

STUDI KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV BUSBAR PANGKEP

Tri Randi Utama, Aris Saputra¹⁾, Lewi, Sonong²⁾

Abstrak: Seiring dengan bertambahnya jumlah beban pada busbar Pangkep maka performa pelayanan semakin kompleks. Maka dari pada itu diperlukan sebuah studi untuk menganalisis keandalan pada busbar Pangkep untuk melihat indeks keandalannya. Hal ini sangat penting untuk diketahui dan juga menjadi referensi bagi PT PLN (persero) untuk meningkatkan atau mempertahankan kualitas listriknya. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data gangguan, durasi pemadaman dan jumlah pelanggan kemudian dihitung laju kegagalan dan lama gangguan rata-rata konsumen selama setahun yaitu tahun 2011. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan indeks keandalan yaitu SAIFI, SAIDI, CAIFI, CAIDI, ASAI dan ASUI dan dinyatakan dalam angka. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa ketersediaan energi listrik busbar Pangkep masih di atas 90 % dan SAIFI dengan nilai 0,87241 gangguan/pelanggan/tahun dan SAIDI dengan nilai 25,60979 menit/pelanggan/tahun. Maka indeks keandalannya masih berada dalam batas-batas yang diperbolehkan PT PLN (persero) dengan nilai SAIFI maksimal adalah 3,166 gangguan/pelanggan/tahun dan SAIDI adalah 137 menit/pelanggan/tahun. Sesuai dengan SPLN 59 tahun 1985, yang menyatakan bahwa keandalan distribusi ditinjau dari indeks frekuensi dan durasi gangguan, dan juga standar IEEE (Institute Of Electrical and Electronic Engineering) yang menyatakan bahwa suatu jaringan distribusi dikatakan andal jika mampu menyediakan energi listrik 90 % ke atas dalam kurun waktu yang ditentukan. Sehingga dapat dikatakan sistem jaringan distribusi 20 kV busbar Pangkep masih andal. Untuk memudahkan hasil perhitungan indeks keandalan maka digunakan program Matlab 2010. Agar kontinuitas pelayanan tetap terjaga indeks keandalan masih bisa ditingkatkan lagi dengan lebih memperhatikan perawatan menggunakan standarisasi perawatan yang lebih disiplin dan manajemen perawatan yang baik.

I. PENDAHULUAN

Sistem jaringan distribusi merupakan jaringan yang terhubung langsung dengan konsumen dan rentan terhadap gangguan. Mengetahui hal tersebut studi keandalan perlu dilakukan untuk menganalisa jaringan tersebut guna mengetahui laju kegagalan pada jaringan distribusi, dan dapat dipertimbangkan cara mencegahnya. Pada jaringan distribusi khususnya pada busbar Pangkep, memiliki lima buah *feeder* dimana tegangan kerja 20 kV. Masing-masing *feeder* memiliki indeks nilai keandalan yang berbeda karena jumlah beban yang bervariasi. Meskipun keandalan adalah hal yang sering dibahas pada jaringan listrik, tapi kecenderungan jaringan yang terus meluas dan jumlah beban yang bertambah seiring bertambahnya konsumen, maka

¹ Alumni Program D4 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

nilai keandalan dapat berubah hal ini sangat penting untuk diketahui dan juga dapat menjadi acuan bagi PLN untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas listriknya.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut maka Tujuan dari pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui indeks keandalan sistem jaringan distribusi pada feeder busbar Pangkep.
2. Untuk mengetahui perbandingan antara keandalan secara teoritis dengan keandalan secara aktual pada feeder busbar Pangkep.
3. Untuk membuat dan menghitung keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV busbar Pangkep dengan menggunakan Matlab 2010.

Menurut Mubarak (2008: 27), laju kegagalan adalah nilai rata-rata dari jumlah kesalahan persatuan waktu pada selang waktu pengamatan waktu tertentu (T), dan dinyatakan dalam satuan kegagalan pertahun. Pada suatu pengamatan, nilai laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\text{Total number of failures}}{\text{Total of unit test or operating times}} = \frac{N}{\sum T_t}$$

$$\lambda = \frac{f}{T}$$

Dimana :

- λ = Failure rate, angka/laju kegagalan konstan (kegagalan/tahun)
 N atau f = Total number of failure, jumlah kegagalan selama selang waktu
 $\sum T$ atau T = Jumlah selang waktu pengamatan (tahun)

Menurut Mubarak (2008 : 28) untuk menghitung lama gangguan rata-rata (Average Annual Outage Time), U_s persamaannya adalah:

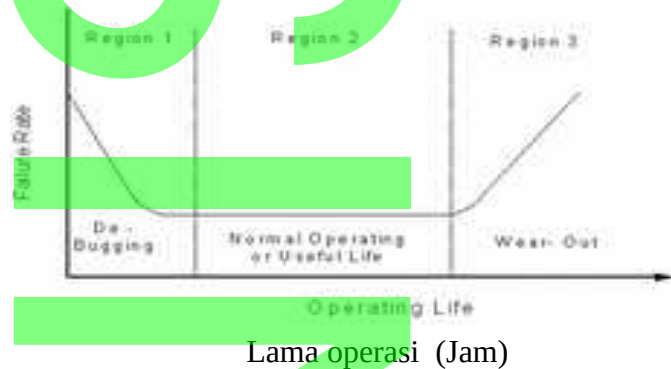
$$U_s = \frac{\sum t}{T}$$

Dimana t = Lamanya gangguan (jam)

T = Jumlah selang waktu pengamatan (tahun)

Laju kegagalan ini merupakan fungsi dari waktu atau umum dari sistem atau saluran selama beroperasi. Fungsi waktu ini dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini:

Laju kegagalan (kegagalan/tahun)



Gambar 1. Laju kegagalan sebagai fungsi waktu

Dari gambar di atas laju kegagalan dibagi dalam tiga selang waktu yaitu:

1. Selang waktu kegagalan awal (*de bugging*)

Pada selang waktu kegagalan awal ini laju kegagalan akan menurun dengan cepat sesuai bertambahnya waktu. Kegagalan pada daerah ini disebabkan oleh kesalahan dalam perencanaan dan pembuatan jaringan serta pemasangan saluran tersebut.

2. Selang waktu kegagalan normal (*normal operating or useful life*)

Pada daerah waktu ini besarnya laju kegagalan dapat dianggap tetap. Hal ini disebabkan sistem atau saluran siap beroperasi dengan mantap. Sehingga kemungkinan terjadi kegagalan adalah sama pada setiap waktu. Laju kegagalan pada daerah ini tidak teratur disebabkan oleh tekanan yang tiba-tiba diluar kekuatan sistem atau saluran yang telah direncanakan.

3. Selang waktu kegagalan akhir (*wear-out*)

Laju kegagalan pada daerah ini bertambah besar dengan bertambahnya waktu. Hal ini disebabkan karena bertambahnya umur sistem atau saluran dan kegagalan ini dapat ditanggulangi dengan mengadakan pemeliharaan (*maintenance*).

Waktu perbaikan (*r*) adalah lama waktu yang diperlukan dari saat terjadinya gangguan sampai waktu saluran dapat bekerja kembali secara normal.

m (*mean time between failure*) adalah waktu rata-rata sistem saluran bekerja sesuai fungsi yang diharapkan.

$$m = \frac{1}{\lambda} \quad (\text{http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_rate})$$

Menurut Mubarak (2008 : 23) probabilitas dalam bentuk matematisnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

- Dimana:
- R(t) = Probabilitas selama periode waktu (t)
 - λ = Laju kegagalan
 - t = Waktu perbaikan
 - e = Fungsi eksponensial

A. SAIFI (*system average interruption frequency index*).

Menurut Momoh (2010 : 146), SAIFI (*system average interruption frequency index*) adalah indeks frekuensi gangguan sistem rata-rata tiap tahun yang menginformasikan tentang frekuensi gangguan permanen rata-rata tiap konsumen dalam suatu area yang dievaluasi. Persamaannya adalah:

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah pelanggan}} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N}$$

Dimana λ_i adalah laju kegagalan unit dan N_i adalah banyak pelanggan pada suatu titik (*feeder*).

B. SAIDI (*system average interruption duration index*)

Menurut Momoh (2010:146), SAIDI (*system average interruption durasi index*) adalah indeks durasi gangguan sistem rata-rata tiap tahun. Menginformasikan tentang frekuensi gangguan permanen rata-rata tiap konsumen dalam suatu area yang dievaluasi. Persamaannya adalah :

$$SAIDI = \frac{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan}} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N}$$

Dimana U_i = Lama gangguan rata-rata (jam/tahun)

N_i = Adalah jumlah pelanggan pada satu titik.

C. CAIFI (*costumer avarage interruption frequency index*).

Menurut Momoh (2010:146), CAIFI merupakan suatu indeks yang menyatakan banyaknya gangguan yang terjadi dalam selang waktu tertentu (satu tahun) pada pelanggan dalam ruang lingkup yang lebih kecil. Persamaannya adalah:

$$CAIFI = \frac{\text{jumlah gangguan pelanggan}}{\text{jumlah durasi pelanggan terganggu}} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum U_i N}$$

D. CAIDI (*customer average interruption duration index*)

Menurut Momoh (2010 : 146), CAIDI (*customer average interruption durasi index*) adalah indeks durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun yang menginformasikan tentang waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap-tiap konsumen dalam satu tahun. Persamaannya adalah :

$$CAIDI = \frac{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan terganggu}} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N}$$

Dimana λ_i adalah laju kegagalan, U_i adalah *annual outage time* dan N_i adalah jumlah pelanggan pada satu titik.

E. ASAI/ASUI (*average service availability (unavailability) index*)

Menurut Momoh (2010: 146), ASAI merupakan suatu indeks yang menyatakan kemampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem dalam jangka waktu satu tahun sedangkan ASUI merupakan indeks yang menyatakan ketidakmampuan suatu sistem untuk menyediakan /menyuplai suatu sistem. Persamaannya adalah:

$$ASAI = \frac{\text{jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{jumlah jam seharusnya}}$$

$$= \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760}$$

$$ASUI = 1 - ASAI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760}$$

Dimana 8760 adalah jumlah jam dalam satu tahun

F. Waktu Perbaikan

Waktu perbaikan adalah lama waktu sejak terjadinya kegagalan pada peralatan listrik sampai pada saat dapat beroperasi kembali dengan normal. Waktu perbaikan meliputi waktu untuk menentukan letak gangguan, menganalisa penyebab kegagalan, memperbaiki/mengganti komponen, menguji dan mengembalikan kepada operasi (pelayanan).

Menurut Rafsanjani (2011:52) Bila λ merupakan laju kegagalan maka waktu perbaikan pertahun adalah:

$$\text{waktu perbaikan (t)} = \frac{U}{\lambda}$$

G. Pemrograman Window

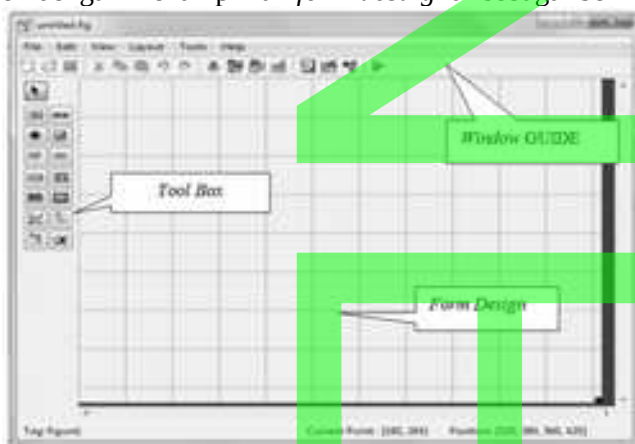
1. *Gui Designer (Guide)*

Pada dasarnya membuat aplikasi berbasis *window* dengan MATLAB dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

- Menggunakan skrip MATLAB saja (*pure script*).
- Menggunakan GUI designer (*GUIDE*)

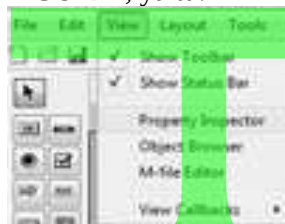
Untuk membuat aplikasi berbasis *window*, harus memahami konsep dengan benar konsep pemrograman berbasis objek (PBO), terutama pada pemanfaatan *property* dan *even*. Pengertian *property* objek adalah seluruh parameter yang dimiliki oleh objek, misalnya warna, posisi, teks, dan lain-lain. Sedangkan *even* objek adalah pemicu (*trigger*) pada objek untuk menjalankan perintah-perintah program. Kedua hal tersebut benar-benar akan sangat berguna baik saat mendisain maupun saat membuat skrip-M.

Sebagai media desain MATLAB menyediakan sebuah GUI (*Graphic Uses Interface*) designer yang berada dalam fungsi *GUIDE*. Untuk menjalankan fungsi ini dapat dilakukan dengan mengantikan pada *window* MATLAB. Selanjutnya MATLAB akan merespon dengan menampilkan *form designer* sebagai berikut:



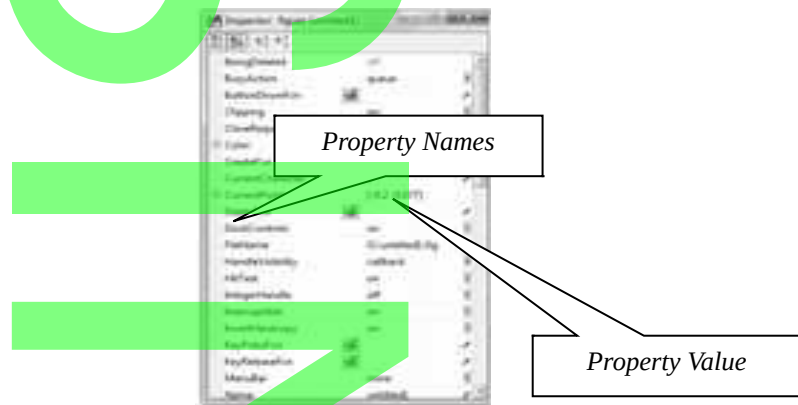
Gambar 2. *Form designer*

Form adalah bagian yang digunakan untuk meletakkan komponen-komponen *window* yang dibutuhkan. Perlu diketahui bahwa ada satu *window* yang juga dibutuhkan, yaitu *Window Property Inspector*. *Window* tersebut dapat ditampilkan melalui menu dalam *GUIDE*, yaitu:



Gambar 3. Menu *Property Inspector*

Setelah meng-klik pada menu *Property Inspector* tersebut, maka akan muncul *window* berikut:



Gambar 4. Property inspector

Melalui *Property Inspector* inilah komponen-komponen yang digunakan dapat dikontrol. Tampilan *window* ini terbagi dua bagian. Pertama (sebelah kiri) adalah daftar *property* yang dimiliki *property* yang berbeda satu dengan yang lainnya. Bagian kedua (sebelah kanan) adalah daftar *value property* (nilai parameter) yang dapat diatur sesuai keinginan.

Setelah semua *tool* yang dibutuhkan untuk membangun aplikasi *window* MATLAB diperoleh, selanjutnya yaitu cara menggunakan *tool* tersebut untuk keperluan kita membangun sebuah aplikasi *window* yang baik.

2. Fungsi GUIDATA

Dalam pemrograman *window* dengan menggunakan *GUIDE* ini, fungsi “*guidata*” akan mendapatkan peran yang sangat penting. Pemrograman menggunakan *GUIDE* akan melibatkan minimal dua buah *file* yang sama namanya data berbeda isinya yaitu *file figure* dan *file M*. *File figure* yang menyimpan seluruh informasi yang bersifat tampilan GUI dan *file M* hanya berisi sintak, fungsi penghubung, dan beberapa fungsi *callback*. Jadi kalau kita melihat isi *file M* yang dihasilkan oleh *GUIDE*, saat mendisain *form*. Maka disinilah letak fungsi strategis “*guidata*”, fungsi ini digunakan untuk mengambil data objek/komponen yang ada dalam *form file figure* pasangan *file M* yang kita gunakan.

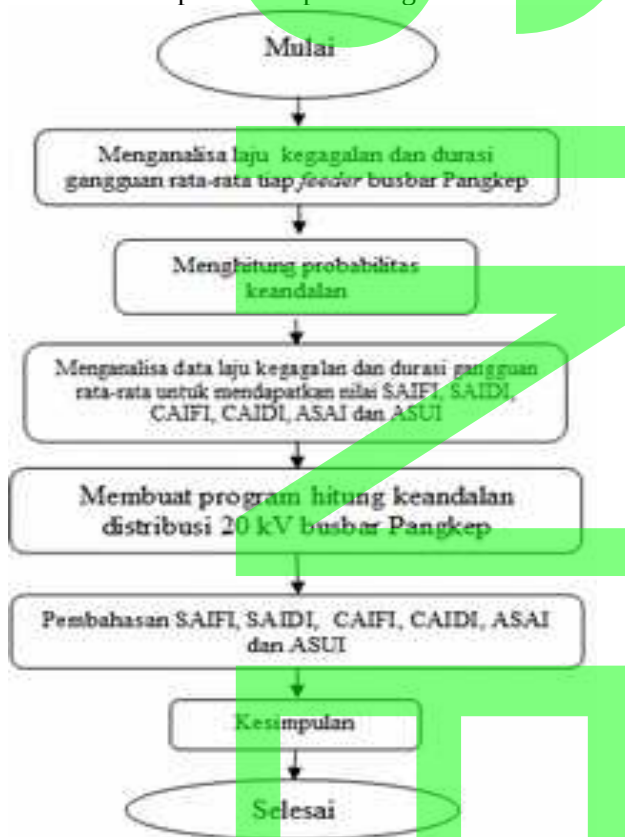
II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Pada penelitian kali ini dilakukan pada Area Pengaturan Distribusi (APD). Penelitian juga ini dilaksanakan pada tanggal 05 Maret 2012 sampai dengan 25 Agustus 2012.

B. Metode Analisa Data

Untuk metode analisa dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 5. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian

Tabel 1. Hasil analisa beban puncak

No.	Penyulang	Laju kegagalan (kegagalan/tahun)	Lama gangguan rata-rata (jam/tahun)	Indeks Keandalan					
				SAIFI (gangguan/pelanggan/tahun)	SAIDI (menit/pelanggan/tahun)	CAIFI (gangguan/pelanggan/tahun)	CAIDI (menit/pelanggan/tahun)	ASAI	ASUI
1.	Gunung Mas	0,75	0,22465	0,08844	1,58953	0,3937	2,119377	0,99978	0,00022
2.	Pangkep	1,16666	0,46099	0,32193	7,6324	0,69834	6,542105	0,9998	0,0002
3.	Sigeri	0,91666	0,6812	0,26592	10,75892	0,4302	11,73709	0,99975	0,00025
4.	Siloro	1,25	0,72969	0,12381	4,33667	0,16968	3,469338	0,99916	0,00084
5.	Minasa'tene	0,3333	0,09926	0,072319	1,29224	0,72858	3,877117	0,999947	0,000053

B. Pembahasan

1. SAIFI

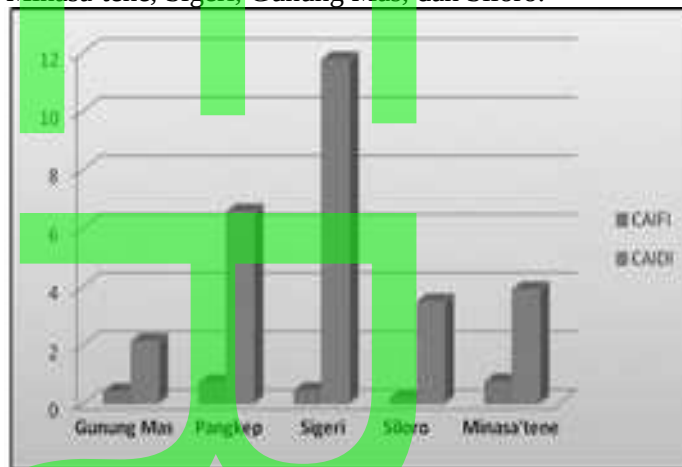
Dari hasil analisa perhitungan pada tabel 8 dapat dilihat bahwa *feeder* Minasa'tene yang memiliki nilai SAIFI yang paling baik dengan nilai 0,072319 gangguan/pelanggan/tahun dibandingkan keempat *feeder* lainnya dan yang mendekati nilai SAIFI *feeder* Minasa'tene yaitu *feeder* Gunung Mas dengan nilai 0,08844 gangguan/pelanggan/tahun. Tingginya nilai SAIFI menandakan terjadi banyak gangguan pada *feeder* tersebut, dan nilai SAIFI yang paling tinggi adalah pada *feeder* Pangkep sebesar 0,32193 gangguan/pelanggan/tahun.

2. SAIDI

Dari hasil analisa perhitungan pada tabel 8 dapat dilihat bahwa pada *feeder* Minasa'tene memiliki nilai SAIDI yang paling kecil yaitu 1,29224 menit/perpelanggan/tahun, ini menandakan pada *feeder* Minasa'tene sedikit terjadi gangguan sehingga *feeder* Minasa'tene memiliki nilai SAIDI yang paling baik dari keempat *feeder* lainnya diikuti Gunung Mas, Siloro, Pangkep, lalu Sigeri. Artinya *feeder* Minasa'tene memiliki kinerja sistem yang lebih baik dibandingkan empat *feeder* lainnya, sehingga hanya mengalami gangguan dalam jangka waktu yang lebih singkat.

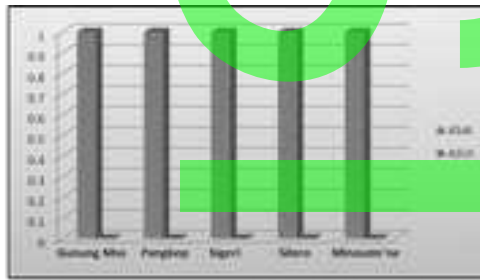
3. Perbandingan nilai CAIFI dan CAIDI

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh di atas, telah diketahui bahwa *feeder* Siloro memiliki nilai CAIFI yang paling kecil. Ini menandakan bahwa pada *feeder* Siloro paling sedikit terjadi gangguan meskipun durasi gangguan bukan yang paling singkat (CAIDI). Dari grafik juga dapat dilihat bahwa pada *feeder* Pangkep terjadi paling banyak gangguan diindikasikan dengan nilai CAIFI yang paling tinggi diikuti *feeder* Minasa'tene, Sigeri, Gunung Mas, dan Siloro.



Gambar 6. Grafik CAIFI dan CAIDI tiap *feeder* busbar Pangkep

4. Perbandingan nilai ASAI dan ASUI



Gambar 7. Grafik ASAI dan ASUI tiap *feeder* busbar Pangkep

Berdasarkan grafik perbandingan di atas bahwa nilai ASAI yang menyatakan ketersediaan listrik mencapai lebih dari 90% lebih besar dari pada nilai ASUI yang menyatakan indeks ketidaktersediaan listrik dalam satu tahun. Ini menyatakan bahwa kinerja dari sistem distribusi busbar Pangkep sangat baik dengan nilai ketersediaannya pada *feeder* Minasa'tene paling baik yaitu sebesar 99,9947 %, diikuti *feeder* Pangkep, Gunung Mas, Sigeri, dan Siloro.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil perhitungan diperoleh indeks kendalan untuk frekuensi pemadaman (SAIFI), sebesar **0,87241 gangguan/pelanggan/tahun** dan durasi pemadaman rata-rata (SAIDI), sebesar **25,60979 menit/pelanggan/tahun**.
- 2) Dengan diperolehnya nilai SAIFI sistem yaitu sebesar **0,87241 gangguan/pelanggan/tahun** diketahui indeks keandalan busbar Pangkep masih berada dalam batas diperbolehkan yaitu maksimal sebesar **3,166 gangguan/pelanggan/tahun** artinya nilai SAIFI busbar Pangkep telah memenuhi syarat yang ditentukan oleh PT PLN (persero). Selanjutnya nilai SAIDI sistem sebesar **25,60979 menit/pelanggan/tahun** pada busbar Pangkep juga masih berada dalam batas yang diperbolehkan yaitu maksimal sebesar **137 menit/pelanggan/tahun** juga telah memenuhi syarat yang telah di tentukan PT PLN (persero) sehingga sistem tersebut masih andal.
- 3) Untuk membuat program hitung keandalan pada busbar Pangkep maka digunakan aplikasi GUI pada program Matlab 2010 dengan memasukkan program hitungnya pada Matlab editor.

B. Saran

1. Berdasarkan data-data gangguan dan jenis-jenis gangguan yang terjadi pada tahun 2011 kebanyakan terjadi akibat gangguan oleh pohon yang tumbang dan cuaca buruk maka sebaiknya sistem jaringan distribusi diusahakan berada jauh dan

190 Tri Randi Utama dan Aris Saputra, Lewi, Sonong, *Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Primer 20 KV Busbar Pangkep*

bebas dari daerah pepohonan tumbuh dan memperhitungkan kualitas peralatan yang dipakai agar lebih andal.

2. Agar kontinuitas pelayanan tetap terjaga indeks keandalan masih bisa ditingkatkan lagi dengan lebih memperhatikan perawatan menggunakan standarisasi perawatan yang lebih disiplin dan manajemen perawatan yang baik.

V. DAFTAR PUSTAKA

Abdia Gunaidi, 2010, *The Shortcut Of Matlab Programming*, Bandung: penerbit informatika

B.M., Rafsanjani, 2011, *Studi Keandalan Sistem Kelistrikan Gedung Private Care Center RSUP Wahidin Sudirohusodo*: skripsi, Universitas Hasanuddin.

Majuddin, *Studi Keandalan Sistem Distribusi Primer 20 kV PLN Kota Madya Palopo*: skripsi, Universitas Hasanuddin.

Marsudi, Djiteng. 1991, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta: Balai Penerbit dan Humas ISTN.

Marsudi, Djiteng. 2005, *Pembangkitan Energi Listrik*, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Momoh, A. James. 2009, *Economic Market Design and Planning for Electric Power System*. CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton London New York.

Morhel Mubarak. 2008, *Studi Keterandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV Pada Gardu Hubung Kandis Kota Padang*, Universitas Negeri Padang.

Rizki, Viktor Trio. 2007, *Analisa Indeks Keandalan Sistem Distribusi PT.PLN Wilayah Cabang Padang*, Skripsi. Fakultas Teknik Elektro Universitas andalas Padang. SPLN 59. 1985, *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*.

Sulistijo, 2000, *Studi Keandalan Busbar Gardu Induk Pangkep dan Gardu Induk Tello*: skripsi, Universitas Hasanuddin.

Willis, H. Lee. 2004, *Power Distribution Planning Reference Book. Second Edition, Revised and Expanded*, Raleigh, Nort Carolina, U.S.A. New York-Basel: Marcel Dekker, Inc.