

DESAIN DAN SIMULASI MONITORING DAYA SISTEM TIGA FASA MENGUNAKAN MATLAB SIMULINK

Rifdian Indrianto Sudjoko¹

¹Program Studi Teknik Listrik Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Surabaya
Email : rifdian.anto@gmail.com

ABSTRAK

Aplikasi sistem tiga fasa dalam kelistrikan sudah luas digunakan dalam dunia penerbangan dan industri. Monitoring dari sistem tiga fasa ini diperlukan untuk mengetahui kualitas daya dari sistem. Besaran yang dimonitoring adalah tegangan kerja, nilai arus, nilai daya dan faktor daya, serta konsumsi energi dari sistem.

Monitoring sistem tiga fasa pada penelitian ini ditentukan melalui pemodelan menggunakan software Matlab/Simulink. Pengukuran dari nilai tegangan dan arus sangat menentukan keakuratan dari monitoring sistem tiga fasa yang digunakan. Beban yang digunakan pada penelitian ini adalah beban tidak seimbang yang terdiri dari beban resistif, beban kapasitif dan beban induktif. Penggunaan beban ini untuk menjamin keandalan pada sistem monitoring sehingga dapat menghasilkan nilai pengukuran yang akurat.

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa monitoring daya pada sistem tiga fasa menunjukkan nilai yang akurat dengan hasil respon sistem yang cepat untuk penunjukan nilai besaran yang diukur.

Kata kunci : Sistem Tiga Fasa, Kualitas Daya, Monitoring Daya, Matlab, Simulink

PENDAHULUAN

Energi listrik sangat berperan penting dalam memajukan perekonomian masyarakat, banyak peralatan yang membutuhkan energi listrik untuk mengoperasikannya, baik dalam skala rumah tangga maupun skala industri. Berdasarkan hal tersebut, perlu dibuat sebuah sistem monitoring besaran listrik yang meliputi tegangan, arus, faktor daya, dan daya listrik yang dapat digunakan sebagai bahan analisa. Desain dan simulasi monitoring besaran listrik sangat diperlukan untuk menyusun prototype alat yang sebenarnya. Saat ini monitoring besaran listrik banyak dilakukan dengan cara memasang alat-alat ukur listrik pada panel listrik sebelum masuk ke beban, alat tersebut antara lain adalah sensor arus, sensor tegangan, cos phi meter dan peralatan lain yang diperlukan untuk monitoring daya pada sistem tiga fasa.

Besaran Listrik

Pada dunia kelistrikan, dikenal beberapa besaran listrik yang penting untuk diketahui, diantaranya adalah arus, tegangan dan daya. Arus listrik adalah banyaknya muatan yang mengalir pada sebuah penghantar dalam waktu satu detik (*coulombs per second*) yang diukur dalam satuan ampere (A). Arus listrik dapat dirumuskan dengan persamaan berikut : [1]

$$I = Q \cdot t \quad (1)$$

Dimana :
I = Arus listrik ampere (A)
Q = Muatan listrik coulomb (C)
t = Waktu dalam satuan detik (s)

Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Pada jaringan listrik AC dengan bentuk gelombang sinusoidal dikenal beberapa jenis bentuk daya, diantaranya adalah, daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Perkalian tegangan (V) dengan arus (I) dalam kedua besaran ini dalam bentuk kompleks adalah $V \cdot I$ yang dinamakan daya atau semu dengan simbol S, dalam satuan Volt ampere (VA). Daya aktif atau daya nyata dirumuskan dengan $S \cos \theta$ atau $VI \cdot \cos \theta$ dengan simbol P, dalam satuan watt (W). Sedangkan daya reaktif atau daya khayal dirumuskan dengan $S \sin \theta$ atau $VI \cdot \sin \theta$ dengan simbol Q, dalam satuan Volt Ampere reaktif (VAR). Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu.[2]

Daya Aktif / Nyata (Active / Real Power)

Daya dengan satuan Joule/detik atau watt disebut sebagai daya aktif. Simbolnya adalah P. Daya aktif adalah daya sebenarnya yang dihamburkan atau dipakai oleh beban. Daya aktif dihitung dengan persamaan 1 : [2]

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Keterangan :

P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (I)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

Untuk system 3 fasa diperoleh rumusan sebagai berikut

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{Line} \cdot I_{Line} \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

Daya pada system 3 fasa memiliki nilai 3 kali daya pada sistem 1 fasa.[3]

Daya Reaktif (Reactive Power)

Daya reaktif Satuannya adalah VAR (Voltampere – reactive). Daya reaktif (Q) ini merupakan jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, daya reaktif juga dipahami sebagai daya yang tidak dihamburkan oleh beban atau dengan kata lain

merupakan daya yang diserap namun dikembalikan ke sumbernya. Daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan 4 : [2]

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

$\sin \varphi$ = Faktor Reaktif

Untuk system 3 fasa diperoleh rumusan sebagai berikut

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{Line} \cdot I_{Line} \cdot \sin \varphi \quad (5)$$

Daya pada system 3 fasa memiliki nilai 3 kali daya pada sistem 1 fasa.[3,4]

Daya Tampak / Semu (Apparent Power)

Daya tampak merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif yang disimbolkan dengan S. Dengan satuannya adalah VA (Voltampere).

Daya tampak dapat dihitung menggunakan persamaan 6:

$$S = V \cdot I \quad (6)$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

Untuk system 3 fasa diperoleh rumusan sebagai berikut

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{Line} \cdot I_{Line} \cdot \sin \varphi \quad (7)$$

Daya pada sistem 3 fasa memiliki nilai 3 kali daya pada sistem 1 fasa.[3,4]

Faktor Daya

Faktor daya atau yang biasanya disebut $\cos \theta$ adalah perbandingan antara daya aktif (Watt) dengan daya semu (VA). Sudut fasa θ muncul akibat adanya selisih fasa antara fasa tegangan dan fasa arus, jika rangkaian bersifat induktif maka fasa arus akan tertinggal dari fasa tegangan, jika rangkaian bersifat kapasitif maka fasa arus akan mendahului fasa tegangan, sedangkan jika rangkaian bersifat resistif maka arus akan sefasa dengan tegangan sehingga sudut fasa $\theta = 0$. Kemudian setelah nilai tegangan, arus dan daya diketahui maka faktor daya power factor ($\cos \theta$) dapat dihitung menggunakan persamaan 2 dan 4.

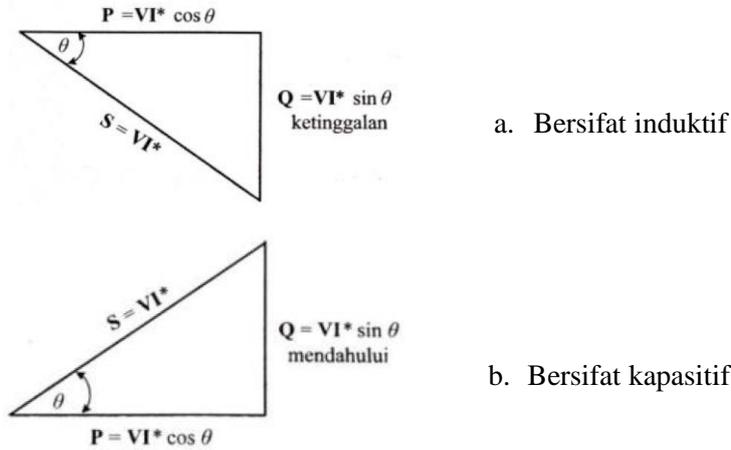
$$Pf = \cos \varphi = P/S \quad (8)$$

$$P = VI = S$$

$$Pf = \cos \varphi = P/S = 1$$

Dengan adanya sudut fasa θ maka akan muncul sebuah besaran yang disebut Faktor daya atau power factor (pf) yang merupakan nilai cosinus dari besar sudut fasa θ . Faktor daya (p.f) sering digunakan sebagai indikator baik atau buruknya pasokan daya pada sebuah sistem. Nilai power factor tidak akan lebih besar dari satu (1), jika nilai power factor semakin mendekati 1 maka akan semakin baik bagi sistem. Hubungan antara ketiga

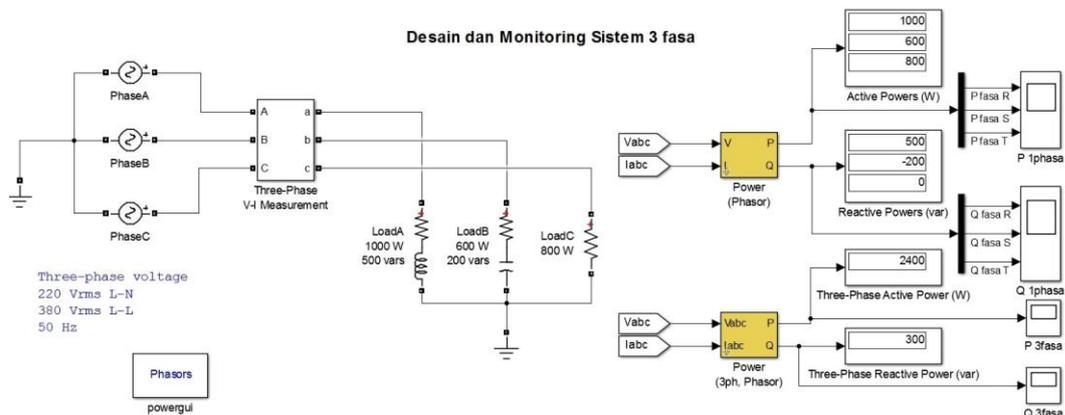
jenis daya diatas dapat dijelaskan dengan sketsa segitiga daya seperti ditunjukkan pada gambar 1 dibawah.[3,4]



Gambar 1 . Representasi segitiga daya

METODE

Konsep sistem monitoring menggunakan software Matlab memungkinkan pengguna untuk menghubungkan, mengontrol, mengolah dan memantau sistem secara langsung melalui pemodelan sistem. Pemantauan harus memberikan informasi yang diperlukan oleh pengguna, informasi harus kompak dengan konsep SMART (Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time-bound) spesifik, terukur, dan akurat. Rancangan dari sistem ini dapat ditunjukkan melalui pemodelan sistem dengan Matlab Simulink seperti gambar di bawah.



Gambar 2. Desain dan Rancangan Monitoring Sistem 3 fasa Menggunakan Matlab Simulink

Komponen Monitoring Sistem 3 Fasa

Pemodelan pada monitoring sistem 3 fasa menggunakan Matlab Simulink menggunakan beberapa komponen untuk mendukung sistem tersebut. Komponen tersebut antara lain:

a. AC Voltage Source

Sumber Ac tiga fasa yang digunakan menggunakan parameter sebagai berikut :

- Tegangan Line : 380 Vrms
- Tegangan fasa : 220 Vrms
- Frekuensi : 50 Hz

b. Three phase V-I Measurement Block

Blok ini digunakan untuk melakukan pengukuran pada sistem 3 fasa yang meliputi :

- Pengukuran nilai tegangan line dan tegangan fasa
- Pengukuran nilai arus line dan arus fasa

c. Series RLC Load Block

Blok ini bertujuan untuk memberikan beban pada sistem tiga fasa yang meliputi

- Beban Induktif
- Beban Kapasitif
- Beban Resistif

Ketiga beban ini diaplikasikan pada sistem untuk memberikan respon pada pengukuran daya sehingga dapat diketahui keakuratan dari pemodelan sistem yang digunakan.

d. Power (phasor) Block

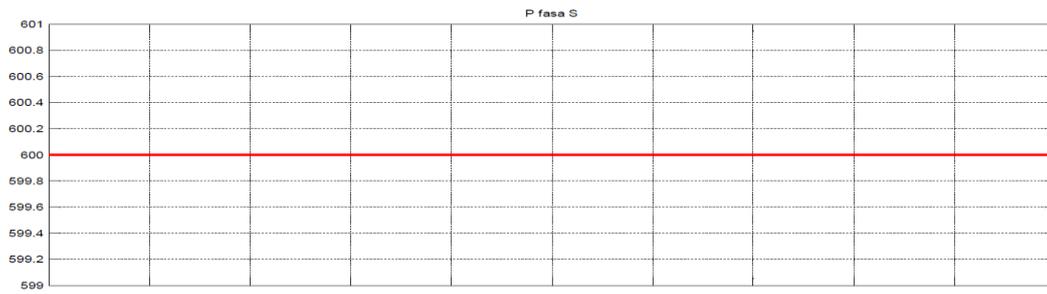
Blok ini digunakan untuk pengukuran daya aktif dan daya reaktif dari sistem, sehingga diperoleh pengukuran yang akurat dari berbagai beban yang ada.

Analisa Hasil

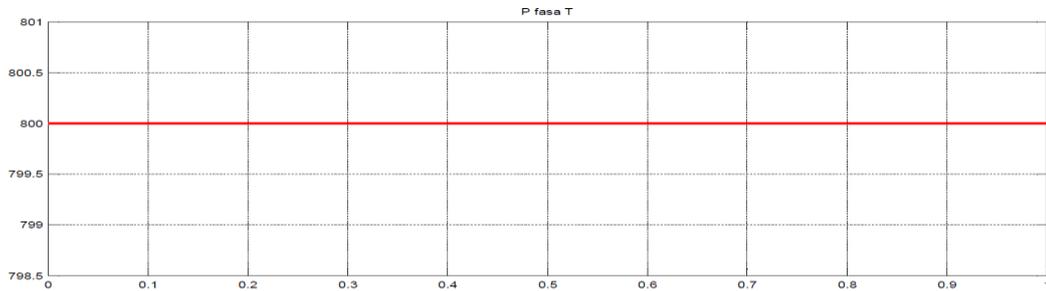
Simulasi pada penelitian ini dilakukan dengan cara memvariasikan nilai beban yang ada. Beban yang digunakan adalah beban resistif, beban induktif dan beban kapasitif.

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh daya aktif satu fasa untuk fasa R, S dan T adalah seperti gambar 3 dibawah.

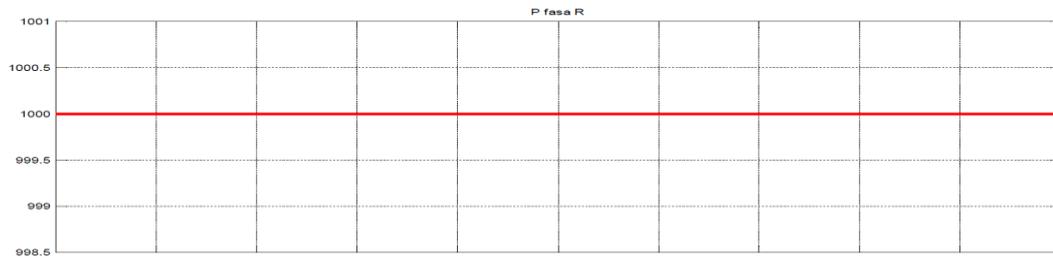
a. Daya aktif pada fasa R



b. Daya aktif pada fasa S



c. Daya aktif pada fasa T



Gambar 3. Pengukuran daya aktif pada setiap fasa

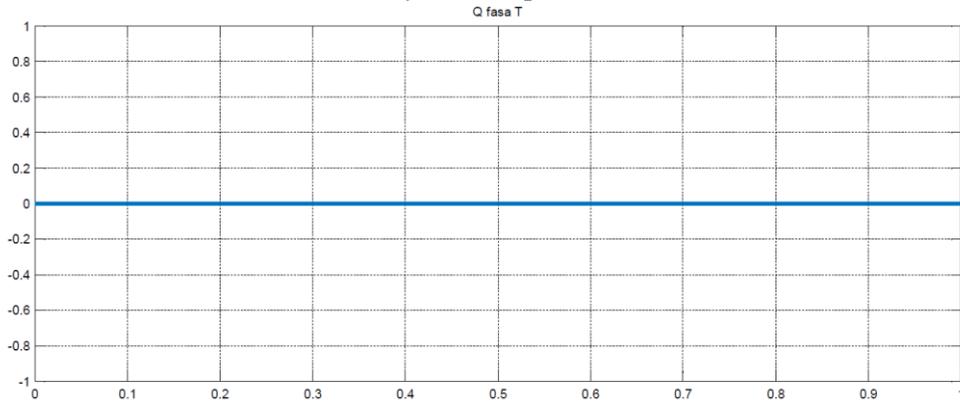
Berdasarkan hasil simulasi untuk pengukuran daya aktif untuk setiap fasa, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Untuk fasa R diperoleh $P = 1000W$
- Untuk fasa S diperoleh $P = 600 W$
- Untuk fasa T diperoleh $P = 800 W$

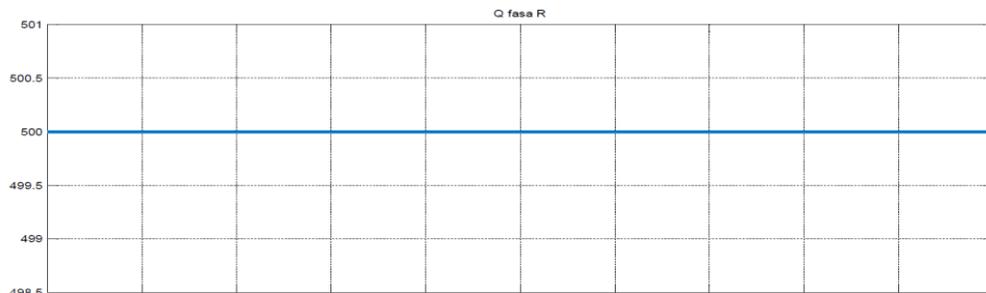
Nilai daya ini sesuai dengan beban yang terhubung pada RLC load pada sistem.

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh daya reaktif satu fasa untuk fasa R, S dan T adalah seperti gambar 4 dibawah.

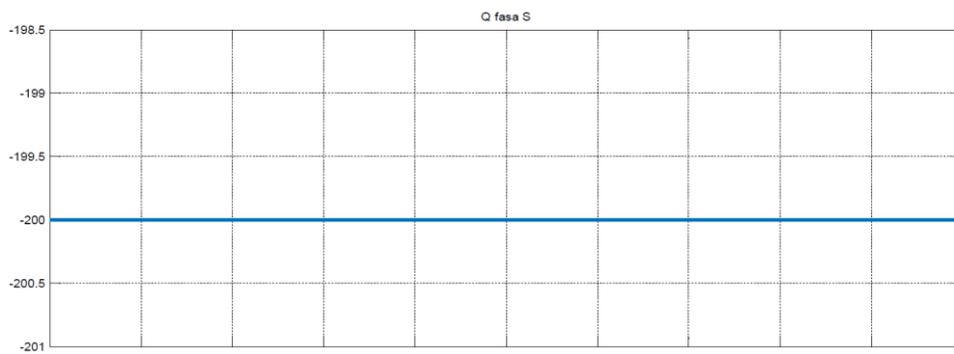
a. Daya reaktif pada fasa R



b. Daya reaktif pada fasa S



c. Daya reaktif pada fasa T



Gambar 4. Pengukuran daya reaktif pada setiap fasa

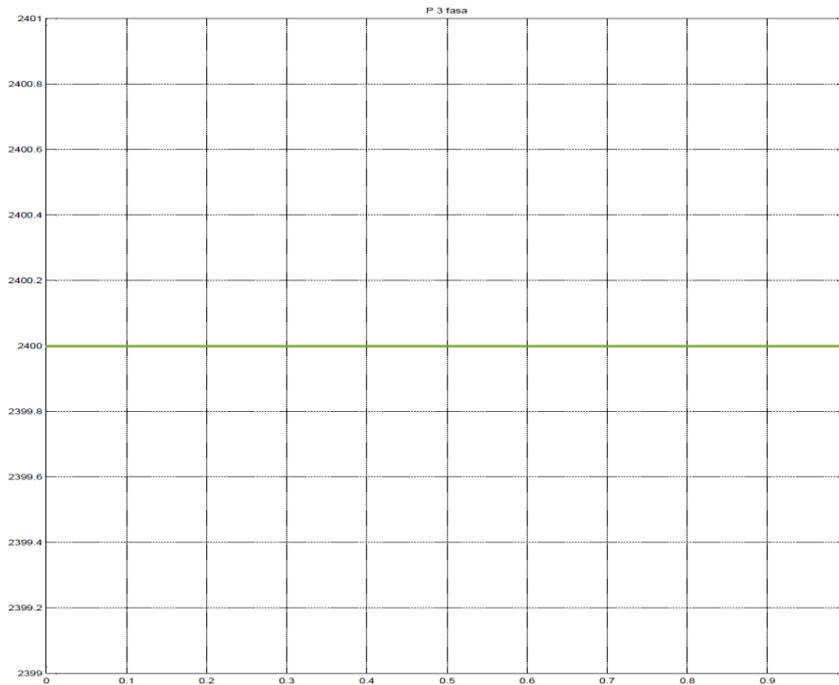
Berdasarkan hasil simulasi untuk pengukuran daya reaktif untuk setiap fasa, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Untuk fasa R diperoleh $Q = 500 \text{ Var}$
- Untuk fasa S diperoleh $Q = -200 \text{ Var}$
- Untuk fasa T diperoleh $Q = 0 \text{ Var}$

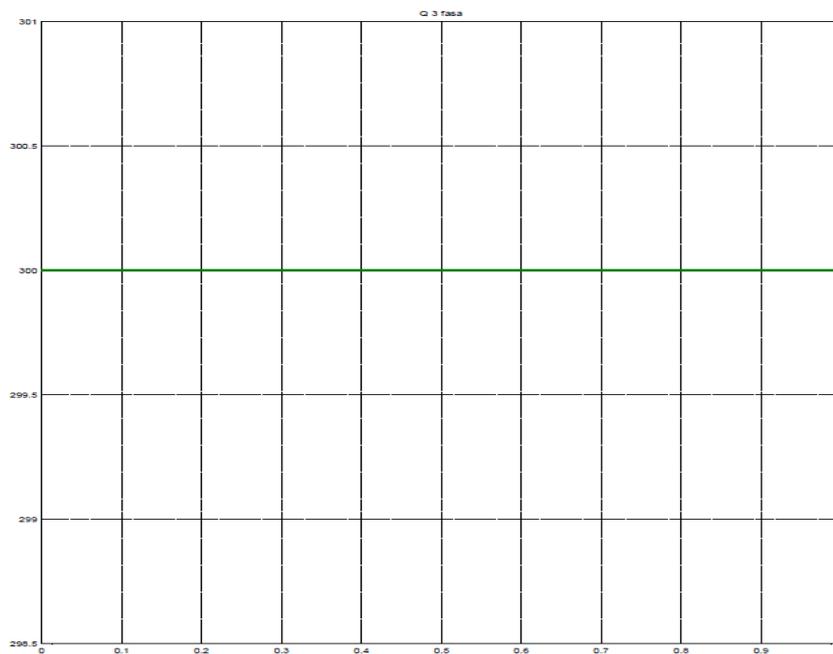
Nilai daya ini sesuai dengan beban yang terhubung pada RLC load pada sistem.

Berdasarkan hasil simulasi untuk pengukuran daya aktif dan reaktif untuk tiga fasa ditunjukkan pada gambar 5 berikut :

a. Daya aktif 3 fasa



b. Daya reaktif 3 fasa



Gambar 5. Pengukuran daya aktif reaktif pada sistem 3 fasa

Berdasarkan hasil simulasi untuk pengukuran daya aktif dan reaktif untuk 3 fasa, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Untuk daya aktif diperoleh $P = 2400 \text{ W}$
- Untuk daya reaktif diperoleh $Q = 300 \text{ Var}$

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa data dari simulasi Matlab, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut

1. Desain dan Rancangan rangkaian telah disusun dapat memonitor besaran daya pada sistem tiga fasa sesuai dengan nilai daya yang terpasang pada sistem.
2. Desain dan Rancangan rangkaian telah disusun telah dapat diaplikasikan pada berbagai kondisi beban yaitu beban resistif, induktif dan kapasitif.
3. Desain dan Rancangan rangkaian telah disusun telah dapat diaplikasikan pada pengukuran tiga macam daya, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Pengukuran yang dihasilkan menunjukkan hasil yang akurat untuk setiap jenis daya listrik yang diukur.

DAFTAR PUSTAKA

Yusuf Y Permadi, Dikpride Despa, M. Komarudin, “*Sistem Online Monitoring Besaran Listrik 3 Fasa Berbasis Single Board Computer BCM 8235*” (Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2002)

Ivan Safril Hudan, Tri Rijianto , “*Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Kamar Kos Berbasis Internet of Thing (IoT)*” (Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jurnal Volume 8, No.1 Tahun 2019)

B.L Theraja, A.K. Theraja, “*A Text Book of Electrical Technology Volume I*”, S.Chand Publisihing, 2011.

Franky., “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Tiga Fasa Terhadap Hasil Pengukuran”, Skripsi Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia (Juni 2008)