

**ANALISIS KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI RAYON KOTA PALU
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN INTEGRASI PEMBANGKIT
TERSEBAR ENERGI TERBARUKAN**

Muh Dwi Kurniah Lalisu

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

dwilalisu@gmail.com

INTISARI

Keandalan jaringan distribusi adalah faktor yang penting dalam kontinuitas pelayanan serta penyaluran tenaga listrik ke beban. Terdapat parameter-parameter yang digunakan untuk mengetahui baik buruknya kualitas penyaluran energi listrik yang berada pada jaringan distribusi, yaitu dengan menggunakan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*). Kemudian, terdapat standar yang digunakan untuk menjadi parameter pembandingan, yaitu, SPLN 68-2 1986, IEEE std 1366-2003, dan WCC (*World Class Company*) & WCS (*World Class Service*).

Pembangkit tersebar energi terbarukan (*Distributed Generation*) adalah pembangkit sisipan yang diletakan di dekat area beban, pembangkit tersebar terbarukan yang digunakan adalah *wind turbine* yang dipasang pada penyulang express 3, untuk membantu proses analisis serta perhitungan digunakan *software Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)*.

Berdasarkan perhitungan dan analisis didapatkan bahwa indeks keandalan Rayon Kota Palu dikatakan masih relatif belum handal, karena nilai indeks mayoritas penyulangnya tidak sesuai dengan standar, dan pembangkit tersebar terbarukan yang efektif digunakan ialah dengan laju angin maksimal 9,24 m/s

Kata Kunci: Keandalan, SAIFI, SAIDI, *wind turbine*, ETAP, *Distributed Generation*

ABSTRACT

Reliability network distribution is an important factor in continuity of service and distribution of electricity. There are parameters used to understand the quality of electricity distribution in which distributed by network distribution, the parameters are SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), and SAIDI (System Average Interruption Duration Index). Afterward, there are standards that used to become comparison parameter, the standards are SPLN 68-2 1986, IEEE std 1366-2003, dan WCC (World Class Company) & WCS (World Class Service).

Distributed generation is a generator implied that integrated to load area, distributed generation that will be integrated is wind turbine in which it will be installed on express 3 feeder, Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) used to help on the process of analysis and also calculation.

Based on calculation and analysis on reliability of Kota Palu district that has been obtained, the reliability relatively unreliable, because of the majority feeders' index reliability incompatible with the standard, and the effective velocity of wind used to generate power in distributed generation is 9,24 m/s.

Keywords: Reliability, SAIFI, SAIDI, Wind Turbine, ETAP, Distributed Generation

PENDAHULUAN

Energi listrik adalah energi yang sangat penting bagi manusia untuk zaman modern sekarang ini, karena energi listrik menjadi salah satu poros pergerakan ekonomi, industri dalam suatu daerah. Sejalan dengan kebutuhan energi listrik yang semakin tinggi, pula meningkatkan ketergantungan akan kualitas dan kuantitas energi listrik itu sendiri.

Berdasarkan hasil sensus penduduk pada tahun 2015, jumlah penduduk yang bertempat tinggal di Palu, Sulawesi Tengah sebanyak 368.086 jiwa. Melihat jumlah penduduk yang begitu besar maka perlu adanya kualitas pelayanan penyaluran energi listrik yang baik, di kota Palu sering terjadi adanya pemadaman dengan tingkat durasi dan frekuensi yang cukup tinggi, mengakibatkan kurang baiknya keandalan jaringan distribusi di kota Palu.

Keandalan penyaluran energi listrik adalah hal yang penting untuk selalu dijaga kualitasnya, karena hal itu berpengaruh dalam menentukan kualitas kinerja dalam sistem

tersebut. Indikator keandalan yang terdapat dalam sistem tenaga listrik dapat diketahui dengan kemampuan suplai tenaga untuk menyuplai energi listrik secara terus menerus selama setahun ke konsumen. Kualitas, kontinuitas, pelayanan energi listrik ke konsumen. Disamping itu ketidakandalan suatu sistem tenaga listrik akan berdampak pada penyediaan energi listrik, hal ini akan berdampak pada konsumen, serta penyedia layanan dalam hal ini Penyedia Listrik Negara (PLN). Indeks-indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem distribusi antara lain adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*).

Indonesia masuk ke dalam daftar negara dengan tingkat ketergantungan akan energi fosil yang cukup tinggi, seperti data yang dirilis oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) pada tahun 2014 dimana Indonesia mengkonsumsi sekitar 96% bahan bakar fosil diantaranya ialah minyak

bumi sebesar 48%, Gas 18%, dan batu bara sebesar 30%. Melihat persentase yang ada maka dapat diketahui bahwa Indonesia kekurangan sumber energi alternatif. Langkah antisipasi yang dapat dilakukan untuk menurunkan konsumsi bahan bakar fosil salah satunya ialah penggunaan *renewable energy*, selain itu upaya lainnya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kualitas suplai energi ke konsumen ialah dengan membangun dan menggunakan pembangkit skala kecil pada sistem distribusi, pembangkit skala kecil ini menggunakan *renewable energy* sebagai sumber energi pembangkitannya.

Pembangkitan tersebar terbarukan yang diintegrasikan langsung pada sistem jaringan distribusi dapat memperbaiki kualitas jaringan listrik seperti menambah kapasitas daya yang telah dibangkitkan oleh pembangkit konvensional, memperbaiki rating tegangan, menurunkan rugi-rugi daya (*losses*) Wilayah Palu memiliki potensi penggunaan energi

terbarukan seperti energi angin untuk perbaikan keandalan sistem distribusi dengan mengintegrasikan pembangkitan tersebar sepanjang Teluk Palu.

Berdasarkan data yang diterbitkan dalam Sulawesi Tengah Dalam Angka yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2010, laju angin dari tahun 2005 hingga 2010 tidak memiliki perubahan yang signifikan, dan juga dari data laju angin BMKG Kota Palu dari 2012 hingga 2017 tidak ada perubahan yang signifikan.

METODOLOGI

Studi Pendahuluan. Studi pendahuluan adalah tahap awal dalam metodologi penulisan. Pada tahap ini akan dilakukan studi mengenai situasi serta kondisi tempat pengambilan data dalam hal ini adalah tempat pengambilan data adalah PT. PLN (Persero) Area Palu.

Perumusan Masalah. Setelah dilakukan studi pendahuluan maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada PT. PLN (Persero) Area

Palu Kemudian penyebab dari permasalahan tersebut dapat ditindaklanjuti, dalam menindaklanjuti penyebab permasalahan akan dilakukan pengumpulam data mengenai distribusi tenaga listrik.

Studi Pustaka. Studi Pustaka dilakukan untuk mengetahui referensi-referensi yang berkaitan dengan penelitian untuk mencari informasi-informasi serta teori mengenai SAIFI, dan SAIDI, sistem distribusi tenaga listrik, sistem transmisi tenaga listrik, pembangkit tersebar terbarukan, potensi-potensi energi terbarukan dan standar keandalan jaringan distribusi 20 kV.

Pengambilan Data. Penelitian ini membutuhkan data-data demi menunjang penyelesaian tugas akhir ini, pengambilan data-data ini dapat dilakukan dengan cara mengamati langsung data yang dibutuhkan di PT. PLN (Persero) Area Palu, dan jurnal-jurnal ilmiah.

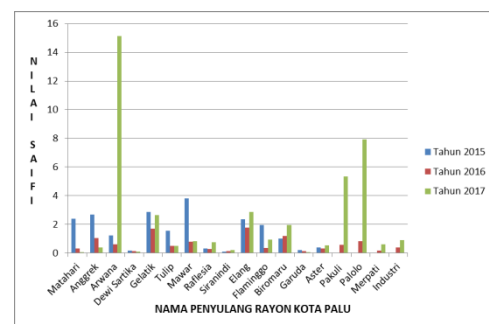
Analisis. Data yang telah diolah kemudian akan dianalisis untuk mendapatkan nilai SAIFI, dan SAIDI

yang nantinya untuk mengetahui tingkat keandalan sistem distribusi Rayon Palu. Lalu data yang didapatkan dari Jurnal Ilmiah digunakan untuk mengetahui potensi energi terbarukan khususnya energi angin yang nantinya akan diketahui kelayakan pemasangan pembangkit tersebar terbarukan dan juga diketahui keandalan sebelum dan sesudah pembangkit tersebar terbarukan diintegrasikan pada jaringan distribusi Area Palu khususnya Penyulang Express 3.

Penulisan Tugas Akhir. Setelah tahap olah data dan tahap analisis selesai maka penelitian tugas akhir menjadi langkah selanjutnya, penelitian tugas akhir ini dilakukan sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang telah ditetapkan.

HASIL PENELITIAN

1. Pembahasan SAIFI



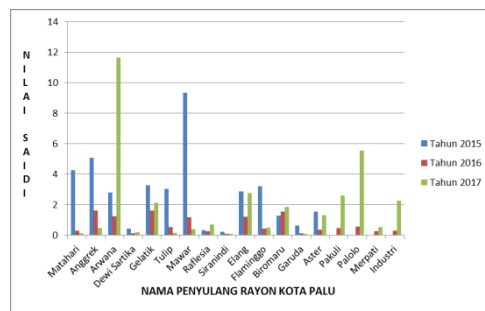
Menunjukkan bahwa terdapat beberapa penyulang yang tidak memenuhi nilai standar SPLN No 68-2 1986 yaitu penyulang Mawar pada tahun 2015 dengan nilai SAIFI sebesar 3,8 kali/pelanggan/tahun, lalu penyulang Arwana pada tahun 2017 dengan nilai SAIFI sebesar 15,14 kali/pelanggan/tahun, penyulang Pakuli pada tahun 2017 dengan nilai SAIFI sebesar 5,33 kali/pelanggan/tahun, dan penyulang Palolo dengan nilai SAIFI 7,94 kali/pelanggan/tahun, sedangkan nilai SAIFI yang telah ditentukan oleh standar SPLN No 68-2 1986 sebesar-besarnya 3,2 kali/pelanggan/tahun.

Terdapat beberapa penyulang yang tidak memenuhi nilai standar IEEE std 1366-2003 yaitu penyulang Matahari, Anggrek, Gelatik, Tulip, Mawar, Elang, Flaminggo pada tahun 2015, lalu terdapat penyulang Gelatik, Elang pada tahun 2016, dan penyulang Arwana, Gelatik, Elang, Biromaru, Pakuli, Palolo pada tahun 2017. Penyulang-penyulang tersebut telah melebihi standar nilai SAIFI

IEEE std 1366-2003 yaitu sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun.

Kemudian, terdapat beberapa penyulang yang tidak memenuhi nilai standar WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) yaitu penyulang Mawar pada tahun 2015, dan terdapat penyulang Arwana, Pakuli, Palolo pada tahun 2017. Penyulang-penyulang tersebut telah melebihi standar nilai SAIFI WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) yaitu sebesar 3 kali/pelanggan/tahun.

2. Pembahasan SAIDI



Menunjukkan bahwa nilai SAIDI yang dihitung dan standar PLN No 68-2 1986 maka dapat diketahui bahwa nilai SAIDI yang telah dihitung sebelumnya telah memenuhi standar PLN No 68-2 1986, yang mana nilai

SAIDI standar PLN No 68-2 1986 adalah 21,09 Jam/pelanggan/tahun.

Kemudian terdapat beberapa penyulang yang tidak memenuhi standar nilai SAIDI yang telah ditetapkan oleh standar IEEE std 1366-2003, penyulang-penyulang tersebut ialah penyulang Matahari, Anggrek, Arwana, Gelatik, Tulip, Mawar, Elang, dan Flaminggo pada tahun 2015, dan penyulang Anggrek, Gelatik, Elang, Pakuli, dan Palolo pada tahun 2017. Penyulang-penyulang tersebut telah melebihi standar IEEE std 1366-2003 yaitu 2,3 Jam/pelanggan/tahun.

Terakhir, terdapat beberapa penyulang yang tidak memenuhi standar nilai SAIDI yang telah ditetapkan oleh standar WCS, dan WCC, penyulang-penyulang tersebut ialah penyulang Matahari, Anggrek, Arwana, Gelatik, Tulip, Mawar, Elang, dan Flaminggo pada tahun 2015, penyulang Gelatik dan Elang pada tahun 2016, dan penyulang Anggrek, Gelatik, Elang, Aster, Pakuli, Palolo pada tahun 2017. Penyulang-penyulang tersebut telah

melebihi standar WCS, dan WCC yaitu 1,6 Jam/pelanggan/tahun.

3. Perhitungan Daya Listrik yang Dibangkitkan *Wind Turbine*

Terdapat persamaan untuk mengetahui energi kinetis ini, persamaannya yaitu sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m V^2$$

Keterangan:

E = Energi Kinetis (Joule)

m = Massa udara (kg)

V = Kecepatan angin (m/s)

Sedangkan untuk energi yang dihasilkan persatuan waktu ialah:

$$P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot V^3 \cdot \rho$$

Keterangan:

P = Daya

A = Penampang Udara (m²)

V = Kecepatan Angin (m/detik)

ρ = Kerapatan Udara (Kg/m³)

Lalu, menurut Brown,C.K. dan Warne (1975) bahwa daya efektif yang memungkinkan untuk

dihasilkan dari suatu kincir angin dapat dihitung dengan formula:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot c_p \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3$$

Keterangan:

E_a = Daya Efektif yang

Dihasilkan Kincir Angin (watt)

c_p = Koefisien Daya = 0,4

D = Diameter Kincir Angin (m)

ρ = Kerapatan Udara (Kg/m^3)

No	Jam	Laju Angin (m/s)	Laju Aliran Massa (kg/detik)	Energi Kinetis (Joule)	Daya/Waktu (Watt)	Daya Efektif (Watt)
1	10:00	1,89	28,486	50,877	46,94	23,92
2	10:30	1,99	30	59,44	59,38	30,261
3	11:00	2,38	35,87	101,59	101,594	51,76
4	11:30	2,95	44,462	193,465	193,467	98,58
5	12:00	5,48	82,594	1240,17	631,93	631,9
6	12:30	6,88	103,695	2454,17	2454,17	1250,4
7	13:00	7,77	117,109	3535,11	3535,11	1801,3
8	13:30	8,22	123,89	4185,58	4185,58	2132,7
9	14:00	9,27	139,714	6003,16	6003,16	3058,9
10	14:30	8,57	129,167	4743,33	4743,33	2014,2
11	15:00	9,22	138,96	5906,38	5906,38	3009,7

Berdasarkan data angin yang didapatkan maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai daya yang dapat dihasilkan menggunakan *wind turbine*. Daya yang dibangkitkan oleh *wind turbine* sangat beragam, tergantung pada laju angin yang memutar *wind turbine* itu sendiri.

Daya minimal yang dibangkitkan ialah pada pukul 10:00 WITA yang mana laju angin yang terukur ialah sebesar 1,89 m/s lalu dengan laju angin tersebut daya yang dapat dibangkitkan ialah sebesar 23,92 watt. Untuk daya maksimal yang dibangkitkan ialah pada pukul 14:00 WITA yang mana laju angin yang terukur ialah 9,27 m/s lalu dengan laju angin tersebut daya yang dapat dibangkitkan ialah sebesar 3058,9 watt.

PROFIL TEGANGAN DENGAN SKENARIO LAJU ANGIN MINIMAL (kV)				
No	Bus	Jumlah Wind Turbine		
		5 buah	8 buah	12 buah
1	Express 3 Tipo	19,966	19,966	19,966
2	P6	19,853	19,853	19,856
3	Aster	19,623	19,623	19,625
PROFIL TEGANGAN DENGAN SKENARIO LAJU ANGIN MAKSIMAL (kV)				
No	Bus	Jumlah Wind Turbine		
		5 buah	8 buah	12 buah
1	Express 3 Tipo	19,967	19,968	19,969
2	P6	19,854	19,855	19,854
3	Aster	19,624	19,624	19,623
PROFIL TEGANGAN DENGAN SKENARIO LAJU ANGIN RATA-RATA (kV)				
No	Bus	Jumlah Wind Turbine		
		5 buah	8 buah	12 buah
1	Express 3 Tipo	19,967	19,967	19,967
2	P6	19,854	19,854	19,854
3	Aster	19,623	19,623	19,623

Kondisi bus-bus penyulang ketika dilakukan pengintegrasian 5 *wind turbine* dengan skenario laju angin rata-rata yaitu 5,87 m/s

menghasilkan daya 776,68 W maka setelah pengintegrasian pada jaringan, terjadi kenaikan tegangan pada bus Express 3, bus P6 dan bus Aster adalah 19,967 kV, 19,854 kV, dan 19,623 kV. Kondisi daya yang masuk pada skenario tersebut ialah, Bus Express 3 4770 kW, Bus P6 3282 kW, dan 1444 kW. Daya pada bus express 3 dipasok oleh generator sebesar 4766 kW lalu ditambah dengan 4 kW menjadi 4770 kW. Kondisi ini ideal untuk dilakukan pengintegrasian karena dengan pengintegrasian ini generator dapat menghemat daya yang dipasok ke beban sebanyak 4 kW, penambahan daya ini terjadi karena adanya integrasi pembangkit tersebar terbaru.

Lalu dilakukan penambahan *wind turbine* menjadi 8 buah dengan skenario yang sama, terjadi kenaikan tegangan pada bus Express 3, bus P6 dan bus Aster berturut-turut adalah 19,967 kV, 19,854 kV, dan 19,623 kV. Kondisi daya yang masuk pada skenario tersebut ialah Bus Express 3 4770 kW, Bus P6 3282 kW, dan 1444 kW. Daya pada bus express 3

dipasok oleh generator sebesar 4764 kW lalu ditambah dengan 6 kW menjadi 4770 kW. Kondisi ini ideal untuk dilakukan pengintegrasian karena dengan pengintegrasian ini generator dapat menghemat daya yang dipasok ke beban sebanyak 6 kW, penambahan daya ini terjadi karena adanya integrasi pembangkit tersebar terbaru.

Lalu dilakukan penambahan *wind turbine* menjadi 12 buah dengan skenario yang sama, terjadi kenaikan tegangan pada bus Express 3, bus P6 dan bus Aster berturut-turut adalah 19,967 kV, 19,854 kV, dan 19,623 kV. Kondisi daya yang masuk pada skenario tersebut ialah Bus Express 3 4770 kW, Bus P6 3282 kW, dan 1444 kW. Daya pada bus express 3 dipasok oleh generator sebesar 4760 kW lalu ditambah dengan 9 kW menjadi 4770 kW. Kondisi ini ideal untuk dilakukan pengintegrasian karena dengan pengintegrasian ini generator dapat menghemat daya yang dipasok ke beban sebanyak 9 kW, penambahan daya ini terjadi karena adanya

integrasi pembangkit tersebar terbarukan.

KONDISI DAYA DENGAN SKENARIO LAJU ANGIN MINIMAL (kW)				
No	Bus	Jumlah Wind Turbine		
		5 buah	8 buah	12 buah
1	Express 3 Tipo	4770	4770	4770
2	P6	3282	3282	3282
3	Aster	1444	1444	1444
KONDISI DAYA DENGAN SKENARIO LAJU ANGIN MAKSIMAL (kW)				
No	Bus	Jumlah Wind Turbine		
		5 buah	8 buah	12 buah
1	Express 3 Tipo	4770	4770	4770
2	P6	3282	3282	3282
3	Aster	1444	1444	1444
KONDISI DAYA DENGAN SKENARIO LAJU ANGIN RATA-RATA (kW)				
No	Bus	Jumlah Wind Turbine		
		5 buah	8 buah	12 buah
1	Express 3 Tipo	4770	4770	4770
2	P6	3282	3282	3282
3	Aster	1444	1444	1444

Diharapkan dengan adanya integrasi pembangkit tersebar terbarukan *wind turbine* dapat meningkatkan keandalan jaringan distribusi Rayon Kota, karena dengan adanya pembangkit tersebar terbarukan ini kekurangan daya yang bisa saja terjadi dapat ditanggulangi oleh daya yang dihasilkan oleh pembangkit tersebar terbarukan *wind turbine*.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan, analisa data serta pengamatan yang

telah dilakukan mengenai keandalan jaringan distribusi pada setiap penyulang PT. PLN (Persero) Rayon Kota, dan potensi pengintegrasian pembangkit tersebar terbarukan *wind turbine* pada penyulang Express 3 dapat disimpulkan bahwa:

1. Setelah dilakukan perhitungan nilai SAIFI, didapatkan bahwa terdapat 1 penyulang pada tahun 2015, dan 3 penyulang pada tahun 2017 yang tidak memenuhi nilai SPLN No 68-2 1986
2. Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI, didapatkan bahwa terdapat 7 penyulang pada tahun 2015, 2 penyulang pada tahun 2016, dan 6 penyulang pada tahun 2017 yang tidak memenuhi nilai Standar IEEE std 1366-2003
3. Dari nilai SAIFI terhitung didapatkan bahwa terdapat 1 penyulang pada tahun 2015, dan 3 penyulang pada tahun 2017 yang tidak memenuhi nilai WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*)

4. Hasil SAIDI yang didapatkan dari perhitungan dapat diketahui bahwa nilai SAIDI penyulang-penyulang Rayon Kota telah memenuhi Standar PLN No 68-2 1986
5. Nilai SAIDI hasil perhitungan menunjukkan terdapat 8 penyulang pada tahun 2015 dan 5 penyulang pada tahun 2017 yang tidak memenuhi Standar IEEE std 1366-2003
6. Terdapat 8 penyulang pada tahun 2015, 2 penyulang pada tahun 2016 dan 6 penyulang pada tahun 2017 yang tidak memenuhi standar WCS (World Class Service) dan WCC (World Class Company)
7. Terdapat perubahan yang terjadi pada jaringan setelah dilakukan integrasi pembangkit tersebar terbarukan, dari rating tegangan dan juga rating daya yang masuk ke Bus Express 3, Bus P6, dan Bus Aster
8. Rating tegangan pada ketiga bus sebelum integrasi yakni 19,966 kV untuk Express 3, 19,853 kV untuk P6, dan 19,622 kV pada Aster.
9. Integrasi pembangkit tersebar terbarukan dapat menyokong *supply* daya ke beberapa konsumen yang ada di wilayah Express 3 agar tingkat keandalan jaringan distribusi Rayon Kota.
10. Laju angin yang efisien untuk membangkitkan daya dari *wind turbine* ialah dengan laju rata-rata yaitu 5,87 m/s sampai dengan laju maksimal yaitu 9,27 m/s dengan skenario pemasangan *wind turbine* sebanyak 5 buah, 8 buah, dan 12 buah. Hal ini dikarenakan daya yang dihasilkan cukup untuk menyuplai daya ke beban.

Saran

Dari analisa, dan pengamatan data mengenai sistem keandalan jaringan distribusi di tiap penyulang Rayon Kota serta pengamatan mengenai integrasi pembangkit tersebar terbarukan *wind turbine* pada penyulang express 3, maka dapat disarankan sebagai berikut

1. Dari kesimpulan di atas maka PT. PLN (Persero) Area Palu khususnya Rayon Kota untuk selalu melakukan perbaikan dan

pengecekan pada jaringan, hal ini dikarenakan terdapat beberapa penyulang yang dianggap memiliki tingkat keandalan jaringan distribusi yang tidak memenuhi standar

2. Dari kesimpulan di atas maka perlu adanya pertimbangan untuk dilakukan penelitian kembali mengenai potensi pemasangan *wind turbine* pada penyulang express 3 atau pada daerah teluk palu.

DAFTAR PUSTAKA

- Hakiki, Aldina Fatwa. 2017. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di PT.PLN (Persero) Rayon Tegal Kota* (Skripsi). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- IEEE Std. 1366-2012. 2012. IEEE Guide For Electric Power Distribution Reliability Indices. USA.
- Nizam, Muhammad. 2008. *Pembangkit Listrik Terdistribusi (Distributed Generation) Sebagai Upaya Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Di Indonesia*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Putra, Rizky. 2012. *Analisa Penempatan Distributed Generation Pada Jaringan Distribusi 20 kV*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Sam, Alimuddin. 2005. *Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik*. Palu: Universitas Tadulako
- Standar PLN (SPLN) No. 59. 1986. Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi.
- Standar PLN (SPLN) No. 68-2. 1986. Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik (bagian dua: Sistem

Distribusi). Jakarta :
Departemen
Pertambangan dan
Energi.

Suanda, Wahri. 2013. *Perbaikan
Keandalan Sistem
Melalui Pemasangan
Distributed Generation*.
Bangka Belitung.
Universitas Bangka
Belitung

Syahputra, R., (2016), “Transmisi
dan Distribusi Tenaga
Listrik”, LP3M UMY,
Yogyakarta, 2016.

Syahputra, R., 2012, “Distributed
Generation: State of the
Arts dalam Penyediaan
Energi Listrik”, LP3M
UMY, Yogyakarta, 2012.