

# ANALISIS INDEKS KEANDALAN STASIUN LAYANG MASS RAPID TRANSIT JAKARTA BERDASARKAN KEGAGALAN RATA-RATA PERALATAN SISTEM DISTRIBUSI

<sup>1</sup>Zainal Arifin; <sup>2</sup>John Pantouw; <sup>3</sup>Sahrul Anwar

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

<sup>1</sup>zainal\_pln@yahoo.com; <sup>2</sup>john@sttpln.ac.id; <sup>3</sup>Sahrul\_anwar19@yahoo.co.id

**Abstract :** *Mass Rapid Transit (MRT) is an effective mass- transportation mode that has been proven by many in major cities in different countries. This will be applied in Indonesia but still limited to Jakarta which will be managed by PT. Mass Rapid Transit Jakarta (MRTJ). The MRTJ is targeted to carry 173,000 people a day. The purpose of this MRTJ development is to reduce the use of private transportation and switch to public transportation so as to reduce traffic congestion. Electricity as a source of this transportation means must be guaranteed reliability. Proper configuration, reliable equipment and automated system operation will provide a good distribution system performance. With the smooth progress of electric power to consumers, the more reliable a distribution system. With the prediction of 99.5% to 99.9999% availability of electricity supply is expected to ensure the reliability of the MRTJ power supply system.*

**Keywords:** *MRTJ, Reliability, Failure Rate*

**Abstrak :** *Mass Rapid Transit (MRT) adalah sebuah moda transportasi cepat massal yang efektif dan telah terbukti hasilnya dengan banyak diterapkannya moda transportasi ini di kota-kota besar yang terdapat di berbagai negara. Mass Rapid Transit Jakarta (MRTJ) ini ditargetkan mampu mengangkut 173.000 orang setiap harinya. Tujuan dari pembangunan MRTJ ini agar masyarakat dapat mengurangi penggunaan transportasi pribadi dan beralih ke transportasi umum sehingga dapat mengurangi kemacetan lalu lintas. Listrik sebagai sumber penggerak alat transportasi ini harus terjamin keandalannya agar dapat menjamin kenyamanan para penggunanya. Konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan unjuk kerja sistem distribusi tenaga listrik yang baik. Dengan semakin lancarnya kontinuitas tenaga listrik ke konsumen maka semakin andal suatu sistem distribusi tersebut. Dengan prediksi ketersediaan pasokan listrik 99,5% sampai 99,9999% diharapkan dapat menjamin keandalan pasokan listrik kesistem MRTJ ini.*

**Kata kunci:** *MRTJ, Keandalan, Laju Kegagalan*

## I. PENDAHULUAN

Listrik sebagai sumber penggerak alat transportasi ini harus terjamin keandalannya. Pada suatu sistem tenaga listrik tingkat keandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Keandalan ini dapat dilihat dari sejauh mana suplai tenaga listrik bisa mensuplai secara terus menerus ke konsumen. Permasalahan yang paling mendasar pada penyaluran daya listrik adalah mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan. Konfigurasi yang tepat,

peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan unjuk kerja sistem distribusi yang baik. Dengan semakin lancarnya kontinuitas tenaga listrik ke konsumen maka semakin andal suatu sistem distribusi tersebut.

Keandalan sistem adalah ketersediaan/tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke konsumen.

## II. TEORI PENUNJANG

### 2.1 Konsep Dasar Jaringan Distribusi

Tenaga listrik diproduksi oleh pusat-pusat tenaga listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTP, PLTGU, PLTD dan sebagainya, kemudian disalurkan melalui saluran transmisi ke Gardu Induk (GI). Setelah keluar dari GI jaringan disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, tenaga listrik kemudian diturunkan tegangannya di gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan 380/220 Volt, selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah konsumen.

### 2.2 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi Primer 20 kV

Gabungan beberapa penyulang dapat membentuk beberapa tipe sistem jaringan distribusi primer. Berdasarkan bentuk atau polanya, tipe sistem jaringan distribusi primer dapat dibagi menjadi empat, yaitu :

1. Sistem radial
2. Sistem lingkaran (*loop/ring*)
3. Sistem *spindle*
4. Sistem gugus (*mesh*)

### 2.3 Keandalan dan Ketersediaan

Dalam konsep keandalan terdapat istilah ketersediaan operasi (*operational availability*) dan ketidak-tersediaan (*unavailability*) yang merupakan hasil dari pengamatan dalam selang waktu tertentu terhadap suatu kondisi operasi dalam sistem tenaga. Pengamatan dalam selang waktu tertentu dapat dimisalkan satu tahun.

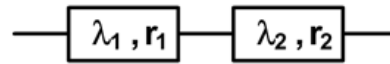
$$A = \frac{8760 - \lambda \cdot r}{8760}$$

Dimana:

- A : Ketersediaan rata-rata (jam/tahun)  
 $\lambda$  : Laju Kegagalan (kali/tahun)  
 r : Laju Perbaikan (jam/ kali)

#### 2.3.1 Sistem Seri

Pada sistem seri maka semua peralatan – peralatan yang ada dalam sistem harus bekerja atau berfungsi seluruhnya agar sistem bisa beroperasi.



Gambar 2.1 Sistem Seri

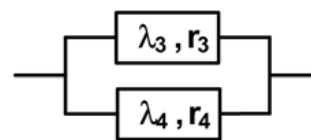
$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2$$

$$r_s \cong \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

$$\lambda_s r_s = \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2$$

#### 2.3.2 Sistem Paralel

Keandalan sistem paralel berarti hanya satu komponen saja bagian dari sistem yang harus berfungsi agar sistem dapat beroperasi normal.



Gambar 2.2 Sistem Seri

$$\lambda_p = \frac{\lambda_3 \lambda_4 (r_3 + r_4)}{8760}$$

$$r_p = \frac{r_3 r_4}{r_3 + r_4}$$

$$\lambda_p r_p = \frac{\lambda_3 r_3 \lambda_4 r_4}{8760}$$

## 2.4 Metode Reliability Index Analysis

Metode *Reliability Index Analysis* (RIA) adalah sebuah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai keandalan peralatan.

### 2.4.1 Metode cut-set

Metode *cut-set* dapat diterapkan pada sistem dengan konfigurasi sederhana dan kompleks dan merupakan teknik yang sangat sesuai untuk analisis keandalan sistem distribusi tenaga.

### 2.4.2 Network Reduction /Pengurangan jaringan

Metode reduksi jaringan berguna untuk sistem yang terdiri dari rangkaian dan subsistem paralel. Metode ini terdiri dari berturut-turut mengurangi rangkaian dan struktur paralel dengan peralatan setara.

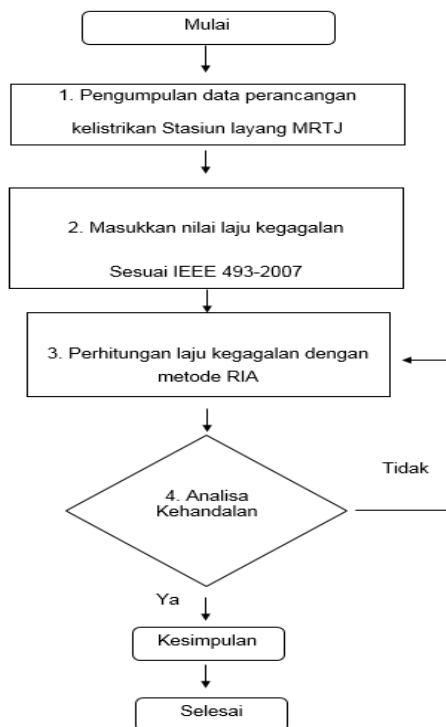
## 2.5 Sistem Jaringan Distribusi 20 kV MRTJ

Sistem Jaringan distribusi yang digunakan untuk memasok sistem distribusi terbagi menjadi dua Sistem. *Supply* gardu traksi kereta dan gardu stasiun. Gardu traksi memberikan pasokan listrik pada sistem kontak *overhead* dengan suplai nominal 1500 V Arus Searah. Sistem kelistrikan di stasiun akan memasok beban kelistrikan stasiun seperti penerangan interior, alarm kebakaran, beban pompa, beban mekanis, pensinyalan kereta dan lain-lain.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana obyek yang menjadi bahan penelitian dalam penulisan tesis ini adalah hasil perhitungan dari keandalan jaringan distribusi listrik stasiun layang MRTJ.

Hasil pengujian ini akan dievaluasi dan dilakukan pendalaman data perancangan jaringan distribusi 20KV MRTJ, dimana data-data ini merupakan perancangan kelistrikan jaringan MRTJ tahap pertama.

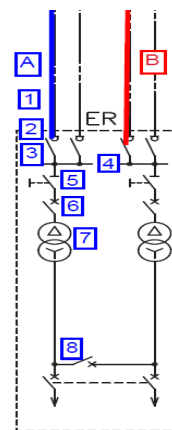


Gambar 3.1 Diagram Alur

## IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data sistem distribusi 20 kV pada jaringan MRTJ berupa diagram satu garis kelistrikan MRTJ. Kelistrikan MRTJ disetiap stasiun mendapat 2 pasokan yang selanjutnya disebut dengan pasokan A dan pasokan B. Untuk stasiun layang sistem kelistrikan *diback-up* dengan UPS selama 2 jam. Pasokan listrik kestasiun ini akan diteliti keandalannya dengan parameter data keandalan peralatan menurut IEEE 493-2007.

Dalam menghitung keandalan dengan metode pengurangan jaringan akan dihitung keandalan sistem distribusi stasiun Blok M.



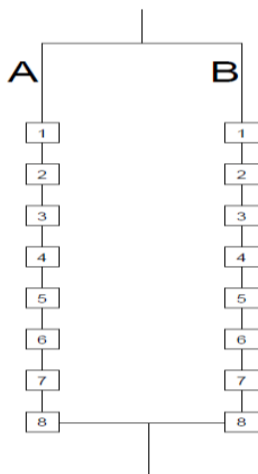
Gambar 4.1 Diagram satu Garis Stasiun Blok M

Dari Gambar 4.1 kemudian di masukan nilai laju kegagalan peralatan berdasarkan IEEE 493-2007

Tabel 4.1 Nilai Kegagalan Peralatan

No.	Nama Peralatan	Laju Kegagalan $\lambda$	Waktu Perbaikan $r$
1	Kabel 20 kV RSS-Stasiun Blok M	0,006416	567,87
2	Terminasi 20 kV	0,000333	8
3	PMT	0,0036	109
4	Busbar 20 kV	0,001917	17,3
5	PMS	0,0061	1,6
6	PMT	0,0036	109
7	Transformer	0,0059	297,4
8	Busbar 380 V	0,000802	550
9	CB 380 V	0,0042	147
10	CB 380 V	0,0042	147
11	Terminasi 380 kV	0,000127	3,8
12	Kehilangan Satu Pasokan PLN	1,644	0,15

Dari gambar 4.1 sistem kelistrikan Stasiun Blok M dibuat sebuah diagram blok yang memiliki dua sistem yang tersusun paralel yaitu Sistem A dan B. Dengan metode Pengurangan Jaringan langkah awal yang dilakukan adalah menghitung laju kegagalan komponen pada sistem A dengan menggabungkan semua komponen A yang tersusun seri dan menghitung semua komponen B pada sistem B kemudian menggabungkan sistem A dan B secara paralel.



Gambar 4.2 Diagram Blok Stasiun Blok M

Untuk hasil perhitungan keandalan pada stasiun Blok M di tampilkan pada tabel 4.2. Cara yang sama dilakukan untuk semua stasiun layang lainnya dan hasil perhitungannya ditampilkan pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Keandalan pada Stasiun Blok M

Stasiun Blok M						
No.	Nama Peralatan	Panjang (m)	Laju Kegagalan $\lambda$	Laju Perbaikan $r$	kegagalan Paksa $\lambda r$	Ketersediaan A
<b>Tahap 1</b>						
1	Kabel 20 kV RSS- Stasiun Blok M	582	0,006416	567,87	3,643311573	0,999584097
2	Terminasi 20 kV		0,000333	8	0,002664	0,999996966
3	PMT		0,0036	109	0,3924	0,999955205
4	Busbar 20 kV		0,001917	17,3	0,0331641	0,999996214
5	PMS		0,0061	1,6	0,00976	0,999998886
6	PMT		0,0036	109	0,3924	0,999955205
7	Transformer		0,0059	297,4	1,75466	0,999799696
8	Busbar 380V		0,000802	550	0,4411	0,999949646
9	CB 380V		0,0042	147	0,6174	0,999929521
10	CB 380V		0,0042	147	0,6174	0,999929521
11	Terminasi 380 kV		0,000127	3,8	0,0004826	0,999999945
12	Kehilangan Satu Pasokan PLN		1,644	0,15	0,2466	0,999971849
<b>Total Sistem A</b>			<b>1,681195</b>	<b>4,7152433</b>	<b>8,151342273</b>	<b>0,999069481</b>
Sistem A=B						
<b>Tahap 2</b>						
<b>Penggabungan Sistem A/B</b>			<b>0,0030427</b>	<b>2,3576217</b>	<b>0,00717365</b>	<b>0,999999181</b>
<b>A %</b>						
<b>99,99992</b>						

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Keandalan Stasiun Layang

No.	Stasiun	Laju Kegagalan $\lambda$	Laju Perbaikan $r$	kegagalan paksa $\lambda r$	Ketersediaan	
					A	%
1	Blok A	0,00520	4,01391	0,02089	0,999997616	99,9998
2	H Nawi	0,02228	16,90038	0,37660	0,999957009	99,996
3	Cipete	0,05627	41,92508	2,35921	0,999730684	99,973
4	Fatmawati	0,13023	94,71066	12,33426	0,998591979	99,859
5	Lebak Bulus	0,25048	177,40528	44,43735	0,994927243	99,493
7	Blok M	0,00304	2,35762	0,00717	0,999999181	99,9999
8	Sisingamangaraja	0,00863	6,62426	0,05716	0,999993474	99,999

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Metode RIA dapat digunakan untuk menganalisa keandalan sistem distribusi stasiun layang MRTJ.
2. Nilai indeks keandalan sistem distribusi pada stasiun Sisingamangaraja, Blok M, Blok A, dan H Nawi, bila di dibandingkan dengan nilai ketersediaan maka durasi kemampuan UPS masih dapat mencukupi saat terjadi kegagalan. Sedangkan untuk stasiun Cipete, Fatmawati, Lebak Bulus prediksi durasi padam melebihi durasi kemampuan UPS. Stasiun yang terdekat dengan GI memiliki tingkat keandalan paling tinggi dan memenuhi kriteria keandalan sesuai IEEE 493-2007.
3. Dari hasil perhitungan diatas pengantar memiliki indeks kegagalan yang tertinggi dari semua Peralatan.

### 5.2 Saran

1. Dengan mempertimbangkan nilai tersebut diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengurangi indeks frekuensi kegagalan saluran pengantar dalam rangka peningkatan keandalan sistem distribusi secara keseluruhan.
2. Penambahan tenaga listrik cadangan untuk Stasiun Cipete, Fatmawati dan Lebak Bulus berupa generator.

## DAFTAR ACUAN/PUSTAKA

1. A.S Pabla: *Electric Power Distribution*: Mc Graw-Hill, 2005.
2. Ali A. Choudhury and Don O. Koval: *Power Distribution System Reliability*: John Wiley & Son Inc, 2009.
3. Anthony J. Pansini: *Power Transmission & Distribution 2<sup>nd</sup> Edition*: The Fairmont Press, Inc, 2005.
4. Djiteng Marsudi: *Operasi Sistem Tenaga Listrik*: Graha Ilmu, 2015.
5. IEEE 1366<sup>tm</sup>-2003: *Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*: IEEE INC.
6. IEEE Std 493 <sup>TM</sup> -2007 (Revision of IEEE Std 493-1997) *IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems*: IEEE Inc.
7. PT. PLN (Persero): SPLN 59: Keandalan pada system Distribusi 20kV dan 6kV: 1985.
8. PT. PLN (Persero): Buku 1: Kriteria disain enjiniring konstruksi jaringan Distribusi Tenaga Listrik: 2010.
9. Richard E. Brown: *Distribution Reliability Assessment and Reconfiguration Optimization*: IEEE, 2001.
10. Richard E. Brown: *Electric Power Distribution Reliability 2<sup>nd</sup> Edition*: CRC Press, 2009