

# DESAIN RANGKAIAN ALAT UKUR URUTAN FASA

Oleh : Hendra Firdaus

## Abstrak

Alat Ukur Urutan Fasa adalah alat bantu yang dipergunakan untuk menentukan urutan terminal fasa R, S dan T dari jaringan arus putar atau arus gaya. Pada perancangan rangkaian dibuat supaya tidak memerlukan pencatu daya, bertingkah seperti parasit yang menyadap tenaga dari tegangan-tegangan fasa.

Alat Ukur Urutan Fasa diperlukan untuk mengetahui urutan fasa pada saat akan menghubungkan motor arus putar, sehingga arah putar motor dapat diketahui. Motor yang terhubung secara keliru akan dapat berakibat merusak bagian mekanik yang digerakkan.

Alat ukur Urutan Fasa dapat menentukan urutan fasa, jika ada dua fasa saling tertukar, artinya urutan fasa tidak cocok (misalnya R, S dan T terhubung kepada S, R dan T) maka motor berputar ke arah sebaliknya. Alat ukur urutan fasa dinyatakan dengan LED menyala. Selain dapat mengetahui arah medan putar ketiga fasanya juga ketidakadaan tegangan fasa dapat diukur oleh alat ukur ini.

**Kata kunci : tiga fasa, alat ukur, urutan fasa.**

## Pendahuluan

### 1. Latar Belakang

Kesalahan untai fasa dapat terjadi saat pemasangan suatu instalasi listrik baru, jaringan listrik baru atau saat proses perbaikan Instalasi listrik dan jaringan listrik. Kesalahan untaian fasa dapat mempengaruhi proses kerja dari mesin dan juga dapat mengancam keselamatan bagi operator yang mengoperasikan mesin tersebut.

Pada instalasi dari motor-motor listrik tiga fasa telah terpasang pengaman motor namun pengaman yang terpasang tersebut berfungsi untuk pengaman beban lebih dan pengaman hubung singkat yaitu *over load* sedangkan pengaman kesalahan untaian fasa belum terpasang bila suatu motor listrik tiga fasa mengalami kesalahan untaian fasa maka motor tersebut akan mengalami perubahan arah putaran rotornya dari arah yang sebenarnya (searah jarum jam) menjadi arah kebalikannya (berlawanan arah jarum jam), apabila hal ini terjadi

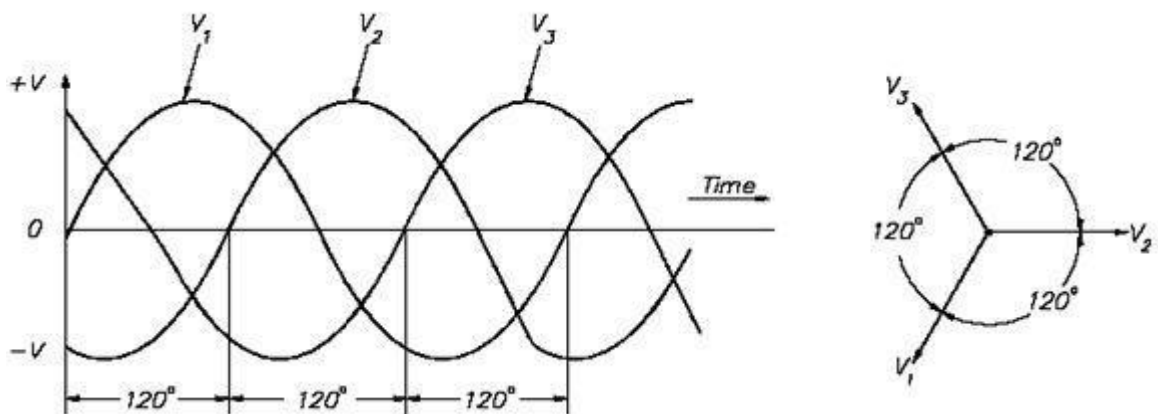
pada industri yang menggunakan motor listrik tiga fasa sebagai penggerak mesin-mesin industri seperti industri pemintalan benang, ban berjalan dan *Escalator* pada pusat perbelanjaan akan menimbulkan masalah yang serius, sehingga hal ini tidak bisa dianggap sebagai suatu hal yang biasa namun perlu diperhatikan dan mendapat penanganan yang serius sebelum menimbulkan permasalahan dan kerugian yang lebih besar

## **2. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah : Ingin mendesain Rangkaian Alat Ukur Urutan Fasa yang dapat menentukan urutan fasa dan ketidakadaan salah satu tegangan fasa.

## **Tinjauan Pustaka**

Pada sistem tenaga listrik 3 fase, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban semuanya seimbang; Daya pembangkitan sama dengan Daya pemakaian dan juga pada Tegangan yang seimbang. Pada tegangan yang seimbang terdiri dari tegangan 1 fasa yang mempunyai magnitude dan frekuensi yang sama tetapi antara 1 fasa dengan yang lainnya mempunyai beda fasa sebesar  $120^\circ$  listrik, sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar  $60^\circ$ , dan dapat dihubungkan secara bintang (Y, wye) atau segitiga (delta,  $\Delta$ ).

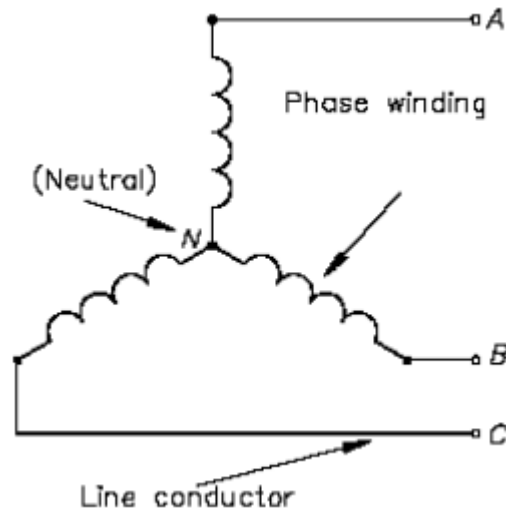


Gambar 1. Sistem 3 Fasa.

Gambar 1, menunjukkan fasor diagram dari tegangan fasa. Bila fasor-fasor tegangan tersebut berputar dengan kecepatan sudut dan dengan arah berlawanan jarum jam (arah positif), maka nilai maksimum positif dari fasa terjadi berturut-turut untuk fasa  $V_1$ ,  $V_2$  dan  $V_3$ . sistem 3 fasa ini dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan fasa a – b – c. Sistem tegangan 3 fasa dibangkitkan oleh generator sinkron 3 fasa.

### Hubungan Bintang (Y)

Pada hubungan bintang (Y), ujung-ujung tiap fasa dihubungkan menjadi satu dan menjadi titik netral atau titik bintang. Tegangan antara dua terminal dari tiga terminal a – b – c mempunyai besar magnitude dan beda fasa yang berbeda dengan tegangan tiap terminal terhadap titik netral. Tegangan  $V_a$ ,  $V_b$  dan  $V_c$  disebut tegangan “fasa” atau  $V_f$ .



Gambar 2. Hubungan Bintang (Y).

Dengan adanya saluran / titik netral maka besaran tegangan fasa dihitung terhadap saluran / titik netralnya, juga membentuk sistem tegangan 3 fasa yang seimbang dengan magnitudenya (akar tiga dikali magnitudo dari tegangan fasa).

$$V_{\text{line}} = \sqrt{3} V_{\text{fasa}} = 1,73V_{\text{fasa}}$$

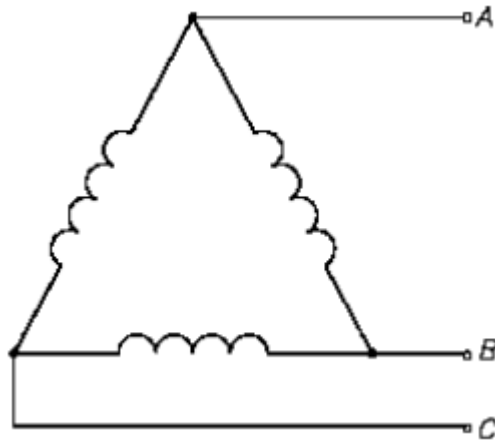
Sedangkan untuk arus yang mengalir pada semua fasa mempunyai nilai yang sama.

$$I_{\text{Line}} = I_{\text{fasa}}$$

$$I_a = I_b = I_c$$

### Hubungan Segitiga ( $\Delta$ )

Pada hubungan segitiga, ketiga fasa saling dihubungkan sehingga membentuk hubungan segitiga 3 fasa.



Gambar 3. Hubungan Segitiga.

Dengan tidak adanya titik netral, maka besarnya tegangan saluran dihitung antar fasa, karena tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai besar magnitude yang sama, maka:

$$V_{\text{line}} = V_{\text{fasa}}$$

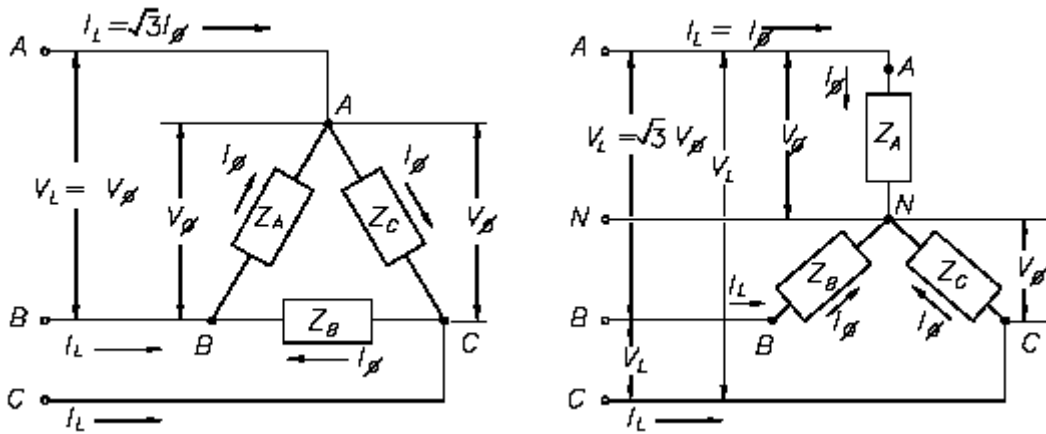
Tetapi arus saluran dan arus fasa tidak sama dan hubungan antara kedua arus tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan hukum kirchoff, sehingga :

$$I_{\text{line}} = \sqrt{3} I_{\text{fasa}} = 1,73 \cdot I_{\text{fasa}}$$

## Daya pada Sistem 3 Fase

### 1. Daya sistem 3 fase Pada Beban yang Seimbang

Jumlah daya yang diberikan oleh suatu generator 3 fasa atau daya yang diserap oleh beban 3 fasa, diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap-tiap fasa. Pada sistem yang seimbang, daya total tersebut sama dengan tiga kali daya fasa, karena daya pada tiap-tiap fasanya sama.



Gambar 4. Hubungan Bintang dan Segitiga yang seimbang.

Jika sudut antara arus dan tegangan adalah sebesar  $\theta$ , maka besarnya daya perfasa adalah:

$$P_{\text{fasa}} = V_{\text{fasa}} \cdot I_{\text{fasa}} \cdot \cos \theta$$

sedangkan besarnya total daya adalah penjumlahan dari besarnya daya tiap fasa, dan dapat ditulis dengan:

$$P_T = 3 \cdot V_f \cdot I_f \cdot \cos \theta$$

Pada hubungan bintang, karena besarnya tegangan saluran adalah  $1,73V_{\text{fasa}}$  maka tegangan perfasanya menjadi  $V_{\text{line}}/1,73$ , dengan nilai arus saluran sama dengan arus fasa;  $I_L = I_f$ , maka daya total ( $P_T$ ) pada rangkaian hubung bintang (Y) adalah :

$$P_T = 3 \cdot V_L/1,73 \cdot I_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

Dan pada hubung segitiga dengan besaran tegangan line yang sama dengan tegangan fasanya,  $V_L = V_{\text{fasa}}$ , dan besaran arusnya  $I_{\text{line}} = 1,73I_{\text{fasa}}$ , sehingga arus perfasanya menjadi  $I_L/1,73$ , maka Daya Total ( $P_T$ ) pada rangkaian segitiga adalah:

$$P_T = 3 \cdot I_L/1,73 \cdot V_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

Dari persamaan total daya pada kedua jenis hubungan terlihat bahwa besarnya

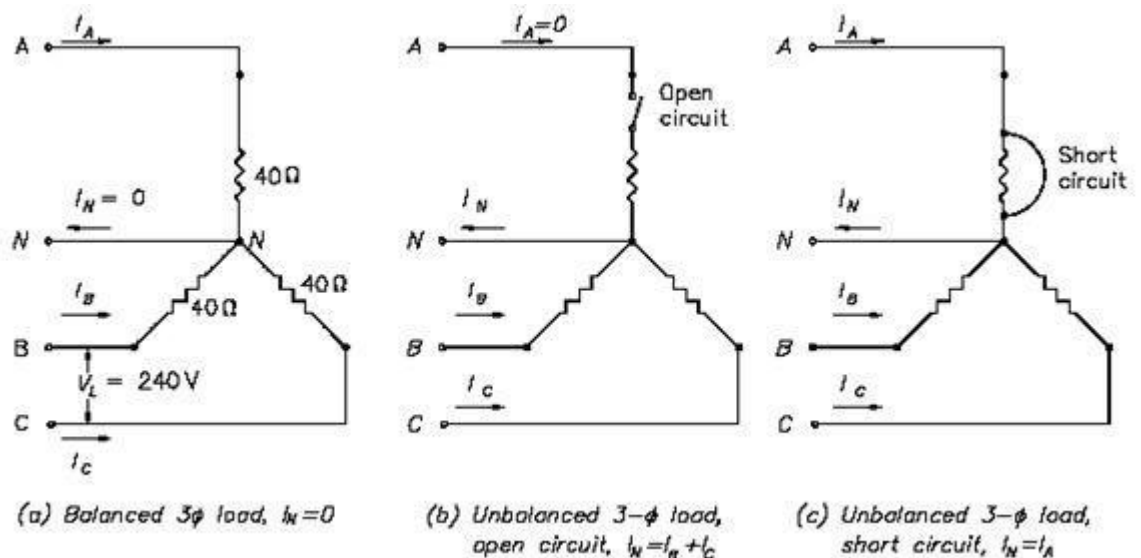
daya pada kedua jenis hubungan adalah sama, yang membedakan hanya pada tegangan kerja dan arus yang mengalirinya saja, dan berlaku pada kondisi beban yang seimbang.

## 2. Daya Sistem Tiga Fasa Pada Beban Yang Tidak Seimbang

Sifat terpenting dari pembebanan yang seimbang adalah jumlah phasor dari ketiga tegangan adalah sama dengan nol, begitu pula dengan jumlah phasor dari arus pada ketiga fasa juga sama dengan nol. Jika impedansi beban dari ketiga fasa tidak sama, maka jumlah phasor dan arus netralnya ( $I_n$ ) tidak sama dengan nol dan beban dikatakan tidak seimbang. Ketidakseimbangan beban ini dapat saja terjadi karena hubung singkat atau hubung terbuka pada beban.

Dalam sistem 3 fasa ada 2 jenis ketidakseimbangan, yaitu:

1. Ketidakseimbangan pada beban.
2. Ketidakseimbangan pada sumber listrik (sumber daya)

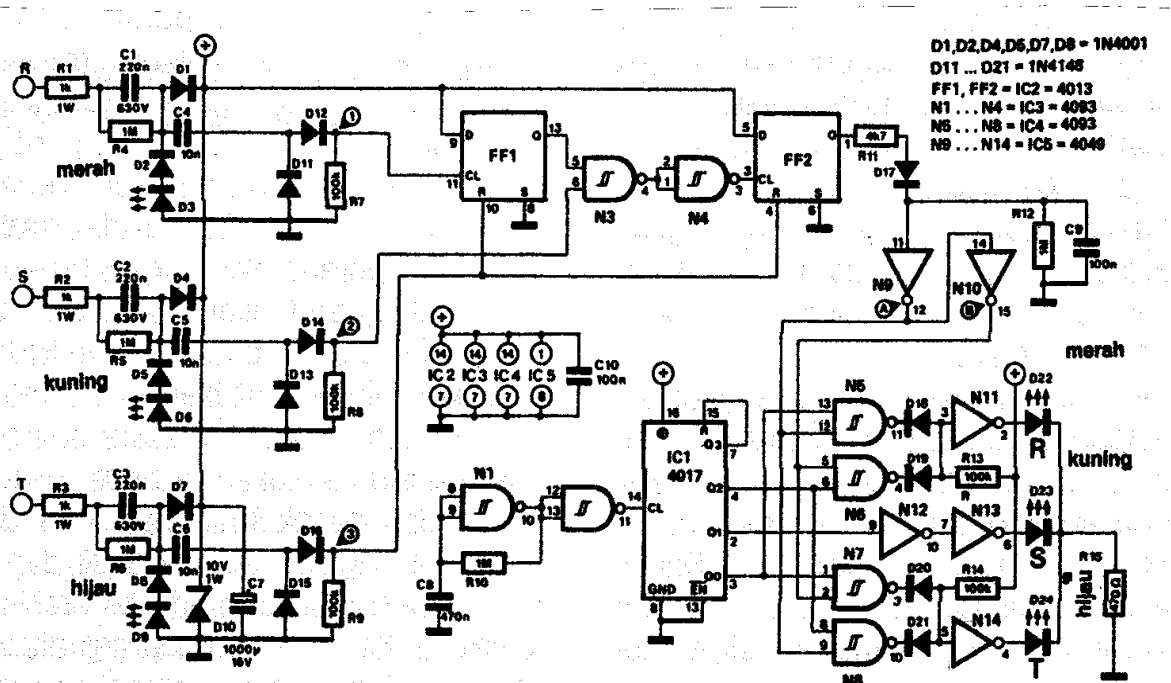


Gambar 5. Ketidakseimbangan beban pada sistem 3 fasa.

Pada saat terjadi gangguan, saluran netral pada hubungan bintang akan teraliri

arus listrik. Ketidakseimbangan beban pada sistem 3 fasa dapat diketahui dengan indikasi naiknya arus pada salah satu fasa dengan tidak wajar, arus pada tiap fasa mempunyai perbedaan yang cukup signifikan, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan.

### Metode Penelitian



Gambar 3. Skema Alat Ukur Urutan Fasa

Metode yang dilakukan berdasarkan uji coba rangkaian yang dibuat dan hasil pengukuran. Prinsip kerjanya sebagai berikut :

Alat Ukur Urutan Fasa tidak memerlukan pencatu daya; bertingkah seperti parasit yang menyadap tenaga dari tegangan-tegangan fasa melalui kondensator C1, C2, C3. Tegangan-fasa disearahkan oleh dioda D1, D4 dan D7 dan diratakan oleh Kapasitor Elektrolit C7 kemudian oleh dioda Zener D10 distabilkan pada tegangan 10 V. Dengan tegangan tersebut komponen elektronika dalam alat ukur



urutan-fasa dicatu. Ada tiga hasil pengukuran yang dapat dilihat dari nyala LED.

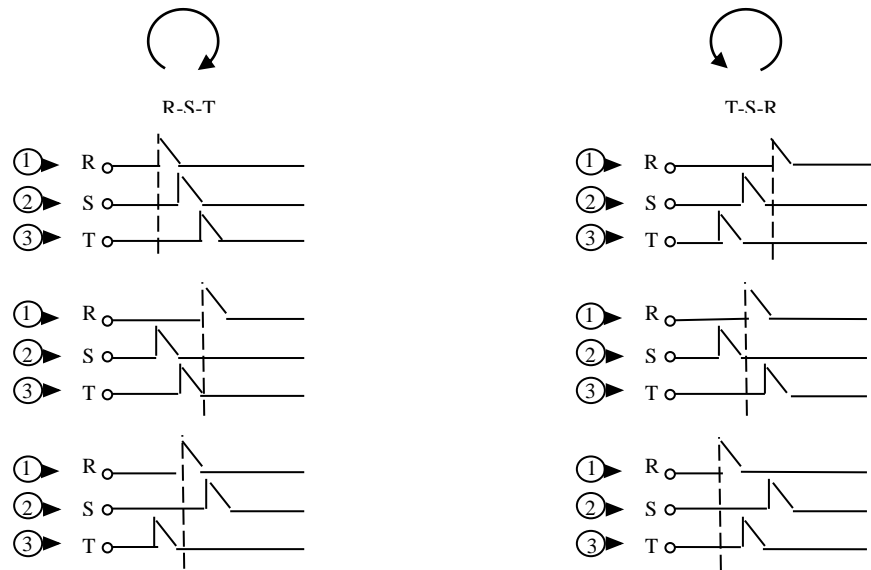
1. Jika ketiga fasa R, S dan T ada semuanya, maka LED D3, D6 dan D9 menyala.
2. Jika secara tak sengaja saluran nol dihubungkan pada alat ukur, maka LED-LED akan menyala redup.
3. Jika ada fasa yang tak terhubung, maka ada satu LED tidak menyala.

Dengan sarana ketiga LED ini salah hubung yang sering terjadi akan dapat ditemukan.

Cara menentukan urutan fasa adalah sebagai berikut : Masing-masing fasa R, S dan T membangkitkan tegangan sinus dengan frekuensi 50 Hz. Kalau diukur terhadap saluran nol, harga efektif tegangan adalah 220 V. Tetapi antara dua fasa ada tegangan 380 V efektif, disebabkan karena tegangan-tegangan fasa saling tergeser  $120^{\circ}$  satu terhadap yang lain.

Untuk mendeteksi urutan fasa maka disadaplah denyut-denyut dari tegangan fasa dengan sarana jaringan diferensial yang terdiri atas C4...C6, D12, D14, D16 dan R7...R9. Denyut-denyut itu juga tergeser  $120^{\circ}$  satu terhadap yang lain. Rangkaian akan menentukan urutan fasa dari urutan denyut yang masuk, dilakukan dengan sarana flip-flop FF1 dan FF2 dan gerbang N3 dan N4. Denyut yang berasal dari fasa -R dipakai sebagai acuan. Kalau langsung setelah denyut R menyusul denyut S maka fasa-fasa terhubung menurut urutan R-S-T. Tetapi kalau denyut R disusul denyut T, maka urutan hubungan adalah T-S-R.

## Hasil Penelitian



Gambar 2. Ketiga fasa R, S dan T jaringan arus putar dapat dihubungkan dengan enam macam cara; tiga diantaranya berpadanan dengan urutan R-S-T dan tiga lainnya dengan urutan T-S-R.

Gambar 2 melukiskan semua kemungkinan urutan denyut sebagai fungsi waktu. Ternyata bahwa ada tiga urutan hubungan yang berpadanan dengan urutan T-S-R dan tiga lain berpadanan dengan urutan T-S-R. Manakah fasa R, mana fasa S atau T, alat ukur tidak dapat menyatakan (itu adalah soal perjanjian); hanya urutannya yang dapat ditentukan. Sudah dikatakan bahwa FF1 dan FF2 menentukan urutan. Karena jalan masuk data (pena 9) di flip-flop FF1 berada di taraf 1 logika maka jalan keluar Q akan di bawa ke taraf 1 logika oleh denyut R (titik 1 di Gambar 1). Oleh adanya taraf 1 ini gerbang NAND N3 bereaksi atas denyut S (titik 2). Denyut ini dikenakan kepada FF2 lewat N4; jalan keluar Q-nya menjadi taraf 1. Setelah denyut S menyusullah denyut T yang mereset kedua-dua gulung-guling (jalan keluar Q menjadi 0 logika), Proses ini berulang-ulang dengan frekuensi 50 Hz. Kondensator C7 berfungsi sebagai ingatan logika dan menjaga agar di titik B tetap terdapat taraf 1 logika. Kalau fasa-fasa dihubungkan dengan

urutan terbalik, maka denyut S didahului oleh denyut T (Gambar 2). FF1 pun direset, sebelum ada denyut clock diluluskan ke FF2 lewat N3 dan N4. Karena itu jalan keluar Q di FF2 tetap berada di taraf 0 logika; begitu pula titik B. Jadi taraf logika di titik B meneguhkan hal urutan fasa "1" = R-S-T dan "0" = T-S-R. Untuk bacaan, satu LED sudahlah cukup.

Cahaya berjalan yang ditampilkan oleh D22, D23 dan D24, yang disusun membentuk segitiga, apabila fasa dihubungkan ke alat ukur menurut urutan R-S-T maka cahaya akan berputar ke kanan, sedangkan apabila cahaya berjalan kekiri berarti bahwa urutan fasa adalah T-S-R.

Pembangkit lonceng untuk cahaya jalan dibangun berintikan pintu N1 yang memberikan denyut-denyut kepada pencacah membuat LED menyala bergantian. Arah putar cahaya ditukar-tukar oleh gerbang N5...N8, yang bergantung pada taraf yang ada pada titik A dan B.

Tiga LED yang berlainan warna menyatakan semua fasa terkoneksi. Tiga LED lain disusun membentuk segitiga dengan cahaya berjalan, arah jalan menyatakan urutan jalannya tegangan fasa.

## **Kesimpulan**

Dari hasil Desain Rangkaian Alat Ukur Urutan Fasa dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ada tiga urutan hubungan fasa yang berpadanan dengan urutan fasa T-S-R dan tiga urutan berpadanan dengan urutan fasa T-S-R.
2. Desain Alat ukur urutan fasa tidak dapat menentukan kaki R, S atau T tetapi bisa menentukan urutan fasa R, S, T dan T, S, R karena penamaan kaki R, S

dan T adalah soal penetapan penamaan pada saat pemasangan instalasi.

3. Desain Alat ukur urutan fasa bisa mendeteksi ketidakadaan salah satu tegangan fasa.
4. Tiga buah LED yang berlainan warna menyatakan semua fasa terkoneksi, sedangkan tiga buah LED lain yang tersusun membentuk segitiga dengan cahaya berjalan. Arah cahaya berjalan dapat menyatakan urutan jalannya tegangan fasa.

### **Daftar Pustaka**

<http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/01/sistem-3-fasa.html>,

General Electric, 1984, *SCR Manual*, Sixth Edition, Auburn, New York.

Kilian, T., 1996, *Modern Control Technology*, West Publishing Co., New York.

Koestoer A.R., 2005, *Pengukuran Teknik*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.

Malvino, A.P., 1984, *Electronic Principles*, Edisi ke 3 (terjemahan), McGraw-Hill, Inc, California.

Nachbar G.H., 1985, *Het Elektronica-Bouwboek*, Uitgevertsmaatschappij Elektuur B.V., Netherlands.

Rusdianto, E., 2006, *Penerapan Konsep Dasar Listrik Dan Elektronika*, Kanisius, Yogyakarta.

Wasito S., 2001, *Vademekum Elektronika*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

### **Riwayat Penulis**

Hendra Firdaus, S.T., M.Eng., lahir di Bandung, 5 April 1970. adalah Dosen Tetap Yayasan Pendidikan Galuh (YPG) pada Fakultas Teknik Universitas Galuh (UNIGAL) Ciamis.