

# **Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik (Studi Kasus Di Gardu Induk 150 kV Bantul)**

(Reliability Analysis of Electric power Distribution System)  
(Case Study at 150 kV Powerhouse Substation)

MUKHSIN YAZID

Reliability is the level of performance success of a system or part of the system, to be able to provide better results over a certain period of time and under certain operating conditions. To be able to determine the level of reliability of a system, can be done by performing calculations and analysis of the success rate or operation of the system under review, at a certain period and then compare it with predefined standards. There are several parameters that can be used to determine the reliability level of the power distribution system by calculating the average number of system interruptions during the year or SAIFI, the average duration of system disturbance index for one year or SAIDI (System Average Drop Duration Index) and CAIDI (Customer Disruption Duration Length Index). Based on the calculation and the analysis that has been done, it can be seen that the reliability value of Biru Substation 150 kV Bantul in the year 2015-2017 can be said not reliable for the value of SAIDI and its CAIDI in accordance with the standard SPLN No. 68-2: 1986 and IEEE Std 1366-2003. While the value of SAIFI on the 150 kV Substation of Bantul is only 2017 which can be said reliably according to SPLN. 68-2: 1986, Whereas according to IEEE std 1366-2003 standard can be said not reliable. The highest frequency and duration of shutdown occurred in 2016 with SAIFI value of 6.66 times / interruption / year, SAIDI value 93.98 hours / customer / year and CAIDI value 11.28 hours / year.

**Keywords:** Reliability, interruption, SAIFI, SAIDI, CAIDI

## PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik sangat diperlukan untuk melakukan berbagai macam aktivitas, mulai dari aktivitas perumahan, perkantoran bahkan perindustrian. Akibat dari meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat, kebutuhan akan energi listrik dari tahun ke tahun akan terus meningkat. Oleh sebab itu, peningkatan permintaan energi listrik tersebut harus diimbangi dengan peningkatan kualitas pembangkit energi listrik

dan infrastruktur yang ada, sehingga penyaluran energi listrik ke konsumen dapat berjalan dengan lancar dengan kualitas penyaluran energi listrik yang memenuhi standar.

## TUJUAN PENELITIAN

1. Menghitung nilai indeks keandalan SAIFI, SAIDI dan CAIDI pada Gardu Induk 150 kV Bantul dihitung dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017.
2. Membandingkan hasil perhitungan indeks keandalan

SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan standar indeks keandalan SPLN 68-2: 1986 dan standar IEEE std 1366-2003.

3. Mengetahui apakah suatu sistem distribusi tenaga listrik di Gardu Induk 150 kV Bantulsudah Memenuhitingkat keandalannya berdasarkan perbandingan hasil perhitungan indeks keandalan SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan standar yang berlaku.

## LANDASAN TEORI

### 1. Keandalan Sistem Distribusi

Sistem distribusi tentunya mempunyai nilai keandalan tertentu dan dapat diperoleh dengan menghitung indeks kandalannya. Tingkatan keandalan suatu sistem dapat ditentukan dengan menghitung SAIFI dan SAIDI. Menurut IEEE std 1366-2000, SAIFI adalah menyatakan karakteristik banyak gangguan, sedangkan SAIDI menyatakan karakteristik lama gangguan yang diukur selama periode tertentu (per tahun) (Pulungan, 2012).

### 2. Upaya Perbaikan Keandalan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Menurut Fatoni (2016), pada umumnya ada dua cara untuk memperbaiki keandalan suatu sistem tenaga listrik, cara pertama adalah mengurangi frekuensi terjadinya gangguan yakni dengan cara melakukan penambahan *fuse* yang secara langsung dapat mengurangi lamda per-*load point*, dan kedua adalah mengurangi durasi gangguan dengan cara melakukan penambahan *sectionalizer* sehingga mengurangi

durasi akibat perubahan repair time menjadi waktu *switching time* pada *load point* yang terlokalisir.

### 2. SAIFI (System Average Interruption Index)

Menurut Nashirul Haq (2016), SAIFI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indeks ini gambaran mengenai frekuensi kegagalan rata-rata yang terjadi pada bagian-bagian dari sistem bila dievaluasi sehingga dapat dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya. Satuannya adalah pemadaman per pelanggan.

### 3. SAIDI (System Average Duration Index)

Menurut Nashirul Haq (2016), SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indeks ini, gambaran mengenai lama pemadaman rata-rata yang diakibatkan oleh gangguan pada bagian-bagian dari sistem dapat dievaluasi. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

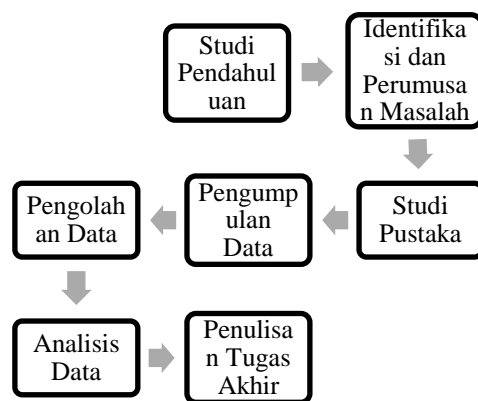
Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks telah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan jaringan sistem distribusi.

### 4. CAIDI (Customer Average Duration Index)

Besarnya nilai CAIDI ini dapat digambarkan sebagai besar durasi pemadaman ( $r$ ) sistem

distribusi keseluruhan ditinjau dari sisi pelanggan. Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks telah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan jaringan sistem distribusi.

#### METODE PENELITIAN



**Gambar 1.** Block diagram penelitian tugas akhir

Untuk memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai *flowchart* penelitian di atas, maka di bawah ini dijelaskan langkah-langkah penelitian tugas akhir sebagai berikut:

##### 1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan tahap awal dalam metodologi penelitian. Pada tahap ini dilakukan studi dan pengamatan di lapangan secara langsung untuk mengumpulkan data di Gardu Induk 150 kV Bantul.

##### 2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah dilakukan studi pendahuluan melalui observasi di lapangan, maka

permasalahan yang terdapat pada area sistem distribusi listrik Gardu Induk 150 kV Bantul dapat diidentifikasi. Sehingga penyebab dari permasalahan dapat diketahui. Dalam proses penelusuran akar penyebab permasalahan, dilakukan melalui pengumpulan data mengenai sistem distribusi tenaga listrik.

Dalam tugas akhir ini, permasalahan yang diangkat menjadi topik adalah Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik khususnya pada seluruh penyulang (*feeder*) di Gardu Induk 150 kV Bantul.

##### 3. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan guna mendapatkan referensi-referensi yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir untuk mencari informasi-informasi tentang teori SAIDI, SAIFI dan CAIDI, sistem tenaga listrik, sistem transmisi tenaga listrik, sistem distribusi tenaga listrik, komponen gardu induk, klasifikasi gardu induk, keandalan sistem distribusi tenaga listrik, standar nilai indeks keandalan, metode dan konsep yang relevan dengan permasalahan. Sehingga dengan informasi-informasi tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian permasalahan.

##### 4. Pengumpulan Data

Proses pengambilan data dilakukan secara

langsung di Gardu Induk 150 kV Bantul. Tujuan dari pengambilan data tersebut adalah untuk memperoleh data-data yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir yang kemudian akan dianalisis apakah suatu sistem distribusi listrik di masing-masing penyulang (*feeder*) yang terdapat di Gardu Induk 150 kV Bantul handal atau tidak berdasarkan standar yang digunakan. Pada tahap ini, peneliti membutuhkan 2 (dua) macam data untuk penelitian tugas akhir.

Data tersebut yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil studi pustaka dan observasi langsung terhadap objek penelitian. Metode yang digunakan untuk memperoleh data primer adalah melalui proses wawancara (*interview*) secara langsung dengan pihak yang terkait di lapangan. Berikut data primer yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir:

- 1) Jumlah dan kapasitas trafo daya yang terdapat pada Gardu Induk 150 kV Bantul.
- 2) Jumlah penyulang (*feeder*) yang terdapat pada Gardu Induk 150 kV Bantul.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data penunjang data primer, sehingga data

primer dapat melengkapi data primer yang ada. Sama halnya dengan data primer, data sekunder juga diperoleh melalui proses wawancara (*interview*) kepada pihak terkait. Selain itu, peneliti juga meminta hasil rekapan data yang sudah dilakukan oleh pihak PLN. Berikut data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir:

- 1) Jumlah pelanggan yang disuplai oleh Gardu Induk 150 kV Bantul.
- 2) Data seluruh penyulang (*feeder*) pada Gardu Induk 150 kV Bantul meliputi:
  - a) Data jumlah pelanggan seluruh penyulang
  - b) Panjang seluruh penyulang (*feeder*)
  - c) *Single line diagram* Seluruh penyulang
  - d) Daya beban seluruh penyulang
  - e) Jumlah trafo seluruh penyulang
- 3) Data gangguan penyulang selama 3 (lima) tahun terakhir, meliputi:
  - a) Penyulang yang mengalami gangguan
  - b) Lama padam
  - c) Masuk kembali

5. Pengolahan Data

Setelah semua data yang diperlukan telah

terkumpul, kemudian dilakukan pengolahan data. Data yang akan diolah adalah data yang telah dipilih sesuai dengan kebutuhan penelitian. Pada pengolahan data dilakukan pengelompokan data seperti: jumlah pelanggan seluruh penyulang, frekuensi gangguan seluruh penyulang, trip pada seluruh penyulang berdasarkan durasi waktu, pelanggan yang mengalami gangguan trip di masing-masing penyulang dan sumber penyebab gangguan. Kemudian data dari durasi padam dapat dihitung untuk mendapatkan hasil dari nilai SAIDI dan data frekuensi yang telah dikumpulkan dapat dihitung untuk mendapatkan hasil dari nilai SAIFI. Kemudian dilakukan perhitungan nilai CAIDI berdasarkan pembagian dari nilai SAIDI dan SAIFI.

#### 6. Analisis Data

Data yang diperoleh berdasarkan pengumpulan data di Gardu Induk 150 kV Bantul kemudian dianalisis berdasarkan teknik analisis deskriptif persentase. Teknik deskriptif presentase ini digunakan untuk memberikan deskriptif atau pembahasan mengenai hasil penelitian yang masih bersifat data kuantitatif sehingga diperoleh gambaran data kualitatif dari hasil penelitian. Data kualitatif tersebut adalah data nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI pada seluruh

penyulang di Gardu Induk 150 kV Bantul. Kemudian data tersebut akan dibandingkan dengan beberapa standar baik standar SPLN No. 68-2 1986 maupun standar internasional IEEE std 1366-2000, sehingga dapat diperoleh data yang memenuhi standar keandalan ataupun tidak memenuhi standar.

#### 7. Penulisan Tugas Akhir

Setelah selesai melakukan pengolahan dan analisis data, maka selanjutnya adalah menyusun tugas akhir sesuai dengan peraturan yang baku.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3. Analisis Nilai Keandalan SAIFI

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan yakni pada tabel 4.47 sampai dengan tabel 4.52 yang menjelaskan data keandalan SAIFI Gardu Induk 150 kV Bantul pada tahun 2015-2017 dapat diketahui bahwa pada tahun 2015 dan 2016 dapat dikatakan tidak handal sedangkan pada tahun 2017 dapat dikatakan handal menurut standar SPLN No. 68-2: 1986 yaitu sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun.

Pada tahun 2015 total frekuensi pemadaman di Gardu Induk 150 kV Bantul adalah sebesar 5,21 kali/pelanggan/tahun. Kemudian total frekuensi pemadaman pada tahun 2016 adalah sebesar 6,66 kali/pelanggan/tahun. Sehingga pada tahun 2015 dan 2016 dapat dikatakan tidak handal karena nilai keandalan SAIFI pada tahun tersebut melebihi standar SPLN No. 68-2: 1986 yakni sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun

dengan rata-rata 8 kali/pelanggan/tahun.

Sedangkan pada tahun 2017 total frekuensi pemadaman di Gardu Induk 150 kV Bantul adalah sebesar 2,32 kali/pelanggan/tahun dan dapat dikatakan handal karena nilai keandalan SAIFI tidak melebihi standar SPLN No. 68-2: 1986 yaitu sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun.

Berdasarkan standar IEEE std 1366-2003 yakni sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun pada Gardu Induk 150 kV tahun 2015-2017 dikatakan tidak handal karena nilai keandalan SAIFI Gardu Induk 150 kV Bantul melebihi standar IEEE std 1366-2003 yaitu sebesar 5,21 kali/pelanggan/tahun pada tahun 2015, 6,66 kali/pelanggan/tahun pada tahun 2016 dan 2,32 kali/pelanggan/tahun pada tahun 2017.

Akan tetapi, jika menghitung dari masing-masing penyulang yang terdapat pada Gardu Induk 150 kV Bantul dari 18 buah penyulang yang beroperasi pada tahun 2015-2017 keseluruhan dari penyulang tersebut dapat dikatakan handal untuk semua penyulangnya yakni di bawah 3,2 kali/pelanggan/tahun untuk standar SPLN No. 68-2: 1986 dan di bawah 1,45 kali/pelanggan/tahun untuk standar IEEE std 1366-2003.

#### 4. Analisis Nilai Keandalan SAIDI

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan yakni pada tabel 4.53 sampai dengan tabel 4.56 yang menjelaskan data keandalan SAIDI Gardu Induk 150 kV Bantul pada tahun 2015-2017 dapat diketahui bahwa pada tahun 2015-2017 dapat dikatakan handal menurut standar SPLN No. 68-2:

1986 yaitu sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun.

Pada tahun 2015 total durasi pemadaman di Gardu Induk 150 kV Bantul adalah sebesar 3,86 jam/pelanggan/tahun. Kemudian total durasi pemadaman pada tahun 2016 adalah sebesar 6,47 jam/pelanggan/tahun. Sedangkan pada tahun 2017 total durasi pemadaman di Gardu Induk 150 kV Bantul adalah sebesar 1,44 jam/pelanggan/tahun. Sehingga pada tahun 2015-2017 dapat dikatakan handal karena nilai keandalan SAIDI pada tahun tersebut tidak melebihi standar SPLN No. 68-2: 1986 yakni sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun.

Berdasarkan standar IEEE std 1366-2003 yakni sebesar 2,30 jam/pelanggan/tahun pada Gardu Induk 150 kV Bantul tahun 2015-2016 dikatakan tidak handal karena nilai keandalan SAIDI Gardu Induk 150 kV Bantul melebihi standar IEEE std 1366-2003. Sedangkan untuk tahun 2017 dapat dikatakan handal, hal tersebut dikarenakan nilai keandalan SAIDI pada tahun tersebut tidak melebihi standar IEEE std 1366-2003 yakni sebesar 2,30 jam/pelanggan/tahun.

Akan tetapi, jika menghitung dari masing-masing penyulang yang terdapat pada Gardu Induk 150 kV Bantul dari 18 buah penyulang yang beroperasi pada tahun 2015-2017 keseluruhan dari penyulang tersebut dapat dikatakan handal untuk semua penyulangnya yakni di bawah 21,09 jam/pelanggan/tahun untuk standar SPLN No. 68-2: 1986 dan di bawah 2,30 jam/pelanggan/tahun untuk standar IEEE std 1366-2003.

5. Analisis Nilai Keandalan CAIDI Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan yakni pada tabel 4.57 sampai dengan tabel 4.62 yang menjelaskan data keandalan CAIDI Gardu Induk 150 kV Bantul pada tahun 2015-2017 dapat diketahui bahwa pada tahun 2015-2017 dapat dikatakan tidak handal menurut standar IEEE std 1366-2003 yaitu sebesar 1,47 jam/tahun.

Pada tahun 2015 total durasi pemadaman pada pelanggan di Gardu Induk 150 kV Bantul adalah sebesar 10,28 jam/tahun. Kemudian total durasi pemadaman pada pelanggan tahun 2016 adalah sebesar 14,2 jam/tahun. Sedangkan pada tahun 2017 total durasi pemadaman pada pelanggan di Gardu Induk 150 kV Bantul adalah sebesar 11,28 jam/tahun. Sehingga pada tahun 2015-2017 dapat dikatakan tidak handal karena nilai keandalan CAIDI pada tahun tersebut melebihi standar IEEE std 1366-2003 yakni sebesar 1,47 jam/tahun.

Akan tetapi, jika menghitung dari masing-masing penyulang yang terdapat pada Gardu Induk 150 kV Bantul dari 18 buah penyulang yang beroperasi pada tahun 2015-2017 keseluruhan dari penyulang tersebut dapat dikatakan handal untuk semua penyulangnya yakni di bawah 1,47 jam/tahun menurut standar IEEE std 1366-2003. Namun dari total 18 buah penyulang yang beroperasi pada tahun 2016 terdapat satu buah penyulang yang melebihi standar IEEE std 1366-2003 dan dapat dikatakan tidak handal karena nilai keandalan CAIDI penyulang tersebut adalah sebesar 1,64 jam/tahun.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data yang berkaitan dengan keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada seluruh penyulang yang terdapat pada Gardu Induk 150 kV Bantul, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

a. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data nilai keandalan SAIFI, SAIDI dan CAIDI pada Gardu Induk 150 kV Bantul terhitung dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 hanya tahun 2017 yang memenuhi keandalan untuk nilai SAIFI nya, sedangkan tahun 2015 sampai dengan tahun 2016 tidak memenuhi keandalan dikarenakan melebihi standar SPLN No. 68-2: 1986. Selain itu, menurut standar IEEE std 1366-2003 dari keseluruhan data hasil perhitungan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 tidak ada yang memenuhi keandalan SAIFI dikarenakan melebihi standar yang berlaku yakni sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun.

b. Untuk nilai kandalan SAIDI pada Gardu Induk 150 kV Bantul, berdasarkan standar SPLN No. 68:2 1986 nilai keandalan SAIDI dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 tidak memenuhi keandalan karena melebihi standar SPLN No.68-2: 1986 yakni sebesar 1,09 jam/pelanggan/tahun. Sedangkan berdasarkan

- standar IEEE std 1366-2003 untuk nilai keandalan SAIDI dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017, yang memenuhi standar tersebut hanya tahun 2017 sedangkan tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 tidak memenuhi keandalan dikarenakan melebihi standar IEEE std 1366-2003 yakni sebesar 2,30 jam/pelanggan/tahun.
- c. Untuk nilai keandalan CAIDI pada Gardu Induk 150 kV Bantul, berdasarkan standar IEEE std 1366-2003 nilai keandalan CAIDI dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 tidak memenuhi keandalan dikarenakan melebihi standar IEEE std 1366-2003 yakni sebesar 1,47 jam/tahun.
  - d. Total frekuensi pemadaman pada Gardu Induk 150 kV terhitung selama kurun waktu 3 tahun terakhir adalah sebesar 215 kali yang terdiri dari tahun 2015 sebesar 78 kali, tahun 2016 sebesar 98 kali dan tahun 2017 sebesar 39 kali.
  - e. Total durasi lama pemadaman pada Gardu Induk 150 kV terhitung selama kurun waktu 3 tahun terakhir adalah sebesar 180,43 jam yang terdiri dari tahun 2015 sebanyak 57,96 jam, tahun 2016 sebanyak 93,98 jam dan tahun 2017 sebanyak 28,49 jam.
  - f. Total frekuensi pemadaman pada Gardu Induk 150 kV terhitung selama kurun waktu 3 tahun terakhir adalah sebesar 215 kali yang terdiri dari tahun 2015 sebesar 78 kali, tahun 2016 sebesar 98 kali dan tahun 2017 sebesar 39 kali.
  - g. Total durasi lama pemadaman pada Gardu Induk 150 kV terhitung selama kurun waktu 3 tahun terakhir adalah sebesar 180,43 jam yang terdiri dari tahun 2015 sebanyak 57,96 jam, tahun 2016 sebanyak 93,98 jam dan tahun 2017 sebanyak 28,49 jam.
  - h. Berdasarkan standar IEEE std 1366-2003 terhitung dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 terdapat satu penyulang yang dapat dikatakan tidak handal untuk nilai CAIDI nya yakni penyulang BNL 04 tahun 2016 dengan durasi pemadaman pada pelanggan sebesar 1,64 jam/tahun dan melebihi standar SPLN No. 68-2: 1986 yakni kurang dari 1,47 jam/tahun.
  - i. Frekuensi dan durasi pemadaman tertinggi terjadi pada tahun 2016 dengan nilai SAIFI sebesar 6,66 kali/gangguan/tahun, nilai SAIDI 93,98 jam/pelanggan/tahun dan nilai CAIDI 11,28 jam/tahun.



2. Saran
  1. Bagi seluruh penyulang yang memiliki nilai SAIFI, SAIDI dan CAIDI melebihi standar maksimal atau dikatakan tidak handal, perlu melakukan pemeliharaan, perawatan dan pengecekan secara rutin guna memperkecil masalah atau gangguan yang dihadapi.
  2. Dari kesimpulan di atas maka Gardu Induk 150 kV Bantul perlu melakukan perbaikan dan pengecekan pada jaringan, hal ini dikarenakan terdapat beberapa penyulang yang dianggap memiliki tingkat keandalan jaringan distribusi yang tidak memenuhi standar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Suripto, Slamet, 2014, *Buku Ajar Dasar Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Syahputra, Ramadoni, 2016, *Buku Ajar Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*, Yogyakarta: LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Suswanto, Daman, 2009, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Edisi Pertama, Juli 2009 Padang: Universitas Negeri Padang
- Saodah, Siti, 2008, *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI*, Yogyakarta: Institut Teknologi Nasional AKPRIND Yogyakarta
- Prabowo, Aditya Teguh, Bambang Winardi dan Susatyo Handoko, 2013, *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Pada Penyulang Pekalongan 8 dan 11*, Semarang: Universitas Diponegoro
- Nurdiana, Nita, 2017, *Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Gardu Induk Talang Ratu Palembang*, Palembang: Universitas PGRI Palembang
- Hartati, Rukmi Sari, I Wayan Sukerayasa, I Nyoman Setiawan dan Wayan Gede Ariastina, 2007, *Penentuan Angka Keluar Peralatan Untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Denpasar: Universitas Udayana
- Pulungan, Ali Basrah, Sukardi dan Dahlan Prinando Tambun, 2012, *Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Di Wilayah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang PT. PLN (Persero) Cabang Padang*, Padang: Universitas Negeri Padang

- Hutauruk, T.S, 1985, *Transmisi daya Listrik*, Jakarta: Erlangga
- William D. Stevenson, Jr, 1983, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta: Erlangga
- Marsudi, Djiteng, 2002, *Pembangkitan Energi Listrik*, Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga
- Zuhal, 1988, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Nashirul haq, M, 2016, *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di Gardu Induk Batang* (Skripsi), Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Eka Baskara, Handy, 2017, *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Pada Gardu Induk Gejayan* (Skripsi), Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Marsudi, Djiteng, 2016, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Edisi 3, Yogyakarta: Graha Ilmu