

## PENGUJIAN RELAY DIFFERENSIAL GI

Hery Setijasa

Jurusan Teknik Elektro Polines  
Jln. Prof. Sudarto Tembalang Semarang

### abstrak

Salah satu peralatan proteksi yang digunakan di Gardu Induk adalah Relai Differensial yang digunakan untuk memproteksi Transformator. Relai differensial adalah relai yang bekerja berdasarkan Hukum Kirchof, dimana arus yang masuk pada suatu titik sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut. Yang dimaksud titik pada proteksi differensial adalah daerah pengamanan, dalam hal ini dibatasi oleh dua buah trafo arus. Relai ini sangat selektif sehingga biasanya tidak perlu dikoordinasikan dengan relai proteksi lainnya, dan bekerjanya sangat cepat, tidak memerlukan waktu. Proteksi differensial merupakan salah satu pelindung utama pada transformator daya. Oleh karena itu untuk menjaga keandalannya, dilakukan pemeliharaan dan pengujian pada relai Differensial. Pengujian ini dilakukan untuk Mengetahui apakah relai masih dalam kondisi standar.

**Kata Kunci :** Gardu Induk, Sistem Proteksi Transformator, Relai differensial

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

PLN sebagai Perusahaan Listrik Negara berusaha untuk menyuplai energi listrik yang ada dengan seoptimal mungkin seiring dengan semakin meningkatnya konsumen energi listrik di Indonesia. Pertambahan beban yang terjadi di Indonesia terutama pada wilayah P3B Jawa – Bali sangatlah pesat. Oleh karena itu keandalan dan keefisienan dalam penyuplaian tenaga listrik untuk konsumen harus terjaga.

Untuk menjaga suplai daya listrik ke konsumen tetap terjaga efisiensinya dan keandalannya, maka seluruh lingkup jaringan listrik harus diproteksi dengan baik. Peralatan proteksi harus bisa menjaga wilayah gangguan hanya pada wilayah yang terkena gangguan saja dan tidak menyebabkan terganggunya wilayah lainnya yang tidak terkena gangguan.

Salah satu peralatan proteksi yang digunakan di Gardu Induk adalah Relai Differensial yang digunakan untuk memproteksi Transformator. Relai ini akan bekerja bila terdapat gangguan pada daerah di sekitar Transformator dalam ruang lingkup yang diproteksi oleh relai Differensial.

#### 1.2 Tujuan

Untuk mengetahui prinsip kerja dan pengujian relai differensial yang digunakan untuk memproteksi Transformator pada Gardu Induk Pudak Payung.

#### 1.3 Pembatasan Masalah

Dalam laporan ini penulis membatasi masalah pada pembahasan mengenai pengujian pada relai Differensial yang digunakan untuk memproteksi transformator I 60 MVA 150 kV / 20 kV Gardu Induk Pudak Payung.

### II. RELAI DIFFERENSIAL

Relai differensial adalah relai yang bekerja berdasarkan Hukum Kirchof, dimana arus yang masuk pada suatu titik sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut. Yang dimaksud titik pada proteksi differensial adalah daerah pengamanan, dalam hal ini dibatasi oleh dua buah trafo arus.

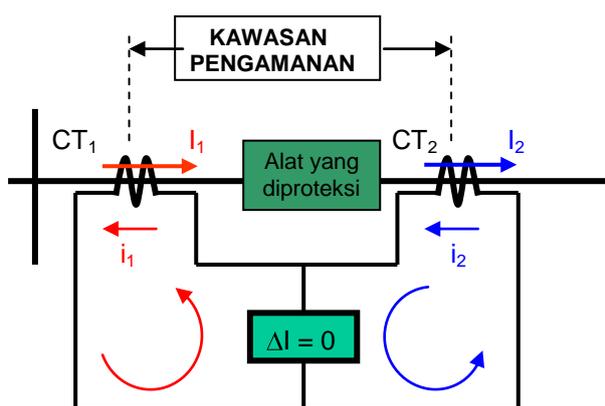
Proteksi diferensial merupakan salah satu pelindung utama pada transformator daya. Relai ini sangat selektif sehingga biasanya tidak perlu dikoordinasikan dengan relai proteksi lainnya, dan bekerjanya sangat cepat, tidak memerlukan waktu.

#### 2.1. Prinsip Dasar Relai Differensial

Prinsip kerja relai proteksi diferensial adalah membandingkan dua vektor arus atau

lebih yang masuk ke relai (lihat gambar 3.3), apa bila pada sisi primer trafo arus (CT1) dialiri arus  $I_1$ , maka pada sisi primer trafo arus (CT2) akan mengalir arus  $I_2$ , pada saat yang sama sisi sekunder kedua trafo arus (CT1 dan CT2), akan mengalir arus  $i_1$  dan  $i_2$  yang besarnya tergantung dari rasio yang terpasang, jika besarnya  $i_1 = i_2$  maka relai tidak bekerja, karena tidak ada selisih arus ( $\Delta i = 0$ ), tetapi jika besarnya arus  $i_1 \neq i_2$  maka relai akan bekerja, karena adanya selisih arus ( $\Delta i \neq 0$ ). Selisih arus ini disebut arus diferensial. arus inilah yang menjadi dasar bekerjanya relai diferensial.

Dalam keadaan normal (tidak ada gangguan), arus yang mengalir kerelai pengaman sama dengan nol, arus hanya bersikulasi dalam sirkuit sekunder kedua trafo arus (CT). Untuk daerah pengaman dari relai diferensial dibatasi antara dua buah CT (lihat gambar 3.3.)



Gambar 1. Gambar sederhana relai diferensial unbiased

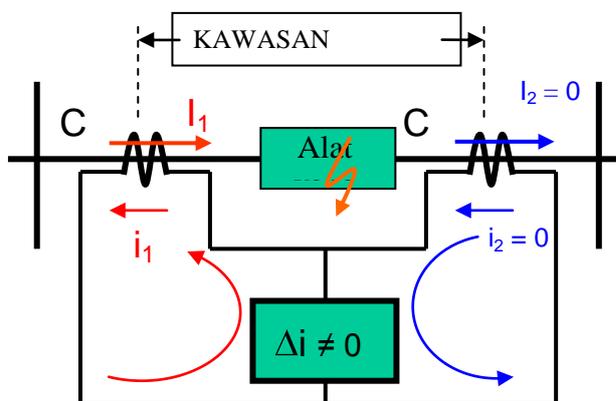
Agar relai diferensial dalam kondisi normal (tidak terjadi gangguan) relai tidak bekerja, maka persyaratannya adalah sebagai berikut :

1. CT<sub>1</sub> dan CT<sub>2</sub> (maupun ACT nya) harus mempunyai rasio sedemikian sehingga besar arus  $i_1 = i_2$
2. Sambungan dan polaritas CT<sub>1</sub> dan CT<sub>2</sub> maupun ACT nya harus benar.

### 2.2. Kerja Proteksi Relai Diferensial Jika Terjadi Gangguan

- a. jika terjadi gangguan didalam daerah pengamanannya

Jika relai diferensial dipasang sebagai proteksi suatu peralatan dan terjadi gangguan didaerah pengamanannya maka relai diferensial harus bekerja, seperti terlihat pada gambar 3.4, pada saat CT<sub>1</sub> mengalir arus  $I_1$  maka pada CT<sub>2</sub> tidak ada arus yang mengalir ( $I_2 = 0$ ), disebabkan karena arus gangguan mengalir pada titik gangguan sehingga pada CT<sub>2</sub> tidak ada arus yang mengalir, maka disisi sekunder CT<sub>2</sub> tidak ada arus yang mengalir ( $i_2 = 0$ ) yang mengakibatkan  $i_1 \neq i_2$  ( $\Delta i \neq 0$ ) sehingga relai diferensial bekerja.

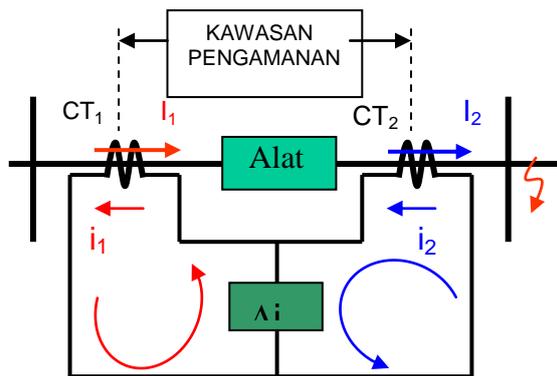


Gambar 2. Relai diferensial jika terjadi gangguan didalam daerah pengaman

- b. Jika terjadi gangguan diluar daerah pengaman

Apabila terjadinya gangguan diluar daerah pengamanannya maka relai diferensial tidak bekerja lihat gambar 3.5, pada saat sisi primer kedua CT dialiri arus  $I_1$  dan  $I_2$ , dengan adanya rasio CT<sub>1</sub> dan CT<sub>2</sub> yang sedemikian, maka besar arus yang mengalir pada sekunder CT<sub>1</sub> dan CT<sub>2</sub> yang menuju relai besarnya sama ( $i_1 = i_2$ ) atau dengan kata lain tidak ada selisih arus yang mengalir pada relai sehingga relai tidak bekerja, karena sirkulasi arus gangguan diluar daerah pengaman kerja relai diferensial tidak mempengaruhi arus yang mengalir pada kedua CT yang terpasang pada peralatan yang diproteksi, karena apa bila pada arus primer CT<sub>1</sub> dan CT<sub>2</sub> mengalir arus gangguan dengan adanya perbandingan rasio trafo arus pada sisi sekunder juga akan mengalir arus gangguan yang besarnya  $i_1 = i_2$

sehingga relai diferensial tidak bekerja karena tidak ada perbandingan arus ( $\Delta i = 0$ ).



Gambar 3. relai diferensial jika terjadi gangguan diluar daerah pengamanannya.

### 2.3. Tiga Kesulitan Utama Relai Differential Unbias

#### a. Karakteristik CT

Pada saat gangguan eksternal, karakteristik CT yang tidak sama akan menghasilkan tegangan pada masing masing sekunder Ct tidak sama. Juga panjang kabel kontrol sekunder CT tidak sama

#### b. Perubahan rasio akibat On Load Tap Changer

Arus sisi sekunder CT dapat dibuat match hanya pada satu titik dari rentang perubahan tap. Pada posisi lain akan timbul arus tak seimbang.

#### c. Magnitising Inrush Current Arus ini muncul disisi primer dan condong mengerjakan relai.

### 2.4. Untuk Membuat Relai Stabil

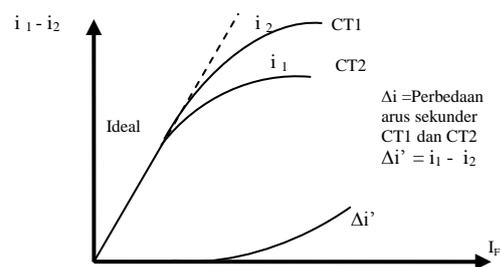
1. kesulitan (a) dan (b) diatasi dengan relai diferensial persentase atau bias.
2. kesulitan (c) diatasi dengan harmonic restraint.

### 2.5. Relai Diferensial Bias ( Percentage Relai Diferensial )

Pada saat kondisi normal (tidak ada gangguan) didalam daerah pengaman an, ada kemungkinan muncul arus tidak seimbang ( $\Delta i'$ ) sehingga relai pengaman salah kerja.

Penyebab timbulnya arus tidak seimbang ( $\Delta i'$ ) lihat gambar 3.4, dapat disebabkan oleh :

- a. Karakteristik kelengkungan magnetik dari CT<sub>1</sub> dan CT<sub>2</sub>, terutama pada arus hubung singkat yang besar yang menyebabkan arus sekunder tidak lagi linier terhadap arus primer karena kejenuhan CT.
- b. Perubahan posisi tap changer trafo tenaga  
Inrush Current



Gambar 4. gambar knee point dari trafo arus

Dengan melihat adanya perbedaan arus ( $\Delta i'$ ) diantara kedua CT yang terpasang, dibuatlah relai differensial jenis persentase yang mempunyai karakteristik kerja mengikuti kemungkinan terjadi  $\Delta i'$ . Untuk mencegah arus gangguan ( $I_F$ ) yang besar diluar daerah pengamanannya maka pada relai differensial dipasang kumparan penahan (*restrain*) pada kedua sisinya dapat dilihat dalam gambar 3.5, kumparan penahan inilah yang menahan relai tidak bekerja apa bila terjadi arus gangguan yang besar, karena makin besar arus gangguan yang melewati relai makin besar pula kopel penahan yang dihasilkan oleh kumparan penahan sehingga relai tidak bekerja.

### 2.6. Relai Diferensial High Impedance

Relai diferensial Impedansi tinggi yang digunakan sebagai proteksi gangguan tanah ( restricted earth fault = REF ). Dalam keadaan tertentu relai diferensial hanya dapat mengamankan sebagian kumparan ( $\pm 40\%$ ) saja pada saat terjadi gangguan tanah internal dan sebagian lainnya ( $\pm 60\%$ ) tidak

terproteksi. Terbatasnya sensitivitas relai differensial dalam mendeteksi gangguan tanah tersebut menyebabkan proteksi differensial perlu ditunjang oleh proteksi gangguan tanah terbatas (Restricted fault relay).

2.6.1. Aplikasi

Relai ini hanya mendeteksi gangguan tanah yang terjadi didalam :

- Trafo tenaga yang disambung bintang
- Generator.
- Busbar

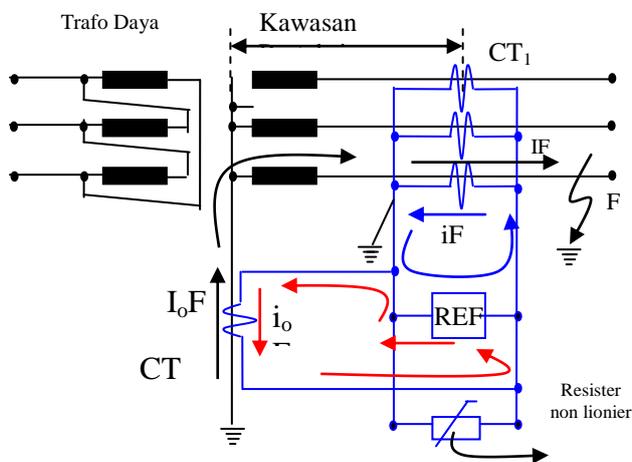
Relai ini tidak bekerja bila gangguan diluar daerah pengamanan, dan memberikan perintah trip tanpa tunda waktu.

Syarat relai differensial impedansi tinggi untuk proteksi REF:

- Rasio CT line harus sama dengan rasio CT Earth
- Tegangan lutut CT harus lebih besar dari tegangan setting relai REF.

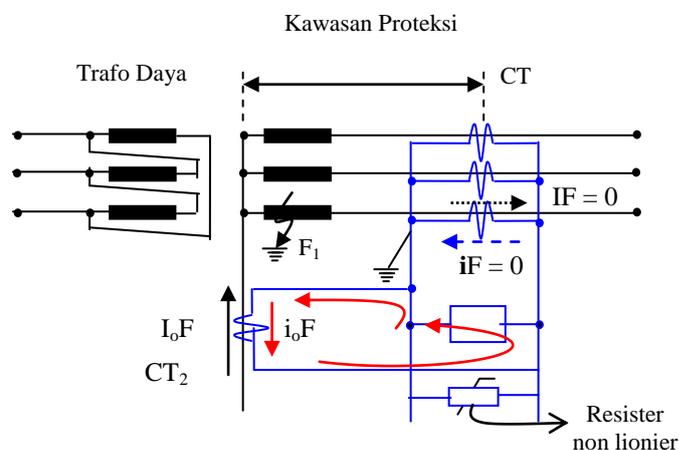
2.6.2. Prinsip Kerja

Relai ini tidak bekerja bila gangguan diluar daerah pengamanan, dan memberikan perintah trip tanpa tunda waktu. Bila terjadi gangguan di F (seperti pada gambar 8), dalam hal ini akan muncul arus IF dan IoF pada sisi primer CT1 dan CT2, maka disisi sekunder CT1 dan CT2 akan mengalir loop arus iF dan ioF. Loop ini tidak menimbulkan tegangan drop (dv) pada resistor non linear (Rnl), sehingga relai REF tidak bekerja.



Gambar 5. gambar relai REF jika terjadi gangguan diluar daerah pengamanan.

Bila terjadi gangguan di F1 (seperti pada gambar 9), dalam hal ini akan muncul loop arus IoF pada sisi primer dan loop arus ioF pada sisi sekunder CT2, sedangkan pada CT1 tidak ada loop arus, karena tidak ada arus yang mengalir pada CT1.



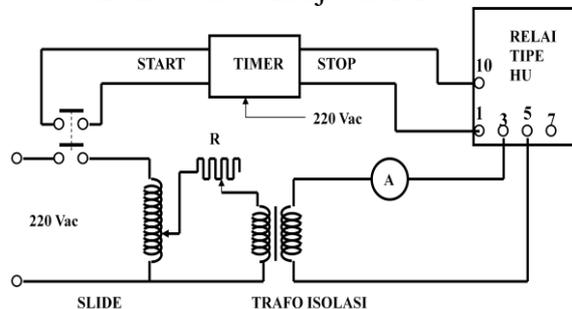
Gambar 6. gambar relai REF jika terjadi gangguan didalam daerah pengamanan

Loop arus ioF ini yang menimbulkan tegangan drop (dv) pada rangkaian sehingga relai REF bekerja. Resistor non linear (Rnl) berfungsi megamankan relai apa bila terjadi tegangan yang melampaui kapasitas kemampuan relai (burden relai) akibat adanya gangguan.

III. PENGUJIAN RELAI DIFFERENSIAL

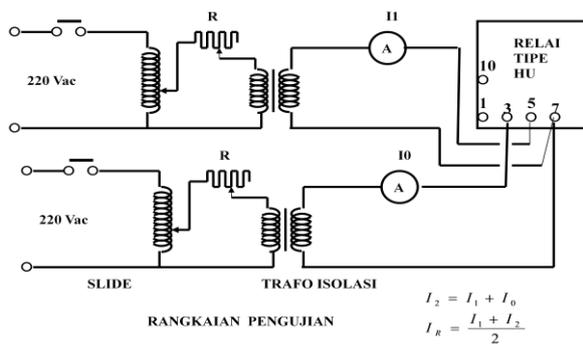
3.1. Rangkaian Pengujian Relai Differensial

3.1.1. Pengujian Arus Pick Up Minimum Dan Waktu Kerja Relai



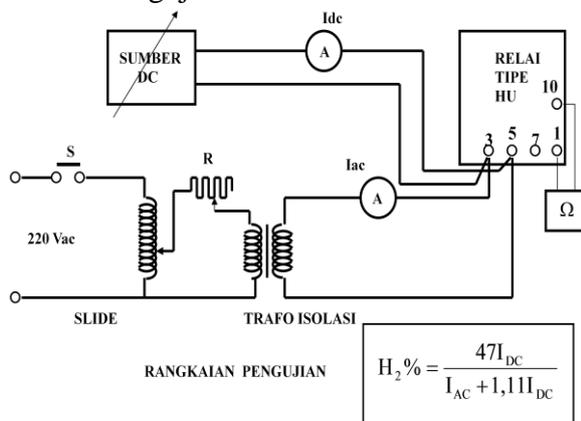
Gambar 7. Rangkaian Pengujian Pick up dan Waktu Kerja

### 3.1.2. Pengujian Slope ( V % )



Gambar 8. Rangkaian Pengujian Slope

### 3.1.3. Pengujian Harmonic Restraint



Gambar 9. Rangkaian Pengujian Harmonic Restraint

### 3.2. Item Pengujian :

1. Arus kerja minimum dan waktu kerja
2. Sope Karakteristik relai
3. Harmonic restraint

### 3.3. Prosedur pengujian

#### 3.3.1. Posisikan kontrol dari alat uji :

1. 01 Saklar 'Power On' .
2. Saklar 'Timer Operation Selector' pada Atas 'No MOM', Bawah "Cont".
3. Main Control = Nol
4. Saklar 'Aux Power' pada INT
5. Saklar 'Range Volt Meter' = 300
6. Saklar 'Voltmeter Selector' 'EXT AC'.
7. Saklar 'Aux Selector 'VERN'
8. Aux Control di set pada Nol
9. Saklar 'AC Range' di set pada 10 A
10. Saklar 'DC Range' di set lebih besar dari arus uji

11. Saklar 'Main Ammeter Range' diset lebih besar dari arus uji Lebih bs Dari arus uji.
12. 'Voltage Relai Test' diset pada SetNorm Set Norm.
13. Saklar 'Output # 1 / # 2' diset pada Output#1

#### 3.3.2. Pengujian Arus kerja minimum (Pick Up).

1. Hubungkan alat uji Multi Amp dengan sumber tegangan 220 Volt, dan yakinkan bahwa alat uji dalam keadaan mati ( Off ).
2. Hubungkan kumparan kerja dan salah satu kumparan penahan ( Restraint ) dari relai ke output #1 dari alat uji.
3. Hubungkan terminal kontak relai dari alat uji ke kontak trip dari relai
4. Pilih Range Ammeter lebih besar dari arus yang diukur ( Arus Uji ).
5. Posisikan saklar 'Time Operation Selector' yang atas pada 'NO MAINT' dan yang bawah pada posisi 'Cont'.
6. Hidupkan alat uji, dan lampu tanda akan menyala.
7. Tekan saklar 'Initiate'
8. Putar 'Main Control' untuk menambah arus output, sampai relai pick up, dan lampu akan menyala dan catat hasilnya pada blangko uji. Aux Control akan mengatur arus yang halus.
9. Putar 'Main Control' ke posisi nol, dan matikan alat uji.

#### 3.3.3. Pengujian Karakteristik Waktu.

1. Hidupkan alat uji.
2. Tekan tombol 'Initiate' putar main control sampai relai pick-up.
3. Matikan alat uji.
4. Putar saklar 'Timer Operation Selector' yang atas pada 'NO MAIN' yang bawah pada 'Timer' Nol.
5. Hidupkan alat uji dan tekan tombol Initiate, maka relai akan bekerja dan timer akan mencatat waktu kerja. 300.
6. Matikan alat uji. NOL. 10 A. Lebih besar.

### 3.3.4. Pengujian Slope ( Karakteristik ).

1. Hubungkan output # 1 dari alat uji pada kumparan penahan dan dipasang pada tap 0 – 80 V, 12,5 A.
2. Hubungkan kumparan kerja dan salah satu kumparan penahan dari relai ke output AC # 3. tanda  $\pm$  dari kedua output bisa dijadikan satu.
3. Hubungkan kontak relai dari alat uji kekontak trip relai ( Perhatikan gambar ).
4. Pilih main range dari ammeter lebih besar dari arus uji.
5. Putar Aux Selector switch pada posisi 24 – AC – 3.
6. Putar timer Operation Selector yang atas pada ‘NO MAIN’ dan yang bawah pada ‘CONT’.
7. Hidupkan alat uji dan tekan ‘Initiate’
8. Tekan main control untuk menambah output # 1, dan ‘Aux Control’ untuk menambah output # 3 sampai relai bekerja.
9. Catat kedua besaran ini pada balangko uji, dan ulangi untuk besaran yang lain.
10. Matikan alat uji.

- b. Pengujian relai Differensial dilakukan dengan berdasarkan pada wiring diagram dan SOP yang berlaku.
- c. Pada waktu melakukan pengujian tetap menggunakan aturan keselamatan K3 untuk menghindari adanya kecelakaan.

### DAFTAR PUSTAKA

1. -,2006. “Relai Differensial KBCH (GEC)”.IBAA.
2. Jamaah Firdaus,Ahmad. 2009. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Semarang. Politeknik Negeri Semarang.
3. Yudha, Hendra Marta, 2008, *Proteksi Rele:Prinsip dan Aplikasi*,Palembang. Universitas Sriwijaya.
4. -,2006. *Proteksi Penghantar*. PT.PLN (Persero) P3B.

## IV.PENUTUP

### 4.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat penulis ambil dari magang yang dilaksanakan di APP Semarang, Basecamp Semarang, dan Basecamp Kudus adalah sebagai berikut :

- a. Relai differensial merupakan salah satu relai yang digunakan untuk memproteksi Transformator tenaga
- b. Pengujian relai differensial digunakan untuk mengetahui kondisi bekerjanya rele dalam kondisi yang masih standar.
- c. Pengujian 2 tahunan relai differensial pada GI Pudak Payung menunjukkan hasil yang baik dan sesuai dengan setting

### 4.2.Saran

Setelah menyelesaikan magang di PT PLN (Persero) APP SEMARANG, penulis ingin menyampaikan saran, antara lain sebagai berikut:

- a. Pengujian relai Differensial dilakukan dengan seksama dan teliti agar didapatkan hasil data yang akurat.