteksi. Pada waktu yang bersamaan, harus disadari bahwa jika gangguan terjadi pada daerah yang dilingkupi maka lebih sedikit CB yang akan trip. Setiap zona akan menggunakan prinsip *relay* yang berbeda – beda.



Gambar 2.7 Macam-macam zona proteksi untuk sistem tenaga.

2.4 Proteksi Transformator

Proteksi transformator dimaksudkan untuk mencegah transformator dari kerusakan akibat gangguan-gangguan yang terjadi pada transformator tersebut dan membatasi daerah pemadaman sekecil mungkin.

Berbagai kemungkinan gangguan yang terjadi pada transformator adalah sebagai berikut :

1. Hubung singkat pada kumparan transformator, yaitu antarkumparan fase, di dalam kumparan fase dan antar fase dengan tangki atau inti
2. Hubung singkat di luar transformator, baik simetris maupun asimetris
3. Beban lebih
4. Sambaran petir
5. Gangguan sistem pendingin

Beberapa *relay* pengamanan yang biasanya digunakan pada transformator antara lain adalah *relay Bucholz*, *relay suhu*, *relay hubung tanah (Earth Fault Relay)*, *relay arus lebih (Over Current Relay)*, *relay diferensial*, *relay tekanan lebih (Sudden Pressure Relay)*, *relay tangki tanah*, *arrestor*.

2.5 Relay Diferensial^[3]

Relay diferensial merupakan suatu *relay* yang prinsip kerjanya berdasarkan keseimbangan (*balance*).

Relay diferensial digunakan sebagai pengamanan utama (*main protection*). *Relay* ini sangat selektif sehingga tidak perlu dikoordinir dengan *relay* lain, disamping itu sistem kerjanya sangat cepat dan tidak memerlukan waktu tunda (*time delay*).

Relay diferensial ada dua jenis yaitu :

2.5.1 Longitudinal Differential Relay (LDR)

Longitudinal differential relay biasa dikenal sebagai *circulating current type*. Dalam keadaan normal, maka gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanan (*zone*) mengakibatkan tidak ada arus atau bahkan sangat kecil yang mengalir di *operating coil*.

Nilai setting *longitudinal differential relay* adalah :

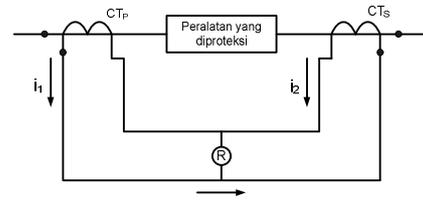
$$I_{\text{setting}} = \Delta I = I_1 - I_2 \quad (2.20)$$

Keterangan :

$I_{\text{setting}} \Delta I$ = nilai setting *longitudinal differential relay* (A)

I_1 = arus sisi primer (A)

I_2 = arus sisi sekunder (A)



Gambar 2.8 Longitudinal differential relay

2.5.2 Percentage Differential Relay

Percentage differential relay muncul karena kelemahan LDR yakni arus *setting* harus dibuat lebih besar dari arus operasi dalam keadaan normal untuk mengatasi arus inrush dan gangguan yang cukup besar berada diluar daerah proteksinya.

Percentage differential relay mempunyai *restraining coil* yang ditap pada bagian tengahnya, sehingga membentuk dua bagian dengan jumlah lilitan yang sama, $N_r/2$. *Restraining coil* dihubungkan pada bagian arus yang bersikulasi, sehingga menerima arus gangguan yang lewat (*through fault current*). *Operating coil* mempunyai jumlah lilitan N_o , yang dihubungkan pada bagian *spill (spill path)*. Persamaan torsi untuk *relay* ini adalah sbb :

Gaya *restraining coil* pada bagian sebelah kiri

$$= \frac{N_r}{2} I_1 \text{ ampere-lilitan}$$

Gaya *restraining coil* pada bagian sebelah kanan

$$= \frac{N_r}{2} I_2 \text{ ampere-lilitan}$$

Total gaya *restraining coil*

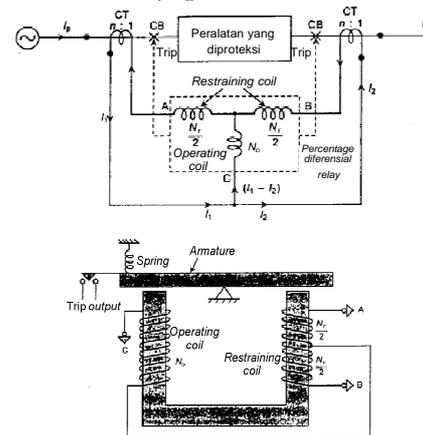
$$= \frac{N_r}{2} (I_1 + I_2) \text{ ampere-lilitan}$$

Torsi pada *relay* elektromagnetik adalah proporsional terhadap kuadrat dari flux, sehingga torsi yang dihasilkan oleh *restraining coil* adalah :

$$M \left[N_r \frac{(I_1 + I_2)}{2} \right]^2 \quad (2.6)$$

Dimana M adalah konstanta proporsional,

Sedangkan torsi *restraining* yang dihasilkan oleh spring adalah sebesar T_{spring} .



Gambar 2.9 Percentage differential relay

Total torsi *restraining* :

$$M \left[N_r \frac{(I_1 + I_2)}{2} \right]^2 + T_{\text{spring}} \quad (2.7)$$

Torsi *operating* :

$$M [N_o (I_1 - I_2)]^2 \quad (2.8)$$

Relay trip jika torsi *operating* lebih besar daripada torsi *restraining*. *Relay* akan dalam operasi ambang ketika torsi *operating* seimbang torsi *restraining*.

$$M \left[N_r \frac{(I_1 + I_2)}{2} \right]^2 = M [N_o (I_1 - I_2)]^2 \quad (2.9)$$

Dengan mengabaikan torsi *restraining* yang disebabkan oleh *spring*, sehingga dapat dituliskan sebagai :

$$I_1 - I_2 = K \frac{(I_1 + I_2)}{2} \quad (2.10)$$

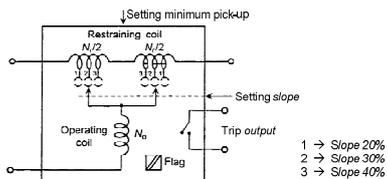
Dimana $K = Nr/No$

Jika efek dari *spring* (K_0) diperhitungkan, maka :

$$I_1 - I_2 = K \frac{(I_1 + I_2)}{2} + K_0 \quad (2.11)$$

Karakteristik operasi *relay* akan berupa garis lurus dari *slope* (Nr/No).

Percentage differential relay mempunyai dua *setting* yaitu *setting slope* dan *setting minimum pick-up*. *Slope* diatur dengan merubah *tapping* pada *restraining coil*. *Setting minimum pick-up* diatur dengan merubah *spring* dari *restraining*.



Gambar 2.10 Blok diagram *percentage differential relay*.

Secara umum besarnya *setting slope relay* diferensial dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{setting \%} = \frac{(I_1 - I_2)}{(I_1 + I_2)} \times 100 \% \quad (2.12)$$

2.6 Mikrokontroler AVR ATmega8535

Sebuah mikrokontroler adalah suatu kombinasi dari mikroprosesor, piranti *Input/Output (I/O)* dan memori yang terdiri atas *EEPROM* dan *RAM (Random Access Memory)* dalam bentuk keping tunggal (*single chip*).

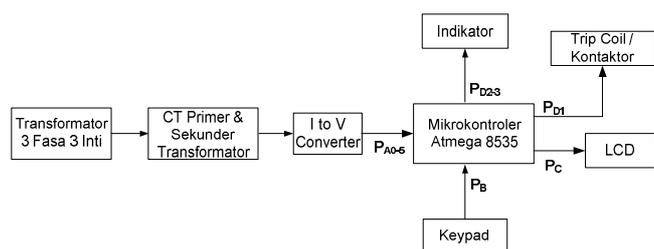
Adapun secara lengkapnya mikrokontroler Atmel ATmega8535 ini memiliki fitur sebagai berikut :

1. 8 bit AVR berbasis RISC, dengan performa tinggi dan konsumsi daya rendah.
2. Mempunyai kecepatan maksimal 16 MHz.
3. *Programmable Flash Memory* sebesar 8 KByte (10000 kali siklus hapus/tulis), 512 bytes SRAM, 512 bytes *Programmable EEPROM*.
4. Mempunyai dua *Timer/Counter* 8 bit, satu *Timer/Counter* 16 bit dan 4 kanal PWM.
5. Mempunyai 8 *channel* internal ADC.
6. *Programable serial USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver-Transmitter)*
7. *Analog Comparator* dalam *chip*.
8. Mempunyai 6 pilihan *sleep mode* untuk penghematan daya listrik.
9. Mempunyai 32 jalur I/O yang dapat diprogram (PORT A-PORT D).

III. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Secara umum diagram blok perancangan sistem *relay* diferensial ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem.

3.1.1 Power Supply

Pembuatan power supply ini digunakan untuk menggerakkan *supply* mikrokontroler, *driver relay*, rangkaian *current to voltage converter* dan rangkaian pengkondisi sinyal.

3.1.2 Current Transformer (CT)

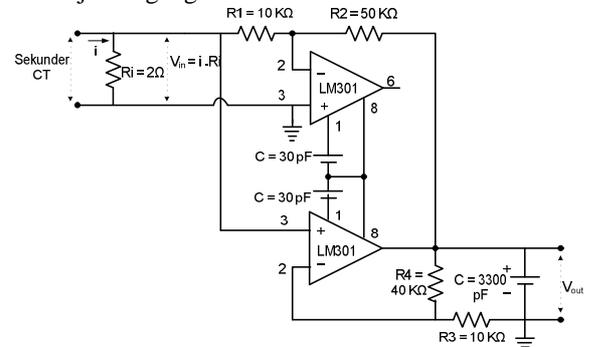
Trafo arus (*current transformer*) yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah CT OTTO MSQ-30 dengan rasio 100/5. Dalam perancangan tugas akhir ini CT yang digunakan adalah sebanyak 6 buah, masing-masing sebanyak 3 buah dipasang pada sisi primer dan sekunder transformator 3 fasa.



Gambar 3.2 CT OTTO MSQ-30.

3.1.3 Current to Voltage Converter

Rangkaian ini digunakan untuk mengkonversi nilai arus AC menjadi tegangan DC.



Gambar 3.3 Rangkaian *current to voltage converter*.

Dari rangkaian nilai tegangan keluaran DC (V_{out}) yang besarnya dapat dirumuskan sbb :

$$V_{out} = -|V_{in}| \times \frac{R_2}{R_1} \quad (3.1)$$

Dengan syarat,

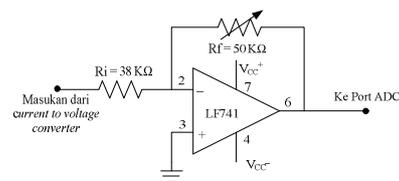
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4 + R_3}{R_3} \quad (3.2)$$

Keterangan :

- V_{out} : tegangan keluaran DC (Volt)
- V_{in} : $i \times R_i$: tegangan masukan AC (Volt)
- I : arus masukan rangkaian I to V (A)
- R_i, R_1, R_2, R_3, R_4 : resistor (Ω).

3.1.4 Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal berfungsi untuk menguatkan dan membalik nilai tegangan keluaran dari rangkaian *current to voltage converter*.

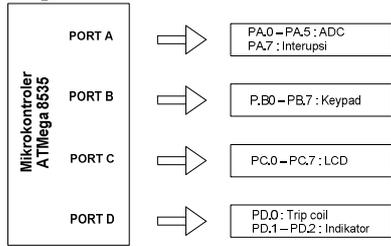


Gambar 3.4 Rangkaian pengkondisi sinyal.

3.1.5 Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535

Sistem mikrokontroler ATmega8535 digunakan sebagai unit kendali utama yang didalamnya berisi program untuk mengendalikan operasi *relay* diferensial. Didalamnya termasuk pengolahan nilai arus masing-masing fasa pada

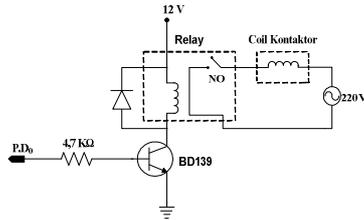
transformator tiga fasa, *setting relay* diferensial, dan pengaturan tampilan LCD.



Gambar 3.5 Alokasi port pada sistem minimum mikrokontroler ATmega8535.

3.1.6 Driver Trip Coil

Rangkaian output yaitu *driver trip coil* (*driver relay*) di kontrol oleh mikrokontroler ATmega8535. Rangkaian *driver trip coil* digunakan untuk mengemudikan/memicu koil pada kontaktor.



Gambar 3.6 Rangkaian driver trip coil.

3.1.7 Relay Elektromekanis

Relay elektromekanis yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *relay* magnetik 8 pin yang memiliki input berupa tegangan *supply* koil 12 Volt DC dan tegangan beban 220 Volt AC.



Gambar 3.7 Relay elektromekanis.

3.1.8 Kontaktor 3 Fasa

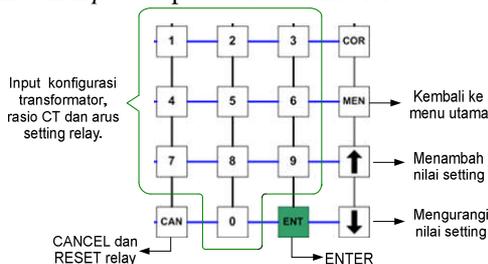
Kontaktor 3 fasa yang digunakan adalah kontaktor AC Chint NC1-0910 yang merupakan kontaktor AC magnetik yang menggunakan tegangan 220 Volt sebagai tegangan *supply* koilnya. Kontaktor ini memiliki keadaan normal tertutup/close (NC).



Gambar 3.8 Kontaktor AC Chint NC1-0910.

3.1.9 Keypad

Keypad yang digunakan adalah matrik 4x4 dengan memanfaatkan port B pada mikrokontroler.



Gambar 3.9 Penggunaan tombol keypad matrik 4X4.

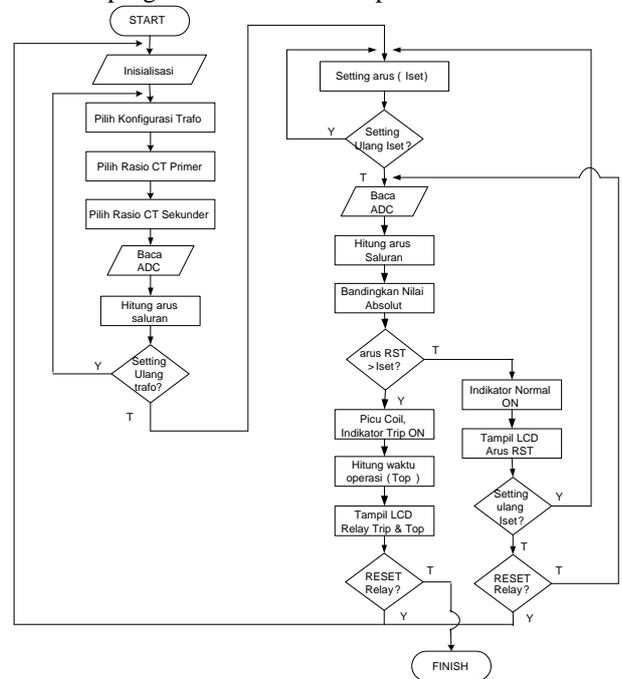
Keypad digunakan untuk setting konfigurasi transformator, rasio CT, input nilai arus *setting* (Iset) dan untuk mereset *relay*.

3.1.10 LCD

LCD matrik yang digunakan pada tugas akhir ini adalah M1632. LCD jenis ini dapat menampilkan 32 karakter dalam dua baris. Setiap baris berisi 16 karakter.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Pemrograman mikrokontroler ATmega8535 dilakukan dengan menggunakan bahasa *assembly* dan C. *Flowchart* program utama adalah seperti berikut :

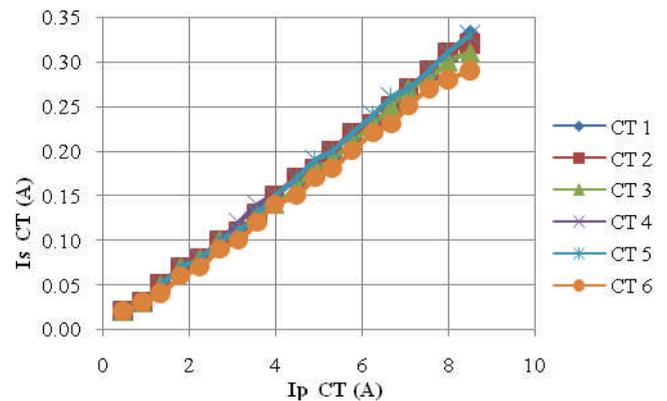


Gambar 3.10 Flowchart program utama.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Current Transformer

Pengujian terhadap *current transformer* (CT) dilakukan dengan cara mengukur arus masukan dan arus keluaran dari CT.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara arus primer (I_p) terhadap arus sekunder (I_s) CT berdasarkan hasil pengujian.

Berdasarkan *nameplate*, CT mempunyai rasio nominal 100/5 atau 20. Sedangkan dalam pengukuran sebenarnya masing-masing CT mempunyai rasio CT rata-rata diatas rasio nominalnya yaitu lebih besar dari 20.

Kesalahan transformator arus ini biasa disebut kesalahan rasio CT (*ratio error*) yaitu perbedaan antara rasio *nameplate* dengan rasio sebenarnya atau pengukuran. Kesalahan rasio CT (*ratio error*) dapat dirumuskan sbb :

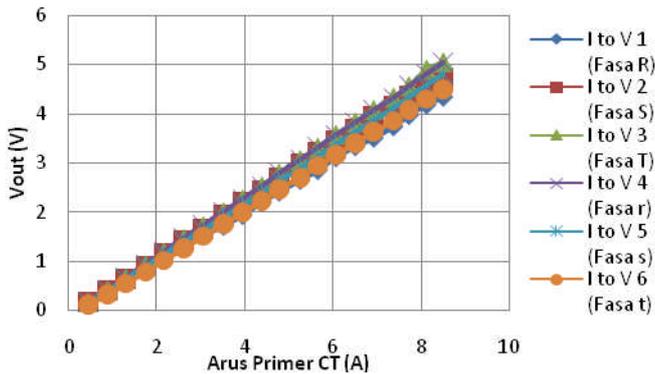
$$\text{ratio error} = \frac{(K I_s - I_p)}{I_p} \times 100\% \quad (4.1)$$

Dimana :

- Kn : rasio nominal CT
- Ip : arus primer (A)
- Is : arus sekunder (A)

4.2 Pengujian Current to Voltage Converter

Dari hasil pengujian *current to voltage converter* didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan tegangan keluaran diantara masing-masing rangkaian *current to voltage converter*. Perbedaan tegangan ini disebabkan oleh nilai toleransi dari tahanan dan ketidakidentikan CT sehingga nilai masukan arus rangkaian *current to voltage converter* berbeda-beda pada saat keenam CT digunakan untuk mengukur arus dengan besar yang sama pada sisi primer CT.

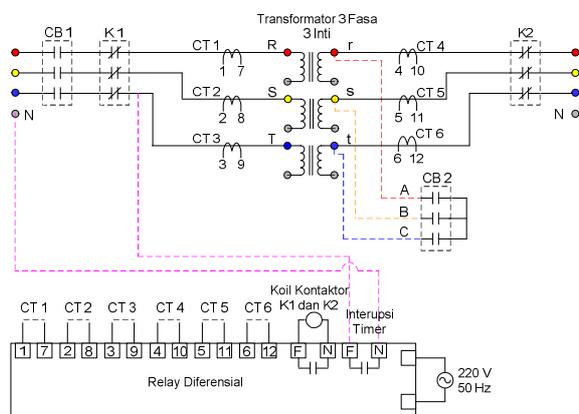


Gambar 4.2 Grafik hubungan antara arus primer CT terhadap tegangan keluaran rangkaian *current to voltage converter*.

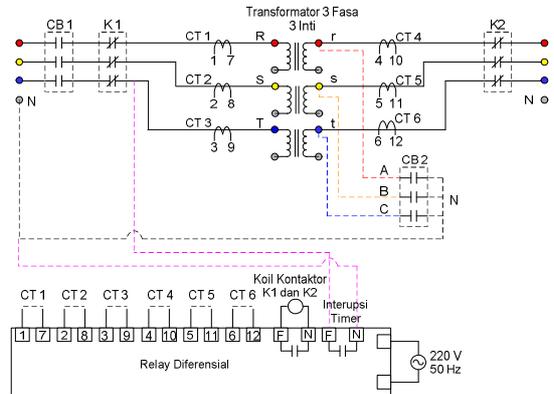
Berdasarkan pembacaan arus beban maksimum transformator yang dapat dilakukan oleh rangkaian adalah sebesar 8,5 A. Nilai arus maksimum ini menyesuaikan dengan referensi tegangan ADC yaitu sebesar 5 volt.

4.3 Pengujian Hubung Singkat

Pengujian hubung singkat dilakukan pada sisi beban dari transformator. Transformator tiga fasa yang digunakan dirangkai dari tiga transformator satu fasa. Perbandingan lilitan antara sisi primer dan sekunder transformator atau rasio transformator adalah 390/110. Rasio CT yang digunakan adalah 100/5.



Gambar 4.3 Wiring diagram pengujian hubung singkat fasa-fasa.

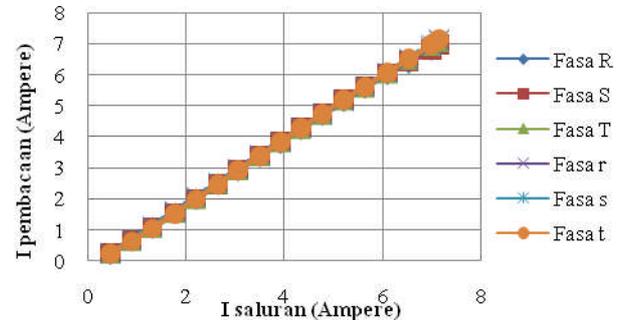


Gambar 4.4 Wiring diagram pengujian hubung singkat fasa-tanah.

Berdasarkan pengujian hubung singkat, besarnya waktu operasi *relay* (t_{op}) adalah berkisar 200-228 ms.

4.4 Pengujian Software

Unjuk kerja *relay* diferensial sangat dipengaruhi oleh keakuratan pembacaan arus masing-masing saluran.



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara arus nominal saluran terhadap arus pembacaan oleh *relay*.

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa semakin besar arus nominal saluran maka kesalahan pembacaan arus oleh *relay* relatif semakin kecil. Perbedaan ini akan mengakibatkan *error* pembacaan sebesar selisih antara arus nominal saluran dengan arus yang terbaca oleh *relay*.

Pada perancangan, *relay* akan menampilkan nilai arus masing-masing fasa secara *real-time* pada transformator pada saat *relay* dalam keadaan normal. Sedangkan pada saat transformator mengalami gangguan *relay* akan mentribkan kontaktor serta menghitung dan menampilkan waktu operasi (t_{op}) *relay*. *Relay* juga akan mengindikasikan kondisi *relay* melalui lampu indikator.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Relay* diferensial dapat digunakan untuk untuk proteksi transformator tiga fasa sampai dengan arus maksimum masing-masing fasa sebesar 8,5 A.
2. Pada kondisi normal *relay* dapat digunakan sebagai media untuk pembacaan arus secara *realtime* masing-masing fasa dari transformator tiga fasa, sedangkan pada saat gangguan *relay* akan mentribkan kontaktor serta menampilkan waktu operasi *relay*.
3. Karakteristik waktu operasi *relay* adalah *instantaneous* dengan waktu operasi antara 200-228 milisekon untuk gangguan fasa-fasa maupun gangguan fasa-tanah.

5.2 Saran

Saran yang dapat saya berikan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya dapat digunakan CT yang seidentik mungkin supaya dapat melakukan pembacaan nilai arus yang seragam dari keenam buah CT.
2. Untuk pengembangan supaya *relay* dapat digunakan untuk transformator dengan kapasitas arus beban besar dapat dilakukan dengan meningkatkan *range* pembacaan arus maksimal oleh *relay* dengan cara mengubah nilai tahanan dan penguatan pada rangkaian *current to voltage converter*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulasno, *Dasar Teknik Konversi Energi Listrik*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang, 2003.
- [2] Paithankar, S.r Bhide, *Fundamental Of Power System Protection*, Prentice Hall Of India, 2003.
- [3] Supriyadi Edy, *Sistem Pengaman Tenaga Listrik*, Adicita Karya Nusa, 1999.
- [4] Rao, SuniL. S., *Switchgear and Protection*, Khana Publisher, New Delhi, 1978.
- [5] Heryanto, M.A. dan Adi, W, *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATmega8535*, Andi, Yogyakarta, 2008.
- [6] Wardhana L, *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Andi, Yogyakarta, 2006.
- [7] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB, Bandung, 1991.
- [8] Hogenboom, *Data Sheet Book 3, Catatan Aplikasi*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 1996.
- [9] Coughlin, R. F. and F. F. Driscoll. dan Soemitro, H.W, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Erlangga, Jakarta.1985
- [10] ..., *Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga*, PT.PLN, Jakarta, 2003.
- [11] ..., *ATmega8535 Data Sheet*, <http://www.atmel.com>.
- [12] ..., *Transformator arus*, <http://jendeladistribusi.co.cc>.
- [13] ..., *Micom 30 Series Transformer Differential Protection Application Guide*, Alstom,Inc., 2003.
- [14] ..., *Current Transformers : Ratio, Polarity and Types*, Kilowatt Classroom, LLC.,2003.
- [15] ..., *Current and Voltage Transformers*, <http://www.cdeep.iitb.ac.in>.



Eko Parjono (L2F 004 473), Lahir di Boyolali, menyelesaikan pendidikan di SDN Klabang, SLTPN 1 Sawit, SMUN 1 Kartasura. Saat ini sedang menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang, Bidang Konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Semarang, Juni 2009

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Karnoto, S.T., M.T.
NIP. 132 162 547

Iwan Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 132 283 183