



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENENTUAN PRIORITAS PEMELIHARAAN  
BERDASARKAN INDEKS KEANDALAN PADA SISTEM  
DISTRIBUSI LISTRIK BANDAR UDARA  
SOEKARNO-HATTA**

**TESIS**

**HENDRI SAPUTRA**  
**0806424402**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
DESEMBER 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENENTUAN PRIORITAS PEMELIHARAAN  
BERDASARKAN INDEKS KEANDALAN PADA SISTEM  
DISTRIBUSI LISTRIK BANDAR UDARA SOEKARNO-  
HATTA**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik**

**HENDRI SAPUTRA**  
**0806424402**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
KEKHUSUSAN TENAGA LISTRIK DAN ENERGI  
DEPOK  
DESEMBER 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Hendri Saputra**

**NPM : 0806424402**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : 15 Desember 2010**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tesis dengan judul

### **PENENTUAN PRIORITAS PEMELIHARAAN BERDASARKAN INDEKS KEANDALAN PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

#### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr-Ing Eko Adhi Setiawan, MT (.....)

Pembimbing : Prof. Dr. Iwa Garniwa, MT (.....)

Penguji : Prof. Dr. Rudy Setiabudy, DEA (.....)

Penguji : Ir. Amien Raharjo, MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Desember 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, karena hanya dari-Nya-lah segala berkah dan rahmat yang membuat saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Magister Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Elektro. Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr-Ing. Eko Adi Setiawan, ST, MT; Bapak Prof. Dr. Iwa Garniwa, MK. MT dan Bapak Fahrizal, PhD yang telah memberikan kesempatan, arahan, waktu, dan pikirannya untuk membantu saya dalam menyelesaikan Tesis ini.

Depok, Desember 2010

Penulis

## **HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hendri Saputra  
NPM : 0806424402  
Program Studi : Teknik Tenaga Listrik  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Penentuan Prioritas Pemeliharaan Berdasarkan Indeks Keandalan Pada Sistem Distribusi Listrik Bandar Udara Soekarno-Hatta**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 15 Desember 2010  
Yang menyatakan

(Hendri Saputra)

## ABSTRAK

Nama : Hendri Saputra  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Penentuan Prioritas Pemeliharaan Berdasarkan Indeks Keandalan pada Sistem Distribusi Listrik Bandar Udara Soekarno-Hatta

Salah satu parameter yang bisa dipakai dalam mengukur kinerja keandalan sistem distribusi adalah nilai WASRI (Weighted Average System Reliability Index) Semakin tinggi nilai dari indeks tersebut maka semakin rendah keandalan dari sistem distribusi. Untuk mencapai tingkat keandalan yang sesuai maka perlu diadakan kegiatan pemeliharaan. Efektifitas (E) kegiatan pemeliharaan diperoleh dari perbandingan antara perubahan nilai WASRI dengan biaya kegiatan pemeliharaan terkait. Dengan mengurut nilai E berdasarkan besarnya akan didapatkan prioritas kegiatan pemeliharaan untuk mencapai tingkat keandalan sistem yang diinginkan dari anggaran kegiatan pemeliharaan yang ada.

Dengan studi kasus sistem distribusi listrik bandar udara Soekarno-Hatta, berdasarkan data dihitung perubahan laju kegagalan pada subsistem, komponen indeks keandalan dan Efektifitas kegiatan pemeliharaan dari biaya pemeliharaan yang ada. Didapatkan 3 peringkat prioritas tertinggi untuk pemeliharaan dari jaringan Technical Priority berturut-turut adalah T2-T0-T6 dan untuk jaringan General Priority adalah P15-P7-P55.

Kata kunci:  
Keandalan Distribusi, Prioritas Pemeliharaan, Indeks Keandalan

## ABSTRACT

Name : Hendri Saputra  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Maintenance Priority based on Reliability Index at Soekarno-Hatta Airport Electric Distribution System

One of the parameters that can be used in measuring the performance of distribution system reliability is the value of WASRI (Weighted Average System Reliability Index). To achieve an appropriated reliability its need to do a maintenance. E (Effective) value of maintenance activities can be calculated by divide the WASRI changing value with the cost of maintenance activities at that subsystem. By ranking the E value, we will know the priority of maintenance activity to achieve the reliability target based on cost of maintenance.

Based on data at Soekarno-Hatta Airport electric distribution system, we can calculate the change of subsystem failure rate, reliability index component and the effectivity of maintenance task. The highest ranking for maintenace task at Technical Priority are T2-T0-T6 and at General Priority are P15-P7-P55.

Keywords :  
Distribution Reliability, Maintenance Priority, Reliability Index

# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	4
<b>2. TEORI PENUNJANG .....</b>	<b>5</b>
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	5
2.1.1 Sistem Radial.....	5
2.1.2 Sistem Cincin.....	5
2.1.3 Sistem Spindel .....	6
2.1.4 Sistem Network .....	7
2.2 Prinsip Keandalan dan Ketersediaan .....	7
2.2.1 Laju Kegagalan .....	8
2.2.2 Konsep Kurva Bahtub .....	9
2.3 Reliability pada Sistem.....	10
2.3.1 Sistem Seri.....	10
2.3.2 Sistem Paralel.....	11
2.3.3 Sistem Kombinasi.....	13
2.4 Analisis Keandalan pada Jaringan Distribusi Listrik .....	14
2.4.1 State Enumeration .....	14
2.4.2 Network Reduction.....	16
2.4.3 Indeks Keandalan.....	17
2.5 Pemeliharaan.....	18
2.5.1 Tujuan Pemeliharaan.....	19
2.5.2 Jenis-jenis Pemeliharaan .....	19
2.6 Metode Prioritas Pemeliharaan .....	21
2.6.1 Metode Component Criticality in Customer Delivery Systems.....	21
2.6.2 Interruption Cost based Importance Index .....	23
2.6.3 Metode WASRI.....	24
<b>3. METODE PENENTUAN PRIORITAS PEMELIHARAAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Gambaran Umum Sistem Kelistrikan Bandar Udara .....	28



3.1.1	Pembagian Beban Listrik menurut Kelas Bandara .....	28
3.1.2	Sistem Kelistrikan Bandara Soekarno-Hatta .....	29
3.2	Dasar Pemilihan Metode Prioritas Pemeliharaan.....	32
3.3	Metode yang Digunakan.....	33
3.3.1	Data yang Dibutuhkan.....	33
3.3.2	Rencana Penelitian.....	33
<b>4.</b>	<b>PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
4.1	Pengumpulan Data.....	37
4.2	Parameter Keandalan Sistem Distribusi .....	37
4.2.1	Laju Kegagalan.....	37
4.2.2	Indeks Keandalan.....	38
4.2.3	Bobot pada Indeks Keandalan.....	39
4.2.4	Perhitungan Biaya Pemeliharaan .....	39
4.3	Perhitungan Laju Kegagalan, Masukan Indeks Keandalan dan Masukan Biaya Pemeliharaan.....	39
4.3.1	Laju Kegagalan Subsistem/Gardu .....	39
4.3.2	Nilai Si, Dj dan Ti .....	42
4.3.3	Biaya Pemeliharaan .....	44
4.4	Prioritas Pemeliharaan pada Jaringan Distribusi Listrik Primer Bandar Udara Soekarno-Hatta.....	44
<b>5.</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>48</b>
	DAFTAR REFERENSI .....	49
	LAMPIRAN.....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Radial.....	5
Gambar 2.2	Sistem Ring.....	6
Gambar 2.3	Sistem Spindel.....	6
Gambar 2.4	Sistem Network.....	7
Gambar 2.5	Kurva Bathtub.....	10
Gambar 2.6	Sistem seri.....	11
Gambar 2.7	Sistem Paralel.....	12
Gambar 2.8	Sistem Kombinasi.....	13
Gambar 2.9	Ilustrasi Sistem Distribusi.....	15
Gambar 2.10	Teknik Even Tree.....	16
Gambar 3.1	Single Line Diagram Sistem Distribusi Listrik Tegangan Menengah Bandara Soekarno-Hatta.....	31
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian.....	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Nilai Perubahan Laju Kegagalan pada Subsistem/Gardu.....	41
Tabel 4.2	Nilai WASRI Subsistem/Gardu Jaringan Distribusi Technical Priority dan General Priority.....	43
Tabel 4.3	Nilai E Subsistem/Gardu Jaringan Distribusi Technical Priority dan General Priority.....	46



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bandar udara adalah kawasan didaratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang bongkar muat barang dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. Penyelenggaraan kegiatan operasi bandar udara yang aman, lancar harus didukung oleh peralatan penunjang operasi penerbangan yang baik, terjaga kontinuitas operasi dan unjuk kerjanya. Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi telah diikuti pula dengan perkembangan teknologi peralatan navigasi, komunikasi dan peralatan-peralatan lain dalam menunjang operasi penerbangan. Peralatan tersebut sangat membutuhkan suplai listrik yang kontiniu, handal dan stabil sesuai dengan kriteria dan spesifikasi masing-masing.

Indonesia sebagai salah satu negara anggota Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (International Civil Aviation Organization, ICAO) bertanggung jawab atas pelayanan keselamatan dan keamanan bagi semua kegiatan penerbangan sipil. Pelayanan dimaksud termasuk didalamnya penyediaan fasilitas keselamatan penerbangan berikut fasilitas penunjangnya yaitu catu daya listrik. Kehandalan, keamanan dan kualitas catu daya listrik harus memenuhi persyaratan internasional yang ditentukan oleh ICAO yang tertuang dalam ANNEX 14, *Aerodrome Design Manual* part IV dan V dan ANNEX 10 serta persyaratan nasional diantaranya Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL-Indonesia). Sistem kelistrikan Bandar Udara sebagai tulang punggung bagi pengoperasian seluruh peralatan fasilitas bandar udara oleh karenanya harus memenuhi standar kontinuitas, kehandalan dan keamanan dalam menunjang operasi bandar udara

Tingkat kehandalan dari sistem kelistrikan bandara ditentukan oleh alat – alat pada sistem jaringan listrik seperti kabel saluran, pemutus tenaga, transformator dan lain- lain. Gangguan pada salah satu peralatan tersebut akan mempengaruhi tingkat kehandalan sistem listrik bandara secara keseluruhan, oleh

karena itu seluruh alat- alat tersebut perlu dijaga dan dirawat agar dapat bekerja untuk menyalurkan energi listrik ke konsumen secara kontiniu dan terjamin.

Agar gangguan dan kendala dalam pengoperasian sistem kelistrikan bandara tidak terjadi maka seluruh jaringan dan peralatan listrik yang ada memerlukan pemeliharaan. Pemeliharaan merupakan kombinasi dari kegiatan teknis, manajemen dengan dukungan finansial. Semakin lengkap dan kompleks pemeliharaan yang dilakukan maka semakin besar biaya yang dibutuhkan. Agar tercapai kondisi optimal dari kegiatan pemeliharaan, dibutuhkan perencanaan pemeliharaan yang terkait aspek pekerjaan teknis dan manajemennya dan biaya yang tersedia.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah yang dirumuskan pada penelitian ini adalah :

1. Keandalan sistem jaringan distribusi listrik bandar udara tergantung pada kondisi peralatan-peralatan yang tercakup didalamnya.
2. Pemeliharaan peralatan yang dilaksanakan masih pemeliharaan *run to failure* atau pemeliharaan ketika terjadi kerusakan dan pemeliharaan preventif.
3. Belum diterapkannya suatu metode atau cara dalam analisis reliability untuk evaluasi pemeliharaan sistem distribusi listrik bandar udara

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis keandalan sistem distribusi listrik bandar udara untuk mengefektifkan antara kegiatan teknis pemeliharaan dan biaya yang tersedia.
2. Menentukan prioritas pemeliharaan peralatan pada jaringan distribusi listrik primer bandar udara berdasarkan tingkat keandalan dan biaya pemeliharaan yang tersedia.
3. Mengoptimalkan efektifitas dari kegiatan pemeliharaan terhadap sistem distribusi tenaga listrik bandar udara Soekarno-Hatta yang berdasarkan keandalan dari sistem dan biaya pemeliharaan yang ada

#### **1.4 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini, masalah dibatasi pada :

1. Kasus hanya ditinjau pada jaringan distribusi listrik primer bandar udara Soekarno-Hatta yaitu jaringan listrik primer technical dan general priority.
2. Besar nilai kehandalan dan laju kegagalan berpedoman pada besaran yang telah ditetapkan sebagai acuan yaitu dengan tingkat keandalan 98 %.
3. Nilai biaya pemeliharaan yang dipakai adalah nilai biaya pemeliharaan yang dialokasikan oleh Manajemen untuk kegiatan pemeliharaan preventive berjadwal pada gardu/substation listrik di sistem distribusi listrik primer bandar udara Soekarno-Hatta.
4. Perhitungan laju kegagalan subsistem menggunakan nilai standar laju kegagalan pada IEEE Std 493-2007 dan SPLN No. 59 tahun 1985, dengan asumsi kondisi peralatan beroperasi normal tanpa melihat kondisi, kualitas dan status usia peralatan yang terpasang.
5. Pemakaian bobot untuk perhitungan indeks diasumsikan menurut hasil analisis rootcause pada sistem jaringan listrik yang beroperasi tanpa putus (no break system), yaitu sebesar 0,3 untuk indeks SAIFI; 0,6 untuk indeks SAIDI dan 0,1 untuk indeks MAIFI<sub>E</sub>.

#### **1.5 Metode Penelitian**

1. Studi literatur, untuk mempelajari dan menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sesuai.
2. Mengumpulkan data pada jaringan distribusi listrik primer di bandar udara Soekarno-Hatta berupa laju kegagalan, data interupsi (jumlah dan durasi), biaya pemeliharaan dan data terkait lainnya.
3. Mendalami metode dan riset terakhir yang berkaitan dengan keandalan dalam sistem distribusi listrik dan prioritas pemeliharaan.
4. Menentukan metode yang akan dipakai dalam pembuatan perencanaan prioritas pemeliharaan peralatan pada jaringan listrik bandara.
5. Menyusun dan membuat sistematika penelitian berdasarkan data yang diperoleh dan menerapkan metode yang telah dipilih.

6. Menghitung besaran masukan dari data yang diperoleh dengan menggunakan metode yang sudah dipilih.
7. Menganalisis perhitungan dan membuat kesimpulan dari analisis tersebut.

### **1.6 Sistematika Pembahasan**

Pada bab 1 membahas tentang latar belakang penelitian, perumusan permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika pembahasan. Bab 2 membahas tentang gambaran sistem kelistrikan bandara, teori jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah dan tegangan rendah, teori kehandalan, ketersediaan dan laju kegagalan jaringan distribusi listrik, perhitungan dan indeks kehandalan, jenis pemeliharaan dan metode prioritas pemeliharaan peralatan. Bab 3 membahas tentang kondisi jaringan distribusi listrik di bandar udara Soekarno Hatta, Metode penelitian dan pengumpulan data, metode perhitungan kehandalan dan penentuan prioritas pemeliharaan. Bab 4 melakukan perhitungan dan menganalisis hasil perhitungan. Dan bab 5 kesimpulan.

## BAB 2

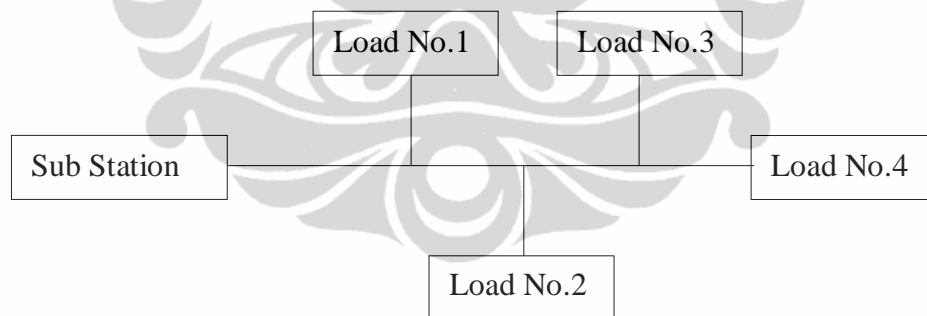
### TEORI PENUNJANG

#### 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi [1] adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan pembangkit atau sumber ke fasilitas atau peralatan pelanggan. Ada empat klasifikasi umum dari sistem jaringan distribusi tenaga listrik :

##### 2.1.1 Sistem Radial

Sistem ini [3] adalah sistem paling sederhana dan paling murah. Sistem ini menyalurkan tenaga listrik melalui jalur radial dari pembangkit kemudian diperbanyak ke beberapa wilayah lalu sampai ke titik beban. Sistem ini [1] kurang handal dalam hal kontinuitas pelayanan disebabkan tidak ada sistem cadangan yang terhubung ke pembangkit. Jika salah satu jalur putus atau ada beban yang mengalami gangguan. Maka akan memungkinkan terjadinya pemadaman secara keseluruhan. Sistem ini biasa digunakan pada kawasan yang kerapatan bebannya rendah dan tidak memerlukan kehandalan yang tinggi atau kawasan yang tidak menguntungkan secara ekonomi.

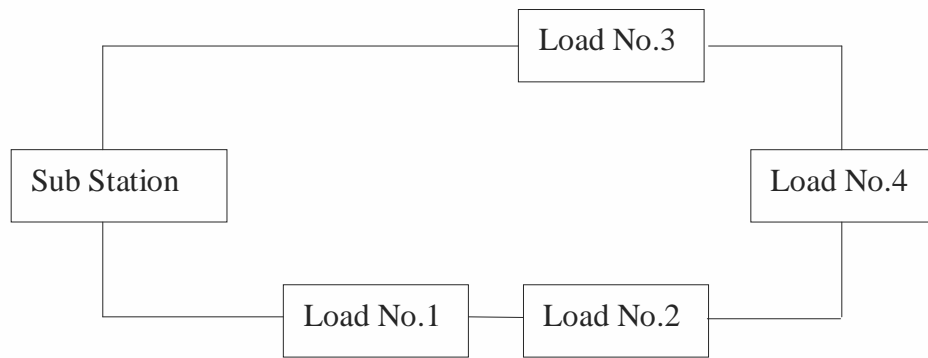


Gambar 2.1 Bentuk Umum Sistem Radial  
( sumber : *Electrical Distribution System 2nd edition*; CRC Press )

##### 2.1.2 Sistem Cincin (Ring)

Konfigurasinya menyerupai bentuk cincin (ring) [5]. Digunakan [3] pada wilayah yang populasinya padat, jalur distribusi melingkupi wilayah pelayanan, daya disalurkan dari satu atau lebih pembangkit ke substation yang berada di wilayah pelayanan. Sistem ini memiliki dua jalur suplai daya.





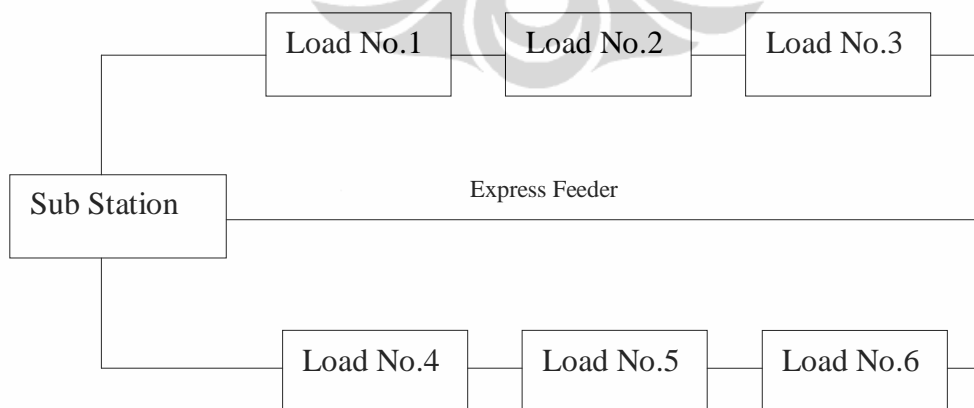
Gambar 2.2 Sistem Ring

( sumber : *Electrical Distribution System 2nd edition*; CRC Press )

Ketika salah satu jalur terputus maka tidak terjadi pemadaman keseluruhan dan interupsi terhadap beban yang tidak mengalami gangguan. Sistem ini menyediakan kontinuitas pelayanan yang lebih baik daripada sistem radial, dan lebih mahal dari segi biaya.

### 2.1.3 Sistem Spindel

Sistem ini [5] memiliki ciri mempunyai express feeder yang memanfaatkan peralatan gardu induk, gardu hubung dan satu penyulang khusus yang tidak terbebani sebagai cadangan. Penyulang khusus hanya digunakan ketika jalur utama mengalami gangguan. Jaringan spindel digunakan untuk melayani beban komersil dan industri yang memiliki nilai potensial ekonomis yang tinggi.

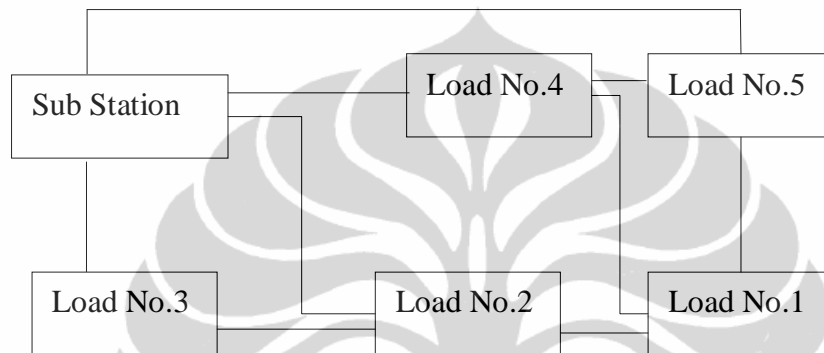


Gambar 2.3 Sistem Spindel

( sumber : *Electrical Distribution System 2nd edition*; CRC Press )

#### 2.1.4 Sistem Network

Sistem ini merupakan kombinasi dari sistem ring dan radial [3]. Titik beban dapat disuplai dari banyak saluran dan sumber, konfigurasi memungkinkan suplai daya dari dua atau lebih jalur distribusi. Sistem ini memiliki kontinuitas pelayanan dan kehandalan yang paling baik namun lebih kompleks dan memerlukan biaya yang sangat besar baik dalam investasi maupun perawatannya.



Gambar 2.4 Sistem Network

( sumber : *Electrical Distribution System 2nd edition*; CRC Press )

## 2.2 Prinsip Kehandalan dan Ketersediaan

Kehandalan (reliability) [1][2] adalah kemampuan dari sistem untuk dapat melakukan fungsi yang telah dirancang pada kondisi operasi tertentu dan untuk suatu periode waktu tertentu.

Dua pendekatan untuk evaluasi kehandalan dari sistem distribusi historical assesment dan predictive assesment. Historical assesment melibatkan pengumpulan dan analisa outage sistem distribusi dan data interupsi terhadap konsumen pendekatan model ini secara umum digambarkan sebagai kondisi masa lalu dari sistem dengan perekaman data dari frekuensi, durasi dan penyebab dari kegagalan komponen sistem. Sedangkan predictive assesment lebih merupakan kombinasi dari data sejarah kegagalan komponen dan model matematik untuk memperkirakan penampilan dari desain suatu konfigurasi.

Sedangkan ketersediaan [2][7] (availability) adalah persentase waktu dari suatu sistem atau komponen dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

$$= \frac{\dots}{\dots} \quad (2.1)$$

Ketika suatu komponen dari alat/sistem mengalami kegagalan, maka alat atau sistem tersebut keluar dari pelayanan. Sampai peralatan / sistem tersebut diperbaiki atau digantikan oleh unit yang lain maka kondisinya tidak tersedia untuk pelayanan terhadap konsumen. Meskipun unit cadangan telah ada tapi tetap membutuhkan waktu untuk penggantian. Waktu yang dibutuhkan suatu sistem/alat untuk kembali dalam pelayanan disebut sebagai “repair time”. Gangguan / kegagalan membuat unit yang berada dalam kondisi operasi menjadi kondisi tidak operasi. Rata-rata waktu sampai terjadinya kegagalan operasi/gangguan disebut *mean time to failure* atau MTTF. Dan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk membuat peralatan / sistem itu beroperasi kembali disebut *mean time to repair*, MTTR. Maka ketersediaan dapat juga dirumuskan sebagai :

$$= \frac{\dots}{\dots} \quad (2.2)$$

dengan :

- A : Ketersediaan rata-rata (jam/tahun)
- MTTF : Mean time to failure (jam)
- MTTR : Mean time to repair (jam)

### 2.2.1 Laju Kegagalan ( ) [2]

Laju kegagalan adalah banyaknya kegagalan per unit yang mungkin terjadi selama selang waktu yang ditentukan. Untuk sekelompok peralatan atau komponen, banyaknya kegagalan yang mungkin terjadi adalah jumlah unit peralatan dalam kelompok itu dikalikan dengan laju kegagalan.

$$, = \frac{\dots}{\dots} \quad (2.3)$$

keterangan :

: Laju Kegagalan

Jika suatu komponen atau sistem mempunyai laju kegagalan yang konstan maka keandalan dari komponen atau sistem tersebut dapat dirumuskan

$$= \frac{\dots}{\dots} \quad (2.4)$$

Dimana :

- R : Keandalan komponen / sistem

- $\lambda$  : Laju Kegagalan komponen / sistem
- $e$  : Bilangan Natural (2,718281828...)
- $t$  : Periode waktu yang dikehendaki

Dari rumus keandalan diatas dan dengan laju kegagalan yang konstan maka dapat dicari waktu rata-rata terjadinya kerusakan terhadap komponen / sistem

$$= \left( \frac{1}{\lambda} \right) \quad (2.5)$$

$$= \frac{1}{\lambda} = - \quad (2.6)$$

Keterangan :

MTTF : Mean Time to Failure (jam)

### 2.2.2 Konsep Kurva Bathhtub [2][7]

Grafik yang biasa digunakan untuk menggambarkan laju kegagalan suatu peralatan adalah kurva bathhtub. Umur pakai peralatan dalam kurva bathhtub dibedakan menjadi tiga periode dalam kurva bathhtub :

#### a. Infant Mortality

Pada periode waktu ini dimulai dengan laju kegagalan yang tinggi kemudian terjadi penurunan nilai laju kegagalan yang tajam. Besarnya nilai laju kegagalan ini disebabkan adanya kemungkinan cacat produksi dari peralatan, kerusakan pada saat transportasi, kerusakan instalasi dan lain-lain.

#### b. Useful Life

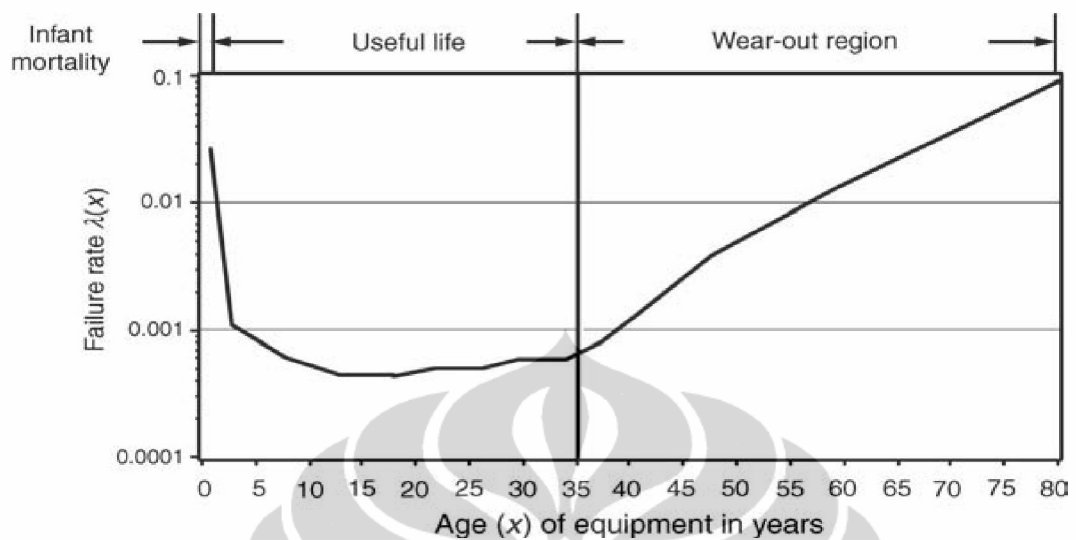
Peralatan sudah dipasang dan siap dipergunakan atau peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga nilai laju kegagalan dalam periode ini adalah rendah dan mendekati konstan. Namun kegagalan dapat terjadi pada kemungkinan dan waktu yang acak

#### c. Wear Out

Pada periode ini laju kegagalan meningkat dengan cepat karena terjadinya aus dalam peralatan sampai pada akhirnya peralatan tersebut rusak dan harus digantikan dengan yang baru.

Kenaikan laju kegagalan pada periode Wear Out dapat dikurangi dengan pemeliharaan preventif atau dapat juga dilakukan overhaul direncanakan/preventive replacement sehingga nilai laju kegagalan dapat turun

mendekati periode useful life. Kegiatan tersebut juga dilaksanakan untuk menambah panjang useful life dari peralatan.



Gambar 2.5 Kurva Bathtub

( sumber : *Power Distribution System Reliability*; John Wiley & Son Inc )

### 2.3 Reliability pada Sistem [2]

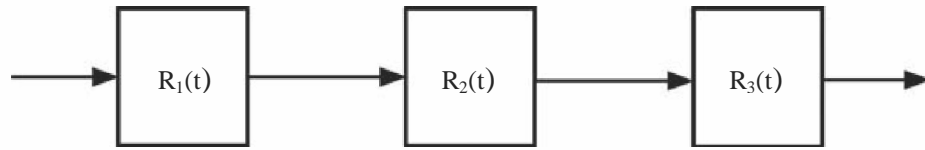
Kebanyakan sistem tersusun dari komponen – komponen subsistem. Agar bisa berfungsi subsistem-subsistem ini perlu diatur dan disusun secara seri atau paralel atau kombinasi dari keduanya.

#### 2.3.1 Sistem Seri

Pada sistem seri maka semua peralatan – peralatan yang ada dalam sistem harus bekerja atau berfungsi seluruhnya agar sistem tersebut bisa beroperasi atau tidak gagal. Dengan kata lain apabila ada satu peralatan saja tidak bekerja maka akan mengakibatkan keseluruhan sistem gagal. Oleh karena itu sistem seri sering juga disebut non redundant system (sistem tidak bercadangan). Contohnya pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik berbentuk radial yang terdiri atas : saluran, pemisah, isolator, busbar, gardu distribusi dan lain-lain antara peralatan satu dengan yang lainnya dihubungkan secara seri dan pelanggan dihubungkan pada titik bebannya.

Setiap komponen dalam sistem seri mempunyai laju kegagalan dan keandalannya masing-masing. Dan laju kegagalan serta kehandalan dari sistem tergantung pada keandalan komponen. Keandalan disini merupakan fungsi

probabilitas pada interval waktu tertentu. Jadi keandalan dalam sistem seri adalah kemungkinan dari setiap komponen dalam sistem bisa berfungsi secara terus menerus pada interval waktu yang ditetapkan. Secara sederhana susunan seri dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.6 Sistem Seri

( sumber : *Power Distribution System Reliability*; John Wiley & Son Inc )

Maka keandalan dari sistem seri tersebut dirumuskan :

$$= ( ) \times ( ) \times \dots \times ( ) \quad (2.7)$$

$$= \dots = ( \dots ) \quad (2.8)$$

Keterangan :

: Keandalan sistem seri

( ); ( )... ( ) : Keandalan dari komponen 1; 2 dan ...komponen n

: Laju Kegagalan komponen

$e$  : Bilangan Natural (2,718281828...)

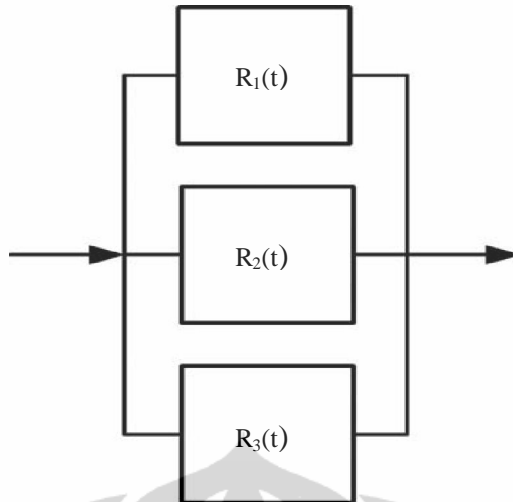
$t$  : Periode waktu yang dikehendaki

Jika jumlah dari (  $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$  ) adalah konstan maka laju kegagalan dari sistem yang disusun oleh beberapa komponen secara seri tersebut adalah

$$= - \quad (2.9)$$

### 2.3.2 Sistem Paralel

Keandalan sistem paralel berarti hanya satu komponen bagian dari sistem yang harus berfungsi agar sistem dapat beroperasi normal. Sejak salah satu komponen yang diperlukan oleh sistem agar bekerja / beroperasi dapat berfungsi maka komponen lain bisa menjadi cadangan. Cadangan atau redundant ini membuat keandalan seluruh sistem tinggi. Sistem akan gagal apabila semua komponen yang ada dalam hubungan paralel mengalami kegagalan.



Gambar 2.7 Sistem Paralel

( sumber : *Power Distribution System Reliability*; John Wiley & Son Inc )

Jika kegagalan yang terjadi saling bebas antara satu komponen dengan yang lain maka kemungkinan gagal dari sistem akan sama dengan perkalian dari kemungkinan kegagalan pada setiap komponen :

$$R(t) = R_1(t) \times R_2(t) \times \dots \times R_n(t) \quad (2.10)$$

Jika semua komponen mempunyai kemungkinan kegagalan yang sama maka

$$R(t) = [R_1(t)]^n \quad \text{dan} \quad (2.11)$$

Dimana :

$R(t)$  : Kemungkinan gagal dari sistem / Ketakhandalan

$R_1(t); R_2(t); \dots; R_n(t)$  : Kemungkinan gagal komponen 1; 2 ...komponen n

$n$  : jumlah komponen yang diparalel

Maka keandalan dari sistem paralel adalah :

$$R(t) = 1 - [1 - R_1(t)]^n = 1 - [1 - e^{-\lambda_1 t}]^n \dots = 1 - [1 - e^{-\lambda_n t}]^n \quad (2.12)$$

Dimana :

$R(t)$  : Keandalan sistem paralel

$\lambda_n$  : Laju Kegagalan komponen n

$e$  : Bilangan Natural (2,718281828...)

$t$  : Periode waktu yang dikehendaki

Dan jika semuanya sama maka

$$R(t) = 1 - [1 - e^{-\lambda t}]^n \quad (2.13)$$

Keandalan pada sistem ini bukanlah fungsi eksponensial seperti pada sistem seri. Laju kegagalan pada sistem paralel tidak konstan tapi bervariasi terhadap waktu. Untuk beberapa unit yang sama paralel dalam suatu sistem dapat dirumuskan :

$$= - + - + - + \dots + - \quad (2.14)$$

### 2.3.3 Sistem Kombinasi

Beberapa sistem biasanya tersusun dari gabungan beberapa subsistem yang terhubung secara kombinasi dari sistem seri atau paralel. Jika diagram skema dari sistem tersebut bisa didapat dan keandalan masing-masing komponen diketahui maka kehandalan dari sistem bisa dianalisa dengan menggunakan teori Bayes.

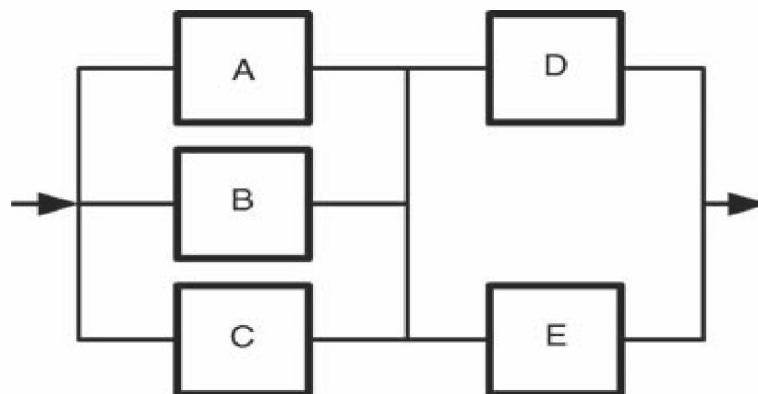
$$R_{system} = R(\text{ under condition 1}) \times P(\text{condition 1}) \times R(\text{under condition 2}) \times P(\text{condition 2}) \times R(\text{under condition 3}) \times P(\text{condition 3}) \dots (2.15)$$

diberikan :  $P(\text{condition 1}) + P(\text{condition 2}) + \dots = 1 \quad (2.16)$

Dalam banyak aplikasi hanya akan ada dua kondisi, kondisi yang menyatakan komponen baik dan kondisi komponen gagal. Jika ada komponen yang dipilih adalah komponen X maka dapat dirumuskan

$$R_{System} = (R_{system \text{ given component } X \text{ is good}}) \times R(X) + (R_{system \text{ given component } X \text{ is bad}}) \times Q(X) \quad (2.17)$$

Teori ini bisa diaplikasikan secara berulang sehingga sistem yang rumit bisa diurai menjadi beberapa bagian yang mempunyai pemecahan dengan formula biasa.



Gambar 2.8 Sistem Kombinasi

( sumber : *Power Distribution System Reliability*; John Wiley & Son Inc )



Dari contoh pada gambar 2.8 maka bisa disusun analisa bahwa sistem terdiri dari 2 subsitem yang tersusun seri, subsitem 1 terdiri dari komponen A,B dan C yang terhubung paralel. Sedangkan subsitem 2 terdiri dari komponen D dan E yang terhubung paralel. Maka kehandalan dari sistem tersebut dapat dirumuskan :

$$R_{\text{system}} = R(A//B//C) \times R(D//E) = (1 - Q_A Q_B Q_C) (1 - Q_D Q_E) \quad (2.18)$$

$$= 1 - Q_A Q_B Q_C - Q_D Q_E + Q_A Q_B Q_C Q_D Q_E \quad (2.19)$$

Dengan menggunakan teori Bayes : dengan memilih komponen B

$$R_{\text{System}} = (R_{\text{system given B is good}}) \times R_B + (R_{\text{system given B is bad}}) \times Q_B \quad (2.20)$$

$$= R(D//E) \times R_B + R(A//C) \times R(D//E) Q_B \quad (2.21)$$

$$= (1 - Q_D Q_E) (1 - Q_B) + (1 - Q_A Q_C) (1 - Q_D Q_E) Q_B \quad (2.22)$$

$$= 1 - Q_D Q_E - Q_B + Q_D Q_E Q_B + Q_B - Q_D Q_E Q_B - Q_A Q_C Q_B + Q_A Q_B Q_C Q_D Q_E \quad (2.23)$$

$$= 1 - Q_D Q_E - Q_A Q_B Q_C + Q_A Q_B Q_C Q_D Q_E \quad (2.24)$$

Dimana

R : Keandalan

$Q_{A;B;.....n}$  : Ketakhandalan komponen A;B;.....n

## 2.4 Analisis Reliability pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

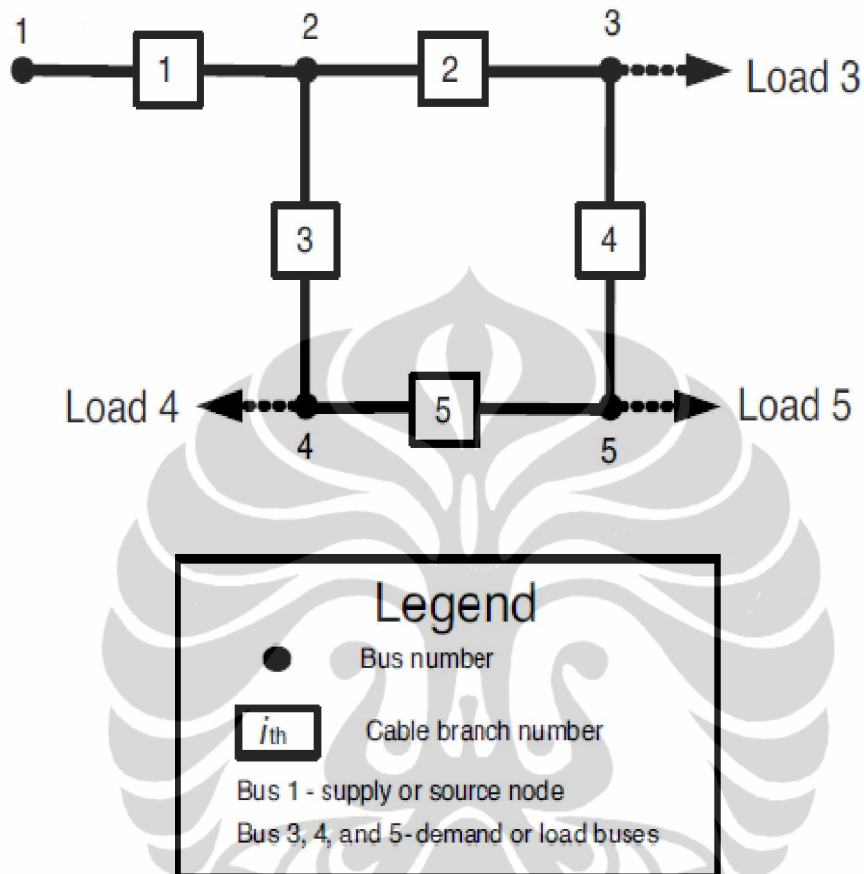
Metode yang biasa digunakan untuk analisis keandalan jaringan distribusi yang kompleks adalah sebagai berikut :

### 2.4.1 State Enumeration [2]

Metode ini melibatkan semua kemungkinan state eksklusif dari sistem berdasarkan kondisi dari komponen penyusunnya. State didefinisikan dengan mengurutkan komponen yang beroperasi baik dan komponen yang gagal dalam sistem. State yang berasal dari komponen yang beroperasi dengan baik bisa diidentifikasi dan probabilitas dari state yang berhasil bisa dihitung. Keandalan dari sistem merupakan jumlah dari probabilitas state yang berhasil beroperasi. Teknik *Even Tree* merupakan penerapan dari metode state enumeration ini, dimana teknik ini secara efisien bisa menghitung keandalan system yang terdiri dari beberapa jumlah komponen saja.

Asumsi dasar dari metode ini dalam keandalan sistem distribusi adalah daya bisa disuplai untuk semua beban. Keandalan sistem bisa diperoleh dengan

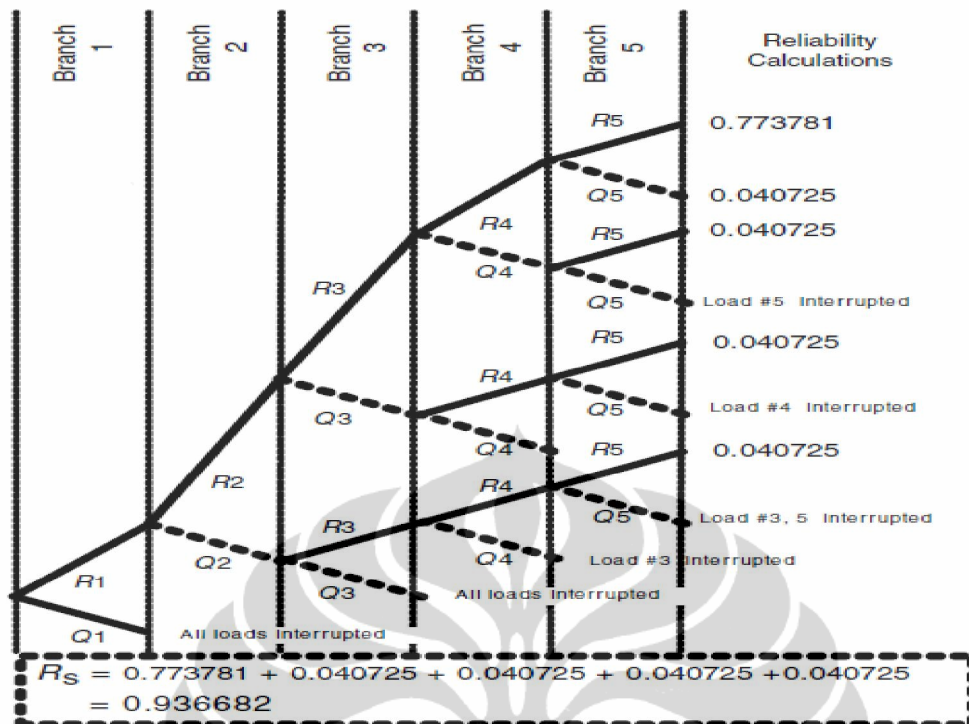
menjumlahkan kemungkinan operasi yang berhasil dari semua komponen didalam sistem. Berikut adalah contoh ilustrasi dari sistem distribusi dengan keandalan dari setiap cabang diasumsikan 0.95 maka kehandalan sistem keseluruhan adalah :



Gambar 2.9 – Ilustrasi Sistem Distribusi

( sumber : *Power Distribution System Reliability*; John Wiley & Son Inc )

(2.25)



Gambar 2.10 Teknik Even Tree untuk menghitung keandalan sistem distribusi  
( sumber : *Power Distribution System Reliability*; John Wiley & Son Inc )

#### 2.4.2 Network Reduction ( Path Enumeration ) [2]

Pada metode ini komponen seri, paralel dan gabungan seri-paralel dalam sistem dikombinasikan sehingga terbentuk susunan komponen yang tidak mengandung gabungan seri-paralel lagi. Path merupakan pengaturan dari komponen yang membentuk hubungan antara input dan output ketika melintasi arah yang telah ditetapkan. Untuk menghitung kehandalan dengan metode ini dapat dilakukan dengan dua teknik yaitu :

- a. Minimum Tie Set

Path minimum diperoleh apabila tidak ada node (titik) yang dilalui lebih dari sekali sepanjang path tersebut. Path minimum  $i$  akan dilambangkan dengan sebagai  $T_i$ . Dengan mengasumsikan semua path bisa beroperasi dan sistem berjalan dengan baik maka keandalan sistem adalah :

$$(2.26)$$

keterangan

$R_s$  : Keandalan sistem

- $T_i$  : Path minimum
- $P$  : Probabilitas sekurangnya satu path dari  $n$  path yang ada saja akan beroperasi
- $U$  : Melambangkan gabungan.

#### b. Minimum Cut Set

Cut set didefinisikan sebagai pengaturan dari komponen jika terjadi kegagalan akan mengakibatkan sistem juga gagal terlepas dari kondisi komponen lain yang ada dalam sistem. Minimum cut set adalah kondisi ketika ada bagian yang tidak tepat dari komponen yang mengalami gagal akan menyebabkan keseluruhan sistem jadi gagal. Minimum cut set adalah seperti jika ada komponen yang dikeluarkan dari pengaturan, komponen yang tinggal secara keseluruhan bukan lagi sebagai cut set. Path minimum ke  $i$  dari  $n$  path yang mungkin dilambangkan dengan  $C_i$ . Dengan mengasumsikan semua path bisa beroperasi dan sistem berjalan dengan baik maka keandalan sistem adalah :

$$R_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad \text{or} \quad R_s = \prod_{i=1}^n P_i \quad (2.27)$$

- $R_s$  : Keandalan sistem
- $Q_s$  : Ketidakandalan sistem
- $C_i$  : Path minimum
- $P$  : Probabilitas sekurangnya satu path dari  $n$  path yang ada saja akan beroperasi
- $U$  : Melambangkan gabungan.

Dengan  $P$  menggambarkan probabilitas satu path dari  $n$  path yang ada saja akan gagal dan  $U$  melambangkan gabungan.

#### 2.4.3 Indeks Keandalan [2][7][8]

Pada tingkat sistem distribusi keandalan lebih relevan dari sudut pandang pelanggan, dan keandalan dari performansi utiliti biasanya dikuantifikasikan dalam pandangan pelanggan serta regulator. Analisa keandalan sistem distribusi konvensional mempunyai beberapa kelemahan. Dengan pendekatan enumeration tidak bisa digunakan untuk memodelkan atau menganalisa sistem dengan

jangkauan yang luas, dan hanya bekerja atas asumsi asumsi yang disederhanakan. Kebalikannya dengan metode Montecarlo bisa memodelkan sistem dengan jangkauan penuh operasinya, namun hanya dalam indikasi masalah overload dan tidak bisa digunakan untuk menggambarkan probabilitas dari kegagalan.

Penerapan AOMS (Automatic Outage Management System) oleh utiliti menghendaki metode evaluasi keandalan yang praktis dan aplikatif pada sistem distribusi. Menjawab tuntutan tersebut maka metode yang cocok adalah menggunakan Indeks reliability.

Dari bermacam indikasi perfomansi yang digunakan untuk menggambarkan interupsi pada operasi sistem distribusi adalah sebagai berikut :

a. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

Didefinisikan sebagai jumlah rata-rata dari interupsi pada sistem dalam periode 1 tahun

$$= \frac{\text{Jumlah interupsi}}{\text{Jumlah pelanggan}} \quad (2.28)$$

b. System Average Interruption Duration Index

Adalah rata-rata waktu interupsi dari setiap pelanggan pada sistem distribusi dalam 1 tahun

$$= \frac{\text{Waktu interupsi}}{\text{Jumlah pelanggan}} \quad (2.29)$$

c. Momentary Average Interruption Frequency Index

Didefinisikan sebagai rata rata jumlah interupsi sesaat pada sistem dalam 1 tahun

$$= \frac{\text{Jumlah interupsi}}{\text{Waktu}} \quad (2.30)$$

## 2.5 Pemeliharaan [4]

Pemeliharaan merupakan salah satu fungsi yang penting untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Kebijakan pemeliharaan dilakukan dengan tujuan untuk memelihara kemampuan sistem serta meningkatkan efesiensi biaya. Pemeliharaan yang baik akan menjamin fasilitas-fasilitas produksi akan dapat berproduksi secara efektif.

Kegiatan pemeliharaan dapat didefinisikan sebagai suatu aktifitas yang diperlukan untuk menjaga suatu fasilitas berada dalam kondisi pengoperasian yang terbaik. Pemeliharaan merupakan kombinasi dari manajemen, keuangan, engineering dan kegiatan lainnya yang diterapkan bagi aset fisik untuk mendapatkan biaya siklus hidup yang ekonomis.

#### 2.5.1 Tujuan Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan memiliki beberapa tujuan, yaitu : memperpanjang usia kegunaan aset, menjamin ketersediaan optimum peralatan produksi, menjamin kesiapan operasional seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, menjamin keselamatan setiap orang yang menggunakan sarana yang ada.

#### 2.5.2 Jenis-jenis Pemeliharaan

Adapun jenis-jenis pemeliharaan [6] yang ada saat ini adalah pemeliharaan run-to-failure, pemeliharaan periodik, pemeliharaan condition based dan pemeliharaan *reliability centered* (RCM).

##### a. Pemeliharaan *Run-to-Failure*

Adalah strategi pemeliharaan yang paling sederhana, karena sesudah peralatan dipasang maka tidak perlu dilakukan pemeriksaan atau pemeliharaan sampai kerusakan terjadi, atau pemeliharaan dilakukan ketika terjadi penurunan unjuk kerja dari komponen yang mengarah pada menurunnya performansi sistem. Metode seperti ini dapat dilakukan pada peralatan yang tidak terlalu kritikal dan yang memerlukan pemeliharaan yang minimal.

##### b. Pemeliharaan Periodik ( Preventive Maintenance )

Adalah strategi pemeliharaan berdasarkan interval waktu, seperti melakukan penggantian peralatan sesuai perkiraan waktu umur, atau melakukan aktivitas pemeriksaan peralatan secara periodik. Pemeliharaan jenis ini sering disebut sebagai pemeliharaan preventif berbasis waktu.

Interval waktu yang dipakai biasanya berdasarkan rekomendasi dari pabrikan peralatan tersebut. Hanya saja banyak tipe dari peralatan tidak dapat dilakukan pemeliharaan sampai peralatan tersebut memasuki masa penurunan

yang kritis, hal ini terjadi karena bila dilakukan pemeliharaan sebelum masa kritis tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan tersebut.

Selain itu pemeliharaan periodik ini juga memiliki kelemahan yaitu tidak melihat kondisi peralatan tersebut apakah masih bagus atau tidak tapi bila sudah waktunya diganti maka akan dilakukan penggantian.

c. Pemeliharaan berbasis Kondisi (Condition based Maintenance)

Pemeliharaan berbasis kondisi hanya melakukan pantauan atau monitoring kondisi atau kinerja suatu peralatan secara rutin sehingga kejanggalan suatu kondisi dapat terdeteksi secara dini. Pelaksanaan pemeliharaan hanya dilakukan bila peralatan yang dipantau memiliki tanda-tanda penurunan kondisi menuju kerusakan. Pemeliharaan jenis ini sering disebut sebagai pemeliharaan preventif berbasis kondisi.

Banyak teknik dilakukan untuk melakukan pantauan atau monitoring kondisi atau kinerja suatu peralatan antara lain menggunakan : pantauan secara visual, pantauan akustik, *infrared thermography*, *partial discharge*. Ada kalanya kegagalan pada suatu peralatan dapat terjadi pada interval antar pantauan, oleh karena itu pada peralatan yang kritis dilakukan pantauan secara *real time*.

d. Pemeliharaan *Reliability Centered* (RCM)

Adalah suatu framework yang digunakan untuk menentukan pemeliharaan yang diperlukan berdasarkan kondisi peralatan, tingkat kekritisan peralatan, dan biaya. Tujuan utama dari pelaksanaan RCM adalah mengurangi biaya pemeliharaan dengan fokus pada pemeliharaan peralatan yang paling penting.

Oleh karena itu RCM melakukan proses keseimbangan antara pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif sehingga didapat biaya yang lebih efektif yang diperlukan dalam perencanaan pemeliharaan. Salah satu langkah kerja RCM adalah melakukan proses identifikasi mode gangguan dengan memanfaatkan *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk mendapatkan rincian gangguan yang mungkin terjadi, penyebab gangguan, dan dampak yang timbul dengan adanya gangguan tersebut.

## 2.6 Metode Prioritas Pemeliharaan

### 2.6.1 Metode *Component Criticality in Customer Delivery Systems*

Dikemukakan oleh tim dari perusahaan listrik *The Hydro One Inc*, Toronto Kanada [11], yang disampaikan pada *International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems* tahun 2004. Berdasarkan analisis nilai kritis dan pengaruh tiap-tiap peralatan pada *Customer Delivery Systems* terhadap nilai keandalan keseluruhan sistem tersebut.

Kehilangan dari kontinuitas penyaluran energi ke titik beban biasanya diukur sebagai berapa kali (frekuensi) dan lamanya (*duration*) pemadaman terjadi dan mempengaruhi pada titik beban tersebut. Pemadaman tersebut terjadi karena satu atau lebih dari peralatan-peralatan mengalami kegagalan atau kerusakan sehingga tidak dapat melaksanakan fungsinya dengan baik, padahal unjuk kerja dari tiap peralatan memiliki kontribusi terhadap keandalan sistem secara keseluruhan. Kontribusi dari setiap peralatan tersebut dapat tinggi atau rendah tergantung dari konektivitas dari peralatan-peralatan atau posisi peralatan di dalam sistem dan unjuk kerja keandalan dari tiap-tiap peralatan tersebut.

Satu faktor mungkin tidak cukup untuk menentukan nilai kritis tiap peralatan terhadap sistem yang diberikan. Sebagai contoh dalam sistem berbentuk radial sederhana, tiap peralatan adalah penting terhadap sistem, cukup dilihat hanya berdasarkan faktor konektivitas dari peralatan-peralatan pada sistem radial sederhana yang disusun secara seri sehingga tinggi rendahnya kontribusi tiap peralatan secara jelas dapat terlihat. Tapi dalam konteks yang lain misalkan sebuah sistem yang memiliki *redundancy* (peralatan-peralatan disusun secara seri dan paralel) tidak semua peralatan-peralatan tersebut memiliki nilai kritis bila hanya dilihat berdasarkan faktor konektivitasnya, oleh karena itu dalam menganalisis perlu dilihat dari kedua faktor secara bersama-sama yaitu faktor konektivitas dan faktor untuk kerjanya.

Adapun langkah-langkah dari metode ini adalah sebagai berikut:

1. Tentukan data-data dari keandalan peralatan-peralatan pada customer delivery system yang diperlukan untuk analisis. Ini termasuk pemadaman karena adanya pemeliharaan atau yang direncanakan. Data-data keandalan peralatan dalam bentuk indikasi frekuensi dan lamanya pemadaman.



2. Pilih sebuah titik beban dan jalankan aplikasi AREP untuk menghitung indikasi keandalan pada titik beban yang dipilih tadi dengan menggunakan data-data yang telah didefinisikan pada langkah 1. Langkah ini yang disebut sebagai nilai *base atau reference case* .
3. Pilih sebuah peralatan dan ubah nilai laju kegagalannya menjadi bernilai nol ( yang diasumsikan sebagai peralatan sempurna) sedangkan peralatan yang lain tidak mengalami perubahan nilai pada datanya lalu jalankan aplikasi AREP dengan menggunakan data-data dimana nilai salah satu peralatannya telah dirubah. Langkah ini yang disebut sebagai nilai *new case*.
4. Evaluasi perubahan relatifnya dalam bentuk frekuensi dan ketaktersediaan pada titik beban antara hasil keluaran software AREP pada langkah 2 dan 3 berdasarkan perubahan pada nilai laju kegagalan peralatan yang dipilih. Besarnya nilai perubahan relatifnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Perubahan Indeks Keandalan} = \frac{\text{Nilai Baru} - \text{Nilai Lama}}{\text{Nilai Lama}} \quad (2.31)$$

5. Ulangi langkah 3 dan langkah 4 untuk peralatan yang lain
6. Ulangi langkah 2 sampai langkah 5 untuk titik beban yang lain
7. Gunakan hasil-hasil dari langkah-langkah diatas untuk menghitung nilai total perubahan indikasi frekuensi dan ketaktersediaan sistem, sebagai hasil dari mengubah nilai laju kegagalan peralatan-peralatan. Dengan formula nilai total perubahannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Total perubahan indeks frekuensi sistem} = \sum_{i=1}^n F_{ij} \quad (2.32)$$

$$\text{Total perubahan indeks ketidaktersediaan sistem} = \sum_{i=1}^n U_{ij} \quad (2.33)$$

Dimana :

$F_{ij}$  = perubahan dalam indeks frekuensi untuk titik beban  $j$  oleh peralatan  $i$  (f/year)

$U_{ij}$  = perubahan dalam indeks ketidaktersediaan untuk titik beban  $j$  oleh peralatan  $i$  (hour/year)

$n$  = jumlah titik beban pada sistem

8. Dengan menggunakan hasil pada langkah 7 kemudian dilakukan proses ranking pada peralatan-peralatan, berdasarkan pada nilai perubahan pada indikasi frekuensi dan ketaktersediaan pada seluruh titik beban. Yang memiliki nilai paling besar akan menduduki ranking paling atas.

Metode ini langsung menggabungkan antara kontribusi konektivitas dari peralatan-peralatan atau posisi peralatan di dalam sistem dan kontribusi unjuk kerja keandalan dari tiap-tiap peralatan tersebut untuk melihat pengaruh tiap peralatan terhadap keandalan sistem secara keseluruhan. Metode ini hanya melakukan prioritasasi pada peralatan dengan tujuan memperoleh unjuk kerja sebaik mungkin.

Metode ini tidak menyertakan komponen biaya dan pendapatan dalam melaksanakan pemeliharaan yang bertujuan untuk menurunkan laju kegagalan sistem. Selain itu tidak disebutkan juga pengaruh dari biaya pemeliharaan yang diperlukan untuk menurunkan angka laju kegagalan atau unjuk kerja keandalan dari peralatan tersebut. Sehingga prioritas pertama dalam pemeliharaan bisa membutuhkan biaya yang besar juga.

#### 2.6.2 *Interruption Cost Based Importance Index* ( $I^H$ )

Berfokus pada customer interruption cost yang digunakan untuk pengukuran dari unjuk kerja dan keandalan. Nilai customer interruption cost berasal dari biaya inisial dari tiap jenis pelanggan per pemadaman dan biaya yang secara linier tergantung terhadap lamanya pemadaman atau dengan kata lain adalah biaya kehilangan revenue dari pelanggan. *Interruption Cost Based Importance Index* atau disingkat indeks penting (*Importance Index*),  $I^H$  memanfaatkan total biaya pemadaman dari pada menggunakan nilai probabilitas walaupun pada kenyataanya nilai total biaya pemadaman tergantung dari nilai probabilitas dan analisisnya menggunakan nilai laju kegagalan.

Besarnya didefinisikan sebagai [12] : 
$$I^H = \frac{C_s}{i} \quad (2.34)$$

Dimana :

$I^H$  : Indeks penting (R/ Thn/kegagalan)

$C_s$  : Total biaya pemadaman pelanggan pada seluruh titik beban (R) /

$i$  : Laju kegagalan peralatan  $i$  (kegagalan/tahun)

Pemadaman pelanggan (pada semua titik beban), semakin besar perubahan yang terjadi pada total biaya pemadaman pelanggan semakin besar nilai sensitifitas dari peralatan tersebut dengan kata lain peralatan ini akan memiliki prioritas yang tinggi dalam pemeliharaan.

Pada kenyataannya nilai  $I^H$  tidak dipengaruhi oleh nilai laju kegagalan peralatan tapi hanya dipengaruhi oleh konektivitas dari peralatan-peralatan atau posisi peralatan dalam sistem. Maka diperlukan suatu indeks baru yang menggambarkan penurunan total biaya pemadaman dengan adanya perubahan turunnya laju kegagalan dalam peralatan.

Indeks ini didefinisikan sebagai  $I^{MP}$  atau Maintenance Potential [12] :

$$= \cdot \quad (2.35)$$

Dimana :

$I^{MP}$  : Potensi Pemeliharaan (R)

$I^H$  : Indeks penting (R/ Thn/kegagalan)

$i$  : Laju kegagalan peralatan  $i$  (kegagalan/tahun)

Metode ini juga tidak menyertakan pengaruh dari biaya pemeliharaan yang diperlukan untuk menurunkan nilai laju kegagalan atau unjuk kerja keandalan dari peralatan tersebut. Jadi bisa terjadi kemungkinan prioritas pemeliharaan tertinggi ternyata memerlukan biaya yang paling besar. Sehingga apabila dilakukan pembuatan ranking lagi untuk prioritas pemeliharaan berdasarkan biaya yang optimal maka urutan dari ranking sebelumnya bisa berubah.

### 2.6.3 Metode WASRI

Adapun objektif dari pendekatan ini adalah memperkecil (meminimalkan) nilai dari *the Weighted Average System Reliability Index* (WASRI) [10] dengan melakukan sistem ranking pada pelaksanaan pemeliharaan berdasarkan perbandingan manfaat biaya, dimana manfaat yang didapat didefinisikan sebagai usaha dari pemeliharaan bila berhasil melakukan penurunan dari nilai WASRI.

Estimasi penurunan nilai WASRI didapat dari penggunaan hubungan secara linier antara manfaat yang diperoleh dari pelaksanaan pemeliharaan dan

perubahan nilai laju kegagalan peralatan yang dipelihara. Sedangkan nilai WASRI didefinisikan sebagai:

$$= ( ) + ( ) + ( ) \quad (2.36)$$

Keterangan

- SAIFI : Indeks frekuensi pemadaman rata-rata sistem  
 SAIDI : Indeks durasi pemadaman rata-rata sistem  
 MAIFI<sub>E</sub> : Indeks frekuensi kejadian pemadaman sementara

Definisi WASRI diatas mempertimbangkan tiga indikasi keandalan yang populer, tapi dapat diperluas dengan menambah indikasi keandalan yang lain tetapi indikasi tersebut harus memiliki hubungan yang linier dengan laju kegagalan peralatan.

Untuk kesederhanaan, diasumsikan bahwa hasil dari pelaksanaan pemeliharaan mengakibatkan terjadinya perubahan nilai pada laju kegagalan peralatan yang besarnya adalah . Sehingga sesudah pelaksanaan pemeliharaan maka besarnya nilai laju kegagalan peralatan yang baru adalah nilai laju kegagalan peralatan yang lama dikurangi .

Dalam penambahannya, juga dilibatkan bahwa tiap pelaksanaan pemeliharaan dikaitkan dengan biaya C yang diperlukan. Jadi besarnya nilai akan digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi manfaat dari penurunan nilai WASRI yang diakibatkan adanya pelaksanaan pemeliharaan yang dilakukan. Kemudian menghitung nilai dari perbandingan manfaat biaya yang digunakan sebagai dasar pelaksanaan prioritas pemeliharaan.

Jadi tujuan dari metodologi ini adalah dapat mengidentifikasi kombinasi dari beberapa pelaksanaan pemeliharaan untuk menghasilkan indeks keandalan yang terbaik tetapi dibatasi oleh nilai anggaran yang ada. Dengan kata lain metodologi ini didesain untuk mencari pelaksanaan pemeliharaan yang paling efektif dari sisi biaya.

Adapun defenisi dari pemeliharaan yang efektif secara biaya, E adalah sebagai berikut:

$$= \frac{E}{C} \quad (2.37)$$

Keterangan

E : Efektifitas dari kegiatan pemeliharaan terhadap biayanya

WASRI : Perubahan nilai WASRI

C : Biaya Pemeliharaan terkait

Bahwa tujuan pemeliharaan disini adalah untuk menurunkan laju kegagalan dari peralatan terkait dengan mempertimbangkan biaya pemeliharannya. Dapat dirumuskan dengan memasukkan nilai yang dikehendaki, maka

$$= \frac{(\dots)}{(\dots)} \quad (2.38)$$

Dimana :

Si = jumlah pelanggan yang terkena pemadaman

Dj = lamanya pemadaman

Ti = jumlah pelanggan yang terkena pemadaman *temporary*  
= laju kegagalan

N = jumlah total pelanggan

C = biaya pemeliharaan terkait

Adapun cara pelaksanaan prioritas pemeliharaan adalah mencari nilai rangking dari semua pelaksanaan pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan keefektifan biayanya. Sedangkan prosedur dan langkah-langkah untuk melaksanakan metodologi ini adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi kondisi dari tiap-tiap peralatan dan biaya untuk melaksanakan pemeliharaan
2. Buat daftar semua kemungkinan pelaksanaan pemeliharaan
3. Tentukan nilai Si, Di dan Ti untuk tiap-tiap peralatan i
4. Hitung nilai keefektifan biaya E untuk tiap pelaksanaan pemeliharaan, lalu dilakukan rangking
5. Untuk pelaksanaan pemeliharaan pada peralatan yang sama, pilih yang memiliki rangking paling tinggi, dan hapus pelaksanaan pemeliharaan yang lain.

6. Pilih pelaksanaan pemeliharaan pada daftar ranking dari yang paling tinggi sampai mencapai batas biaya atau target keandalan yang hendak dicapai.

Metode ini sudah memasukkan pengaruh dari biaya pemeliharaan yang diperlukan untuk menurunkan laju kegagalan atau unjuk kerja dari keandalan peralatan serta telah memasukkan pengaruh interupsi pada pelanggan sebagai komponen dalam penilaian keandalan sistem.



## **BAB III**

### **METODE PENENTUAN PRIORITAS PEMELIHARAAN**

#### **3.1 Gambaran Umum Sistem Kelistrikan Bandar Udara**

Pada umumnya hampir seluruh bandar udara di Indonesia dalam mengoperasikan peralatan telekomunikasi penerbangan, navigasi penerbangan, alat bantu pendaratan visual dan beban – beban yang terpasang di terminal penumpang, terminal kargo serta area dalam bandar udara menggunakan catu daya utama yang disuplai dari listrik PLN. Untuk bandar udara dimana suplai listrik dari PLN belum ada maka catu daya utama diambil dari diesel generating set atau dari solar cell.

Untuk catu daya utama dari PLN maupun pembangkitan sendiri dengan diesel generating set, tetap memerlukan catu daya cadangan menggunakan diesel generating set. Bandar udara dengan aktivitas sangat padat sudah dilengkapi dengan peralatan pendukung ketersediaan catu daya seperti UPS untuk menjamin tidak terjadi putus suplai listrik terhadap beban yang sangat vital.

Menurut SPLN sistem jaringan listrik di bandar udara termasuk sistem distribusi dengan tegangan masuk yang paling tinggi digunakan adalah 20 KV. Jaringan listrik di bandar udara hanya menggunakan jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah, menggunakan arus bolak balik 3 phase dan 1 phase. Pada bandar udara selain kelas I masih banyak yang berlangganan listrik PLN tegangan rendah. Untuk saluran penghantar harus menggunakan saluran bawah tanah pada area sisi udara yang terdiri dari apron, taxiway, runway, approach area dan clearway. Dan pada area sisi darat yang terdiri dari terminal penumpang dan kargo, gedung operasional dan perkantoran, bangunan komersial lainnya dan lapangan parkir. Sedangkan untuk kawasan yang berada diluar operasi penerbangan dapat menggunakan saluran udara, namun lebih direkomendasikan memakai saluran bawah tanah.

##### **3.1.1 Pembagian beban listrik menurut kelas bandar udara**

a. Pada bandar udara kelas Utama, kelas I dan kelas II, beban listrik dibagi menjadi 3 kelompok yaitu :

- Beban prioritas teknik (melayani seluruh peralatan operasi keselamatan penerbangan pada sisi udara) dengan kehandalan tinggi, tidak boleh terjadi putus suplai, switch over time sama dengan 0-1 detik sehingga memerlukan Uninterruptable Power Supply (UPS). Serta harus seminimal mungkin terpengaruh oleh gangguan akibat kurang baiknya kualitas dan stabilitas catu daya listrik sehingga banyak dilengkapi dengan peralatan pendukung untuk meningkatkan kualitas dan stabilitas catu daya listrik.
  - Beban prioritas umum atau pelayanan ( melayani sebagian penerangan terminal, AC peralatan elektronika dan mekanikal di terminal. Dilengkapi dengan kapasitor bank.
  - Beban non prioritas (sebagian lampu jalan, taman dan dan sebagian gedung perkantoran)
- b. Bandar udara kelas III, kelas IV dan kelas V, beban listrik dibagi menjadi 2 kelompok :
- Beban esensial (melayani seluruh peralatan operasi keselamatan penerbangan pada sisi udara) dengan jeda waktu putus dan switch over time 7 – 15 detik.
  - Beban non esensial (melayani sebagian peralatan penerangan terminal, perkantoran, elektrikal dan mekanikal, lampu jalan, taman dan halaman parkir.

### 3.1.2 Sistem Kelistrikan Bandar Udara Soekarno-Hatta

Bandar udara Soekarno-Hatta (BSH) merupakan salah satu bandar udara kelas Utama di Indonesia. Beban listriknya dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu:

- a. Beban prioritas teknik :
  - a) Suplai Main Power Station (MPS)
  - b) Beban teknik jaringan Utara
  - c) Beban teknik jaringan Selatan
- b. Beban prioritas umum / pelayanan
  - a) Beban pelayanan jaringan Utara
  - b) Beban pelayanan jaringan Selatan



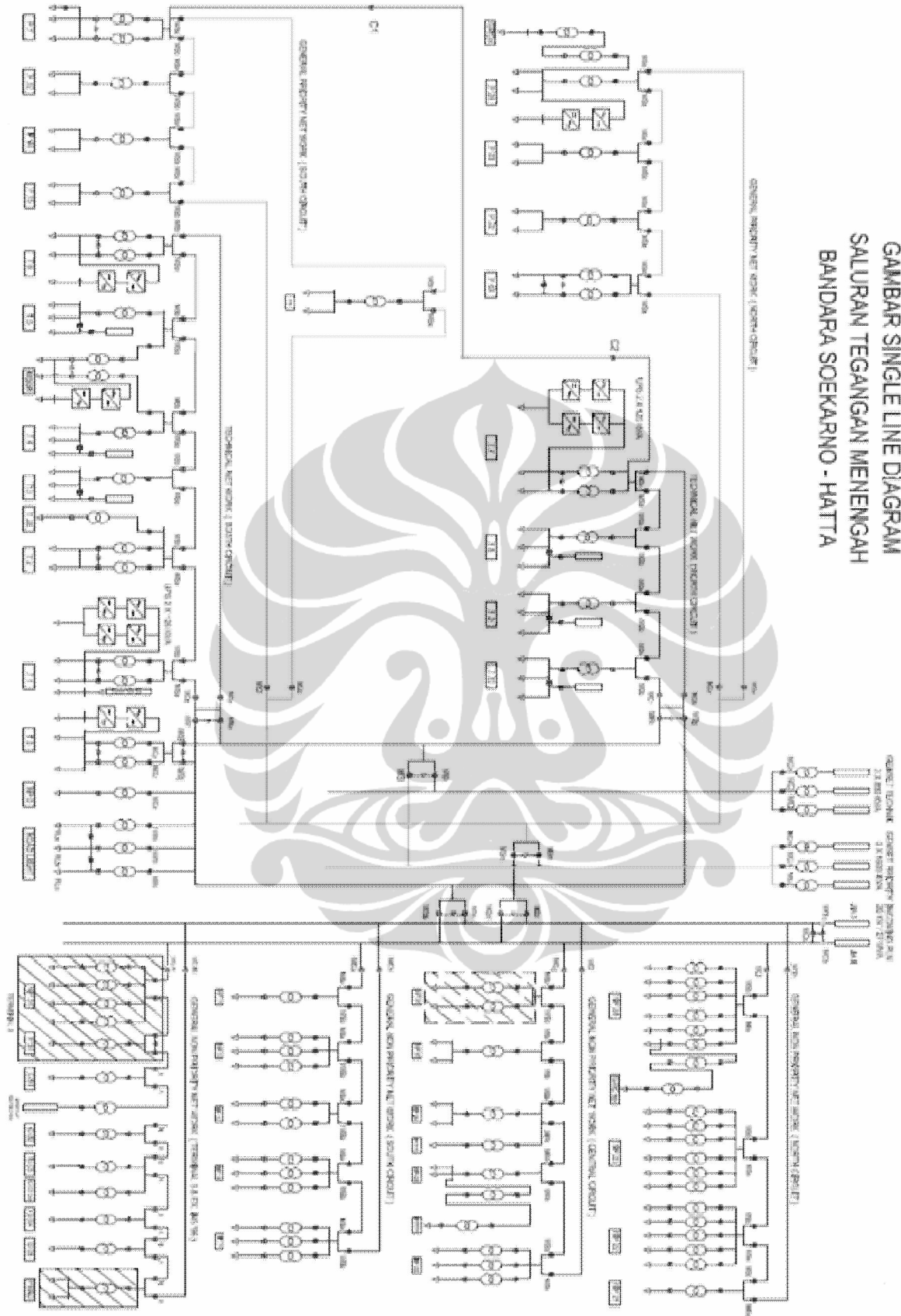
- c. Beban non prioritas
  - a) IAS area
  - b) Beban non priority Utara
  - c) Beban non priority Tengah
  - d) Beban non priority Selatan

Listrik BSH disuplai dari 2 gardu induk PLN yaitu GI. Duri Kosambi dan GI. Tangerang. Dari kedua gardu induk ini daya listrik disalurkan melalui transmisi 150 kV ke gardu hubung PLN yang berada didekat lokasi BSH. Dalam gardu hubung tegangan diturunkan menjadi 20 kV dan disambung dengan bus utama jaringan distribusi primer BSH. Kedua PMT dari 2 suplai yang masuk pada gardu hubung bisa bekerja secara bergantian dengan mekanisme interlock atau bekerja secara bersamaan namun PMS pada bus utama jaringan distribusi BSH dibuka.

Daya terpasang untuk BSH adalah 27 MVA 3 phase arus bolak balik, untuk jaringan distribusi primer menggunakan tegangan 20 kV yang langsung disalurkan dari output gardu hubung ke masing masing 3 kelompok beban diatas, dengan sistem loop/ ring tertutup. Kemudian dari feeder 3 kelompok beban tersebut menggunakan gardu trafo untuk menurunkan tegangan menjadi 230/400 V 3 phase arus bolak balik sebagai suplai sub beban pada jaringan sistem distribusi sekunder dengan sistem radial.

Beban priority dilengkapi dengan cadangan daya sebagai back up jika terjadi kegagalan suplai atau gangguan listrik PLN. Untuk back up beban prioritas teknik menggunakan 3 x 850 kVA diesel generating set yang outputnya disinkronkan, pada beban prioritas teknik terdapat peralatan pendukung kontinuitas dan kualitas suplai listrik yaitu beban *airfiled lighting system* (sistem lampu landasan) memakai sistem UPS dinamis (*motor-generator set with flywheel*), dan peralatan navigasi, komunikasi dilengkapi dengan sistem UPS online (*static UPS with battery bank*). Sedangkan untuk back up beban prioritas umum menggunakan 3 x 1600 kVA diesel generating set yang keluarannya tidak disinkronkan. Beban prioritas umum tidak dilengkapi dengan UPS namun waktu pindah maksimum ketika terjadi kegagalan catu daya utama adalah 20 detik.

**GAMBAR SINGLE LINE DIAGRAM  
SALURAN TEGANGAN MENENGAH  
BANDARA SOEKARNO - HATTA**



Gambar 3.1 Saluran Tegangan Menengah Sistem Tenaga Listrik BSH  
( Sumber : Dinas Pembangkit dan Jaringan Bandara Soekarno-Hatta)

### 3.2 Dasar Pemilihan Metode Prioritas Pemeliharaan

Pelayanan catu daya listrik di bandara sedikit berbeda dengan PLN dimana pada bandar udara terdapat pengelompokan beban menurut prioritas penggunaan dan tipe yang terdiri atas beban komersial dan beban non komersial. Dalam kegiatan pemeliharaan untuk menjamin tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik yang sesuai dengan standar maka pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap kegiatan pemeliharaan yang berdasarkan keandalan sistem.

Kehandalan merupakan tujuan utama dari kegiatan pemeliharaan. Dalam menentukan prioritas kegiatan pemeliharaan untuk mencapai tingkat keandalan yang dikehendaki terdapat beberapa metode yang bisa digunakan yaitu metode Component Criticality in Costumer Delivery Systems, metode Interruption Cost based on Importance Index dan metode WASRI. Semua metode diatas bertujuan untuk memperoleh urutan prioritas pemeliharaan yang dilakukan dalam memperoleh keandalan yang diinginkan. Dari ketiga metode tersebut masing-masing mempunyai komponen penilaian yang berlainan dan implikasi terhadap hasil yang berbeda.

Metode yang pertama mengarah pada mendapatkan urutan prioritas pemeliharaan yang diukur berdasarkan banyak dan lama dari pemadaman pada sistem. Kontinuitas suplai oleh sistem distribusi merupakan tujuan utama dari metode ini. Metode ini bekerja dengan melihat perubahan dari nilai keandalan pada titik bebannya. Namun dalam penilaiannya metode ini tidak memperhitungkan biaya dan pendapatan yang diperoleh dari kegiatan pemeliharaan tersebut. Mungkin terjadi pemeliharaan pada prioritas pertama yang memiliki tuntutan keandalan paling tinggi memerlukan biaya sangat besar.

Metode Indeks penting berfokus pada biaya interupsi pada pelanggan sehingga perhitungan yang dilakukan telah memasukkan pengaruh jenis pelanggan pada titik beban dalam memperoleh prioritas pemeliharaan dengan berdasarkan keandalan. Kelemahan metode ini adalah tidak menyertakan biaya pemeliharaan yang terkait dengan penurunan laju kegagalan dari peralatan.

Berbeda dengan metode WASRI bertujuan untuk meminimalisasi bobot rata-rata indeks keandalan sistem dengan mengurutkan efektivitas kegiatan pemeliharaan berdasarkan biaya yang terkait. Kelebihan metode ini adalah telah

memasukkan nilai pengaruh biaya pemeliharaan untuk menurunkan angka laju kegagalan dari peralatan, dengan tetap memperhatikan pengaruh dari banyak dan lama kejadian pemadaman pada pelanggan. Metode ini mengadopsi evaluasi keandalan dengan indeks reliability dari standar IEEE dengan pengembangan pembobotan terhadap keandalan tersebut dan memasukkan biaya pemeliharaan untuk mencapai keandalan yang diinginkan.

### **3.3 Metode yang Digunakan**

Sebagaimana telah dikemukakan sebelumnya untuk melakukan analisis dalam menentukan prioritas pemeliharaan berdasarkan indeks keandalan pada sistem distribusi listrik bandara Soekarno-Hatta maka dipilih metode WASRI.

Metode ini dipilih karena :

- a. Adanya pengaruh dari biaya pemeliharaan yang diperlukan untuk menurunkan angka laju kegagalan atau unjuk kerja dari sistem tersebut
- b. Adanya pengaruh pemadaman pada pelanggan yang dimasukkan sebagai komponen perhitungan keandalan dengan pemberian bobot yang sesuai dalam mengevaluasi keandalan berdasarkan indeks reliability
- c. Kecocokan metode WASRI ini bagi utility yang melaksanakan metode preventive maintenance dalam kegiatan pemeliharaan.

#### **3.3.1 Data yang dibutuhkan**

Dalam melaksanakan penelitian penulis memerlukan sejumlah data lapangan antara lain :

- a. Gambar Single Line diagram dari sistem yang akan dianalisis
- b. Data Pemadaman (jumlah dan durasi) dari komponen/subsistem/gardu yang ada dalam sistem.
- c. Data laju kegagalan dari Subsistem.
- d. Data kegiatan pemeliharaan beserta besaran biayanya.

#### **3.3.2 Rencana Penelitian**

Setelah melakukan pengumpulan data seperti yang diuraikan dalam 3.3.1 dan melakukan pendalaman tentang metode yang akan dipakai yaitu metode WASRI maka akan dilanjutkan ke proses pemilahan data berdasarkan kegunaan data tersebut dalam metode dan perhitungan nantinya. Untuk data yang berdasarkan pemadaman akan digunakan sebagai masukan dalam menghitung

indeks keandalan sistem. Setelah melakukan pengelompokan terlebih dahulu terhadap data yang bersesuaian dengan indeks yang dipakai yaitu data jumlah pemadaman yang terjadi apabila intervalnya lebih dari 5 menit akan menjadi input untuk indeks SAIFI, sedangkan data jumlah pemadaman yang intervalnya kurang atau sama dengan 5 menit akan menjadi input MAIFI. Sedangkan data durasi pemadaman baik yang momentary maupun yang sustained akan menjadi input indeks SAIDI.

Selain menghitung indeks kehandalan dari data yang ada, maka perlu dicari juga laju kegagalan dari subsistem. Dengan memperoleh laju kegagalan dari subsistem dan mengetahui laju kegagalan acuan yang diinginkan atau ditetapkan maka dapat dihitung perubahan laju kegagalan dari subsistem. Nilai perubahan laju kegagalan ini akan dipakai dalam perhitungan WASRI.

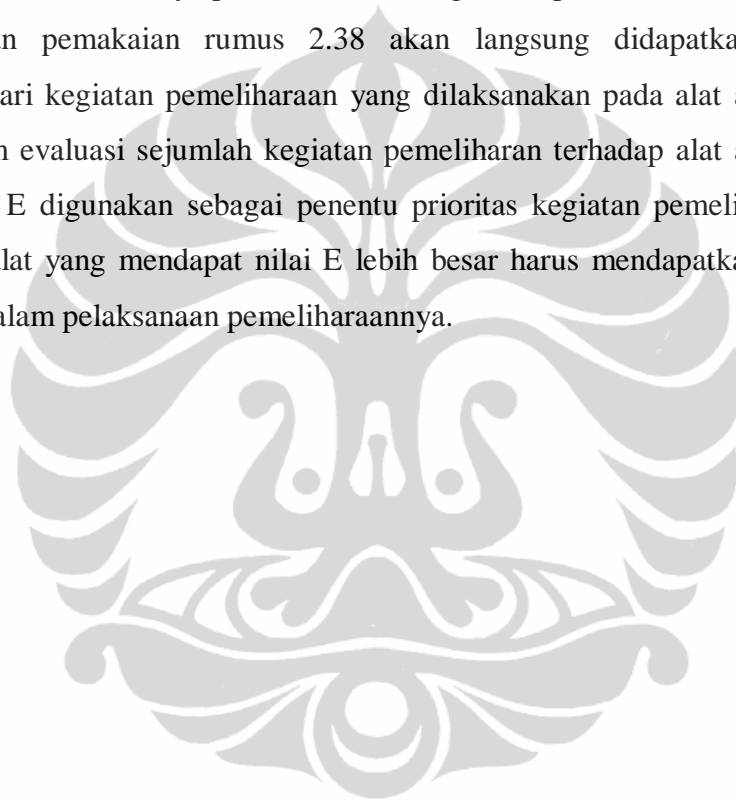
Dalam perhitungan WASRI dibutuhkan pembobotan untuk masing-masing indeks Keandalan yang dipakai, bobot tersebut digunakan untuk menggambarkan prosentase pentingnya indeks SAIDI, SAIFI dan MAIFI dalam evaluasi keandalan sistem. Penentuan bobot ini bisa menggunakan dua metode yaitu :

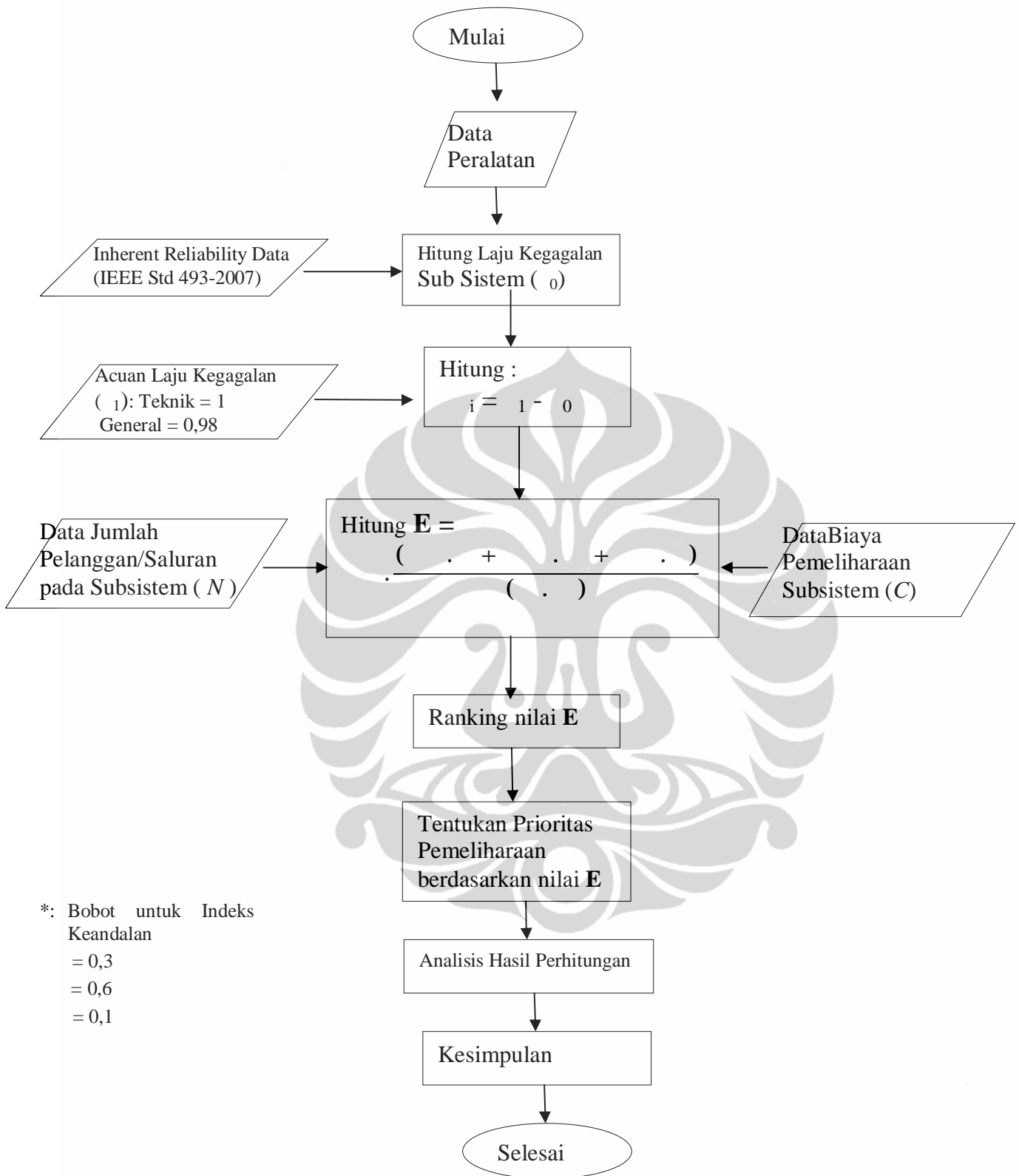
1. Metode subjektif adalah metode penentuan bobot yang ditetapkan oleh peneliti berdasarkan literatur yang ada atau berdasarkan acuan tingkat keandalan yang diinginkan dari suatu sistem. Untuk sistem dengan persyaratan utama adalah kontinuitas pelayanan maka dapat dipakai bobot [7] sebesar 0,6 (60%) untuk indeks SAIDI, 0,3 (30%) untuk indeks SAIFI, dan 0,1 (10%) untuk indeks MAIFI<sub>E</sub>. Bobot tersebut didapatkan sebagai hasil penelitian dengan metode Rootcause Analysis terhadap utiliti atau penyedia layanan listrik yang mensyaratkan kontinuitas catu daya sebagai tolok ukur utama.
2. Metode Objektif merupakan metode yang dipakai dengan melibatkan penggunaan fungsi objektif dalam menentukan nilai bobot untuk masing-masing indeks keandalan yang bersesuaian. Namun dalam pemakaian metode objektif sebagai cara penentuan bobot sebelumnya harus dilaksanakan analisa sensitifitas (sensitivity analysis) terhadap sistem yang akan dievaluasi keandalannya. Dalam analisa sensitifitas harus didapatkan faktor pinalti

(pinalty factor) dan nilai batasan (constraint) yang akan muncul ketika suatu sistem dijalankan sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan [7]:

Dalam penelitian ini penentuan bobot mengikuti metode subjektif berdasarkan angka bobot didapat dari literatur [7] yang merupakan hasil penelitian dengan metode rootcause analysis. Bobot tersebut dipakai untuk indeks bersesuaian sesuai dengan rumus 2.38. rumus tersebut merupakan penggabungan antara perhitungan perubahan laju kegagalan pada sistem, perhitungan indeks keandalan dan masukan biaya pemeliharaan sebagai komponen evaluasi [10].

Dengan pemakaian rumus 2.38 akan langsung didapatkan nilai E (efektifitas) dari kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan pada alat atau sistem terkait. Dalam evaluasi sejumlah kegiatan pemeliharaan terhadap alat atau sistem tersebut nilai E digunakan sebagai penentu prioritas kegiatan pemeliharaannya. Sistem atau alat yang mendapat nilai E lebih besar harus mendapatkan prioritas lebih tinggi dalam pelaksanaan pemeliharaannya.





## **BAB 4**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Penulisan dimulai dengan pengumpulan data dari Dinas pembangkit dan jaringan listrik Bandar udara Soekarno-Hatta berupa data jaringan distribusi beserta peralatan, data kejadian pemadaman pada sistem listrik, dan data biaya pemeliharaan dari subsistem.

Data jaringan yang digunakan adalah data konfigurasi jaringan distribusi primer, beserta peralatan dan subsistem didalamnya dan peralatan pendukung lainnya yang terkait dengan keandalan sistem. Data kejadian pemadaman akan dipilah menjadi tiga macam sesuai dengan indeks keandalan yang digunakan.

#### **4.2 Parameter Keandalan Sistem Distribusi**

Untuk mengukur keandalan sistem distribusi bisa menggunakan metode indeks keandalan (Reliability Indices) [8]. Khusus untuk evaluasi terhadap sistem maka indeks yang paling cocok digunakan adalah SAIDI dan SAIFI. Penambahan indeks MAIFI<sub>E</sub> adalah disebabkan untuk memasukkan kejadian pemadaman sementara (momentary) sebagai komponen dalam evaluasi keandalan. Indeks SAIFI hanya mencakup kejadian pemadaman ketika gangguan yang terjadi terhadap sistem selang waktunya lebih dari 5 menit. Ketika pemadaman yang terjadi dalam selang waktu kurang dari 5 menit maka kejadian itu tidak termasuk sebagai input dari indeks SAIFI. Disebabkan semakin banyak peralatan-peralatan yang sensitif terhadap pemadaman walaupun kejadian pemadaman tersebut hanya kurang dari 5 menit maka indeks MAIFI<sub>E</sub> disertakan sebagai komponen dalam analisa keandalan sistem distribusi.

##### **4.2.1 Laju Kegagalan**

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan laju kegagalan dari peralatan-peralatan penyusun /pendukung subsistem. Nilai laju kegagalan dihitung dengan memperhatikan susunan dan komponen penyusun subsistem. Untuk sub sistem yang komponen penyusunnya bersifat non redundancy (tidak bercadangan) dapat dianalogikan sebagai komponen yang tersusun secara seri, sedangkan



subsistem yang komponen penyusunnya bersifat redundancy (bercadangan) dapat dianalogikan sebagai komponen yang tersusun paralel atau dimungkinkan juga susunan komponennya adalah kombinasi, maka harus dihitung menurut rumus yang telah dijabarkan pada bab 2 bagian 2.3. Nilai laju kegagalan perkomponen diperoleh dengan mengambil acuan nilai asumsi yang terdapat dalam standar IEEE Std 493-2007 (Lampiran 1). Dari angka-angka tersebut dihitung laju kegagalan dari subsistem/gardu dengan memperhatikan susunan komponen yang terpasang didalam sistem.

Untuk mencari perubahan laju kegagalan diperlukan laju kegagalan yang menjadi target dari keandalan, laju kegagalan target ini bisa diperoleh dengan menetapkan besaran keandalan yang diinginkan dari sistem. Perhitungan laju kegagalan subsistem yang dievaluasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. Data peralatan yang terpasang pada subsistem yang akan dievaluasi dan proses perhitungan serta skema perhitungan laju kegagalan dapat dilihat dalam lampiran 2 tesis ini.

#### 4.2.2 Perhitungan Indeks Keandalan

Ketiga indeks yang akan dipakai yaitu SAIFI, SAIDI dan MAIFI, masing-masing dapat merupakan komponen bebas antara satu indeks dengan yang lainnya. Apabila digunakan untuk evaluasi keandalan maka peningkatan ketiga indeks tersebut merupakan gambaran dari semakin rendahnya keandalan dari sistem. Indeks SAIFI dan MAIFI<sub>E</sub> hanya memperhitungkan jumlah atau banyaknya kejadian pemadaman dalam 1 tahun tanpa memperhatikan durasinya. Demikian juga dengan indeks SAIDI hanya memperhitungkan lamanya dari pemadaman dalam 1 tahun, tanpa melihat apakah kejadian tersebut interupsi sementara (momentary) atau berkelanjutan (sustained). Walaupun akan terlihat penambahan dari SAIFI dan MAIFI akan membuat bertambahnya SAIDI.

Dalam penulisan ini perhitungan indeks keandalan tidak langsung digunakan dengan memakai nilai indeks sebagai masukan. Dengan penggabungan metode seperti digambarkan dengan rumus 2.38 maka input bersesuaian untuk masing-masing indeks dijadikan masukan langsung ke perhitungan :

- Untuk menggambarkan indeks SAIDI masukan yang digunakan adalah durasi keseluruhan dari interupsi yang terjadi pada subsistem ( $D_j$ )

- Untuk menggambarkan indeks SAIFI masukan yang digunakan adalah jumlah interupsi berkelanjutan (sustained) atau interupsi yang terjadi lebih dari 5 menit pada subsistem ( $S_i$ )
- Untuk menggambarkan indeks MAIFI<sub>E</sub> masukan yang digunakan adalah jumlah interupsi sementara (temporary) yaitu interupsi yang terjadi kurang atau sama dengan 5 menit pada subsistem ( $T_i$ )

Sedangkan jumlah pelanggan atau saluran pelayanan ( $N$ ) pada subsistem terkait merupakan masukan yang digunakan sebagai pembagi dalam perhitungan rumus 2.38 sehingga komponen indeks keandalan tercakup seluruhnya sebagai masukan dalam perhitungan bersama dengan nilai laju kegagalan subsistem.

#### 4.2.3 Bobot pada Indeks Keandalan

Jika menggunakan lebih dari satu indeks keandalan, maka harus ditetapkan bobot untuk masing-masing indeks yang menggambarkan prosentase pentingnya indeks SAIDI, SAIFI dan MAIFI<sub>E</sub> dalam evaluasi keandalan sistem. Dalam penelitian ini penentuan bobot mengikuti metode subjektif berdasarkan angka bobot didapat dari literatur [7] yang merupakan hasil penelitian dengan metode rootcause analysis. Bobot tersebut dipakai untuk indeks bersesuaian sesuai dengan rumus 2.38. rumus tersebut merupakan penggabungan antara perhitungan perubahan laju kegagalan pada sistem, perhitungan indeks keandalan dan masukan biaya pemeliharaan sebagai komponen evaluasi [10].

#### 4.2.4 Perhitungan Biaya Pemeliharaan

Biaya merupakan komponen utama dalam setiap kegiatan pemeliharaan, biasanya terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung merupakan biaya yang terkait dengan kegiatan pemeliharaan itu sendiri seperti biaya SDM, barang habis pakai dan lainnya. Sedangkan biaya tidak langsung merupakan biaya yang timbul akibat keperluan sarana pendukung untuk terlaksana kegiatan seperti biaya transportasi, perijinan dan akses serta biaya administrasi.

### 4.3 Perhitungan Laju Kegagalan, Masukan Indeks Keandalan dan Masukan Biaya Pemeliharaan

#### 4.3.1 Laju Kegagalan Subsistem/Gardu

Untuk menghitung laju kegagalan pada setiap subsistem pada jaringan distribusi listrik beban Technical Priority dan General Priority, pada Bandar Udara Soekarno-Hatta Jakarta tahapan yang dilakukan adalah

- Mendaftar semua peralatan yang terdapat dalam subsistem/gardu pada jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno Hatta
- Mencari dan memasukkan nilai laju kegagalan masing masing peralatan dengan mengacu pada nilai asumsi laju kegagalan berdasarkan standar IEEE 493-2007.
- Mempelajari dan memahami susunan komposisi peralatan yang terdapat dalam subsistem/gardu
- Menghitung laju kegagalan setiap peralatan atau kelompok peralatan dalam subsistem/gardu.
- Membuat kelompok atau blok dari peralatan untuk menyederhanakan komposisi alat penyusun sistem
- Menghitung laju kegagalan sistem berdasarkan blok atau kelompok yang telah ditetapkan sebelumnya
- Menghitung selisih antara laju kegagalan subsistem dengan laju kegagalan yang dijadikan sebagai acuan untuk sistem tersebut dengan rumus :

$$i = 1 - 0$$

Keterangan

- $i$  : Selisih antara laju kegagalan subsistem dengan laju kegagalan acuan
- $1$  : Laju Kegagalan acuan yang dikehendaki dari sistem
- $0$  : Laju kegagalan hasil perhitungan

Perhitungan rinci laju kegagalan berdasarkan alat dan susunan/komposisinya dalam subsistem/gardu dikerjakan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel, data dan perhitungan terdapat pada lampiran 2.

Dari perhitungan pada lampiran 2 didapatkan selisih laju kegagalan pada masing-masing gardu/subsistem di jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno-Hatta adalah :

NO	GARDU	PERUBAHAN LAJU KEGAGALAN
<b>A.</b>	<b>Technical Priority</b>	
1	T 0	0,1181
2	T 1	0,1509
3	T 2	0,1274
4	T 3	0,0118
5	T 4	0,0118
6	MSSR	0,0198
7	T 5	0,0118
8	T 6	0,1196
9	T 7	0,1509
10	T 8	0,0117
11	T 9	0,0117
12	T 10	0,0117
<b>B.</b>	<b>General Priority</b>	
1	P 7	0,1122
2	P 12	0,1277
3	P 14	0,1277
4	P 15	0,1277
5	P 22	0,1276
6	P 23	0,1277
7	P 24	0,1196
8	P 50	0,1277
9	P 55	0,1128

Nilai Selisih laju kegagalan pada tabel diatas untuk masing-masing gardu menggambarkan besaran ketidakandalan yang harus dikurangi dengan melakukan kegiatan pemeliharaan.

#### 4.3.2 Nilai $S_i$ , $D_j$ dan $T_i$

Dengan mengambil data interupsi yang terjadi pada masing-masing satu subsistem/gardu. Nilai  $D_j$  adalah total durasi interupsi yang terjadi pada saluran pelayanan selama kurun waktu 1 tahun dalam satu subsistem/gardu, sedangkan

nilai  $T_i$  adalah jumlah saluran pelayanan yang mengalami interupsi sementara (*momentary*) selama kurun waktu 1 tahun dalam satu subsistem/gardu. Selain itu

### **NILAI WASRI (WEIGHTED AVERAGE SYSTEM RELIABILITY INDEX)**

diambil juga data jumlah saluran pelayanan atau jumlah pelanggan ( $N$ ) yang dilayani oleh setiap subsistem/gardu.

Nilai  $S_i$ ,  $D_j$ , dan  $T_i$  seperti tersebut diatas bersama dengan jumlah saluran pelayanan ( $N$ ) dipakai dalam perhitungan  $E$  menurut rumus 2.38 sebagai komponen yang menggambarkan pengaruh indeks keandalan sistem yaitu SAIFI, SAIDI dan MAIFI (IEEE standar 1366-2003) terhadap evaluasi keandalan. Data nilai  $S_i$ ,  $D_j$ , dan  $T_i$  diambil dalam kurun waktu bulan Oktober 2009 sampai dengan bulan September 2010, beserta jumlah saluran pelayanan untuk masing-masing subsistem/gardu dapat dilihat pada lampiran 3.

Keandalan subsistem juga dapat dilihat dengan menghitung nilai WASRI eksisting yang dengan memakai nilai  $S_i$ ,  $D_j$ , dan  $T_i$  tersebut. Untuk menghitung nilai WASRI dapat menggunakan rumus 2.36 :

$$= \left( \frac{\quad}{\quad} \right) + \left( \frac{\quad}{\quad} \right) + \left( \frac{\quad}{\quad} \right)$$

Keterangan

- SAIFI : Indeks frekuensi pemadaman rata-rata sistem  
SAIDI : Indeks durasi pemadaman rata-rata sistem  
MAIFI<sub>E</sub> : Indeks frekuensi kejadian pemadaman sementara

Nilai WASRI yang tinggi dari satu subsistem jika dibandingkan dengan nilai WASRI subsistem lainnya menggambarkan bakwa subsistem tersebut kurang andal dibandingkan susbsistem lain. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan kepada subsistem terkait bertujuan untuk menurunkan nilai WASRInya

**GARDU/SUBSISTEM JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK PRIMER  
BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA**

NO	GARDU	JUMLAH SALURAN	KOMPONEN INDEKS KEANDALAN					WASRI	
			BOB OT W1	Si	BOB OT W2	Di	BOB OT W3		Ti
<b>A. Technical Priority</b>									
1	MSSR	8	0,3	4	0,6	128	0,1	0	9,75
2	T 9	25	0,3	9	0,6	323	0,1	0	7,86
3	T 8	30	0,3	10	0,6	385	0,1	3	7,81
4	T 10	30	0,3	7	0,6	318	0,1	1	6,43
5	T 0	7	0,3	3	0,6	72	0,1	2	6,33
6	T 5	30	0,3	9	0,6	306	0,1	0	6,21
7	T 7	38	0,3	11	0,6	382	0,1	2	6,12
8	T 3	32	0,3	10	0,6	275	0,1	1	5,25
9	T 2	21	0,3	8	0,6	164	0,1	5	4,82
10	T 4	28	0,3	7	0,6	203	0,1	2	4,43
11	T 6	20	0,3	4	0,6	138	0,1	0	4,20
12	T 1	29	0,3	6	0,6	116	0,1	2	2,47
<b>B. General Priority</b>									
1	P 7	13	0,3	11	0,6	264	0,1	13	12,54
2	P 15	15	0,3	24	0,6	280	0,1	7	11,73
3	P 55	8	0,3	4	0,6	96	0,1	4	7,40
4	P 50	12	0,3	9	0,6	143	0,1	2	7,39
5	P 12	22	0,3	16	0,6	231	0,1	3	6,53
6	P 23	86	0,3	83	0,6	797	0,1	11	5,86
7	P 14	24	0,3	13	0,6	226	0,1	2	5,82
8	P 24	102	0,3	76	0,6	886	0,1	6	5,44
9	P 22	91	0,3	77	0,6	740	0,1	5	5,14

4.3.3 Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan merupakan komponen yang dipakai sebagai pembagi dalam rumus 2.38. Fungsi dari input biaya pemeliharaan itu sendiri adalah untuk mencari nilai efektif (Efektifitas) kegiatan pemeliharaan yang dilakukan terhadap semua peralatan yang terdapat dalam subsistem/gardu sesuai dengan batasan biaya yang dialokasikan oleh manajemen Bandara Soekarno-Hatta.

Biaya pemeliharaan tersebut menggambarkan jenis dan banyak kegiatan pemeliharaan yang dilakukan terhadap peralatan yang ada pada subsistem/gardu di jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno-Hatta. Biaya pemeliharaan mencakup biaya SDM (sumber daya manusia), barang habis pakai dan biaya tidak langsung seperti transportasi serta pas perijinan yang digunakan untuk menunjang kegiatan.

Data biaya pemeliharaan untuk masing-masing subsistem/gardu pada jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno-Hatta untuk tahun kurun waktu 1 tahun terdapat pada lampiran 4.

#### **4.4 Prioritas Pemeliharaan pada Jaringan Distribusi Listrik Primer Bandar Udara Soekarno-Hatta**

Dengan menggunakan rumus 2.38 setelah semua komponen input untuk perhitungan tersedia maka dapat dilakukan perhitungan nilai E atau nilai yang menggambarkan efektifitas kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam kurun waktu 1 tahun terhadap peralatan yang terdapat pada subsistem/gardu di jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno-Hatta.

Pada lampiran 5 dilakukan perhitungan nilai E menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel setelah memasukkan komponen selisih laju kegagalan ( $S_i$ ), Nilai  $S_i$ ;  $D_j$  dan  $T_i$  serta komponen biaya pemeliharaan masing-masing subsistem/gardu. Perhitungan menggunakan rumus 2.38 :

$$= \frac{(\dots)}{(\dots)}$$

Dimana :

$S_i$  = jumlah pelanggan yang terkena pemadaman

Dj = lamanya pemadaman

Ti = jumlah pelanggan yang terkena pemadaman *temporary*

= laju kegagalan

N = jumlah total pelanggan

C = biaya pemeliharaan terkait

Bobot yang digunakan untuk masing-masing indeks adalah [7] :  $w_1 = 0,3$ ;  
 $w_2 = 0,6$  dan  $w_3 = 0,1$

Maka didapatkan besar nilai E dan rankingnya dari masing-masing subsistem/ gardu adalah sebagai berikut ;

NO	GARDU	E	KETERANGAN
<b>A.</b>	<b>Technical Priority</b>		
1	T 2	0,15	Prioritas I
2	T 0	0,12	Prioritas II
3	T 6	0,07	Prioritas III
4	T 7	0,05	Prioritas IV
5	T 1	0,03	Prioritas V
6	MSSR	0,03	Prioritas VI
7	T 9	0,01	Prioritas VII
8	T 10	0,01	Prioritas VIII
9	T 5	0,01	Prioritas IX
10	T 8	0,01	Prioritas X
11	T 3	0,01	Prioritas XI
12	T 4	0,01	Prioritas XII
<b>B.</b>	<b>General Priority</b>		
1	P 15	0,53	Prioritas I
2	P 7	0,43	Prioritas II
3	P 55	0,35	Prioritas III
4	P 12	0,29	Prioritas IV
5	P 50	0,28	Prioritas V
6	P 14	0,26	Prioritas VI
7	P 23	0,20	Prioritas VII
8	P 22	0,18	Prioritas VIII
9	P 24	0,06	Prioritas IX

Nilai E yang lebih besar menggambarkan bahwa kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan terhadap subsistem/gardu terkait masih belum efektif



dibandingkan dengan kegiatan pemeliharaan terhadap subsistem/gardu lainnya. Untuk evaluasi keandalan dapat dilakukan ranking terhadap nilai E dari yang paling besar ke yang kecil, dimana urutan ranking nilai E dari yang terbesar menggambarkan subsistem/gardu yang harus mendapatkan prioritas pemeliharaan dalam rangka meningkatkan keandalannya.

Pada jaringan technical priority dapat dilihat bahwa gardu T 2 harus mendapatkan prioritas pertama untuk kegiatan pemeliharaannya diikuti oleh gardu T 0 dan T 6 pada urutan kedua dan ketiga. Sedangkan pada sistem general priority gardu P 15 harus mendapatkan prioritas pertama untuk kegiatan pemeliharaannya diikuti oleh gardu P 7 dan P 55 pada urutan kedua dan ketiga.

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan seharusnya efektif atau untuk mencapai tingkat keandalan yang diinginkan dapat kegiatan pemeliharaan haruslah dapat menurunkan nilai WASRI pada subsistem terkait. Yaitu dengan biaya yang tersedia dapat menurunkan nilai E yang hal tersebut mengindikasikan bahwa subsistem terkait memiliki laju kegagalan dan indeks yang kecil sehingga sistem tersebut andal sekaligus efektif dan efisien dalam biaya pemeliharaannya.

## **BAB 4**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data dari Dinas pembangkit dan jaringan listrik Bandar udara Soekarno-Hatta berupa data jaringan distribusi beserta peralatan, data kejadian pemadaman pada sistem listrik, dan data biaya pemeliharaan dari subsistem.

Data jaringan yang digunakan adalah data konfigurasi jaringan distribusi primer, beserta peralatan dan subsistem didalamnya dan peralatan pendukung lainnya yang terkait dengan keandalan sistem. Data kejadian pemadaman akan dipilah menjadi tiga macam sesuai dengan indeks keandalan yang digunakan.

#### **4.2 Parameter Keandalan Sistem Distribusi**

Untuk mengukur keandalan sistem distribusi bisa menggunakan metode indeks keandalan (Reliability Indices) [8]. Khusus untuk evaluasi terhadap sistem maka indeks yang paling cocok digunakan adalah SAIDI dan SAIFI. Penambahan indeks MAIFI<sub>E</sub> disebabkan untuk memasukkan kejadian pemadaman sementara (momentary) sebagai komponen dalam evaluasi keandalan. Indeks SAIFI hanya mencakup kejadian pemadaman ketika gangguan yang terjadi terhadap sistem selang waktunya lebih dari 5 menit. Ketika pemadaman yang terjadi dalam selang waktu kurang atau sama dari 5 menit maka kejadian itu tidak termasuk sebagai input dari indeks SAIFI. Disebabkan semakin banyak peralatan-peralatan yang sensitif terhadap pemadaman walaupun kejadian pemadaman tersebut hanya kurang dari 5 menit maka indeks MAIFI<sub>E</sub> disertakan sebagai komponen dalam analisa keandalan sistem distribusi.

##### **4.2.1 Laju Kegagalan**

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan laju kegagalan dari peralatan-peralatan penyusun /pendukung subsistem. Nilai laju kegagalan dihitung dengan memperhatikan susunan dan komponen penyusun subsistem. Untuk subsistem yang komponen penyusunnya bersifat non redundancy (tidak bercadangan) dapat dianalogikan sebagai komponen yang tersusun secara seri,

sedangkan subsistem yang komponen penyusunnya bersifat redundancy (bercadangan) dapat dianalogikan sebagai komponen yang tersusun paralel atau dimungkinkan juga susunan komponennya adalah kombinasi, maka harus dihitung menurut rumus yang telah dijabarkan pada bab 2 bagian 2.3. Nilai laju kegagalan perkomponen diperoleh dengan mengambil acuan nilai asumsi yang terdapat dalam standar IEEE Std 493-2007 (Lampiran 1). Dari angka-angka tersebut dihitung laju kegagalan dari subsistem/gardu dengan memperhatikan susunan komponen yang terpasang didalam subsistem/gardu.

Untuk mencari perubahan laju kegagalan diperlukan laju kegagalan yang menjadi target dari keandalan, laju kegagalan target ini bisa diperoleh dengan menetapkan besaran keandalan yang diinginkan dari sistem. Perhitungan laju kegagalan subsistem yang dievaluasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. Data peralatan yang terpasang pada subsistem yang akan dievaluasi dan proses perhitungan serta skema perhitungan laju kegagalan dapat dilihat dalam lampiran 2 tesis ini.

#### 4.2.2 Perhitungan Indeks Keandalan

Ketiga indeks yang akan dipakai yaitu SAIFI, SAIDI dan MAIFI, masing-masing dapat merupakan komponen bebas antara satu indeks dengan yang lainnya. Apabila digunakan untuk evaluasi keandalan maka peningkatan ketiga indeks tersebut merupakan gambaran dari semakin rendahnya keandalan dari sistem. Indeks SAIFI dan MAIFI<sub>E</sub> hanya memperhitungkan jumlah atau banyaknya kejadian pemadaman dalam 1 tahun tanpa memperhatikan durasinya. Demikian juga dengan indeks SAIDI hanya memperhitungkan lamanya dari pemadaman dalam 1 tahun, tanpa melihat apakah kejadian tersebut interupsi sementara (momentary) atau berkelanjutan (sustained). Walaupun akan terlihat penambahan dari SAIFI dan MAIFI akan membuat bertambahnya SAIDI.

Dalam penulisan ini perhitungan indeks keandalan tidak langsung digunakan dengan memakai nilai indeks sebagai masukan. Dengan penggabungan metode seperti digambarkan dengan rumus 2.38 maka input bersesuaian untuk masing-masing indeks dijadikan masukan langsung ke perhitungan :

- Untuk menggambarkan indeks SAIDI masukan yang digunakan adalah durasi keseluruhan dari interupsi yang terjadi pada subsistem ( $D_j$ )

- Untuk menggambarkan indeks SAIFI masukan yang digunakan adalah jumlah interupsi berkelanjutan (sustained) atau interupsi yang terjadi lebih dari 5 menit pada subsistem ( $S_i$ )
- Untuk menggambarkan indeks MAIFI<sub>E</sub> masukan yang digunakan adalah jumlah interupsi sementara (temporary) yaitu interupsi yang terjadi kurang atau sama dengan 5 menit pada subsistem ( $T_i$ )

Sedangkan jumlah pelanggan atau saluran pelayanan ( $N$ ) pada subsistem terkait merupakan masukan yang digunakan sebagai pembagi dalam perhitungan rumus 2.38 sehingga komponen indeks keandalan tercakup seluruhnya sebagai masukan dalam perhitungan bersama dengan nilai laju kegagalan subsistem.

#### 4.2.3 Bobot pada Indeks Keandalan

Jika menggunakan lebih dari satu indeks keandalan, maka harus ditetapkan bobot untuk masing-masing indeks yang menggambarkan prosentase pentingnya indeks SAIDI, SAIFI dan MAIFI<sub>E</sub> dalam evaluasi keandalan sistem. Dalam penelitian ini penentuan bobot mengikuti metode subjektif berdasarkan angka bobot didapat dari literatur [7] yang merupakan hasil penelitian dengan metode rootcause analysis. Bobot tersebut dipakai untuk indeks bersesuaian sesuai dengan rumus 2.38. rumus tersebut merupakan penggabungan antara perhitungan perubahan laju kegagalan pada sistem, perhitungan indeks keandalan dan masukan biaya pemeliharaan sebagai komponen evaluasi [10].

#### 4.2.4 Perhitungan Biaya Pemeliharaan

Biaya merupakan komponen utama dalam setiap kegiatan pemeliharaan, biasanya terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung merupakan biaya yang terkait dengan kegiatan pemeliharaan itu sendiri seperti biaya SDM, barang habis pakai dan lainnya. Sedangkan biaya tidak langsung merupakan biaya yang timbul akibat keperluan sarana pendukung untuk terlaksana kegiatan seperti biaya transportasi, perijinan dan akses serta biaya administrasi.

### 4.3 Perhitungan Laju Kegagalan, Masukan Indeks Keandalan dan Masukan Biaya Pemeliharaan

#### 4.3.1 Laju Kegagalan Subsistem/Gardu

Untuk menghitung laju kegagalan pada setiap subsistem pada jaringan distribusi listrik beban Technical Priority dan General Priority, pada Bandar Udara Soekarno-Hatta Jakarta tahapan yang dilakukan adalah

- Mendaftar semua peralatan yang terdapat dalam subsistem/gardu pada jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno Hatta
- Mencari dan memasukkan nilai laju kegagalan masing masing peralatan dengan mengacu pada nilai asumsi laju kegagalan berdasarkan standar IEEE 493-2007.
- Mempelajari dan memahami susunan komposisi peralatan yang terdapat dalam subsistem/gardu
- Menghitung laju kegagalan setiap peralatan atau kelompok peralatan dalam subsistem/gardu.
- Membuat kelompok atau blok dari peralatan untuk menyederhanakan komposisi alat penyusun sistem
- Menghitung laju kegagalan sistem berdasarkan blok atau kelompok yang telah ditetapkan sebelumnya
- Menghitung selisih antara laju kegagalan subsistem dengan laju kegagalan yang dijadikan sebagai acuan untuk sistem tersebut dengan rumus :

$$i = 1 - 0$$

Keterangan

- $i$  : Selisih antara laju kegagalan subsistem dengan laju kegagalan acuan
- $1$  : Laju Kegagalan acuan yang dikehendaki dari sistem
- $0$  : Laju kegagalan hasil perhitungan

Perhitungan rinci laju kegagalan berdasarkan alat dan susunan/komposisinya dalam subsistem/gardu dikerjakan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel, data dan perhitungan terdapat pada lampiran 2.

Dari perhitungan pada lampiran 2 didapatkan selisih laju kegagalan pada masing-masing gardu/subsistem di jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno-Hatta adalah :

NO	GARDU	PERUBAHAN LAJU KEGAGALAN
<b>A. Technical Priority</b>		
1	T 0	0,1181
2	T 1	0,1509
3	T 2	0,1274
4	T 3	0,0118
5	T 4	0,0118
6	MSSR	0,0198
7	T 5	0,0118
8	T 6	0,1196
9	T 7	0,1509
10	T 8	0,0117
11	T 9	0,0117
12	T 10	0,0117
<b>B. General Priority</b>		
1	P 7	0,1122
2	P 12	0,1277
3	P 14	0,1277
4	P 15	0,1277
5	P 22	0,1276
6	P 23	0,1277
7	P 24	0,1196
8	P 50	0,1277
9	P 55	0,1128

Tabel 4.1 : Nilai Perubahan Laju Kegagalan pada Subsistem/Gardu

Nilai Selisih laju kegagalan pada tabel diatas untuk masing-masing gardu menggambarkan besaran ketidakandalan yang harus dikurangi dengan melakukan kegiatan pemeliharaan. Laju kegagalan subsistem adalah nilai masukan yang sensitif untuk masukan perhitungan E disebabkan angka laju kegagalan subsistem menggambarkan komposisi/susunan peralatan yang terpasang dalam subsistem. Perubahan komposisi/susunan dari peralatan yang terpasang dalam subsistem akan menyebabkan berubahnya angka laju kegagalan dari subsistem itu sendiri

yang berikutnya akan merubah nilai komponen indeks keandalan dari subsistem dan merubah biaya pemeliharaan terhadap subsistem.

#### 4.3.2 Nilai $S_i$ , $D_j$ dan $T_i$

Dengan mengambil data interupsi yang terjadi pada masing-masing satu subsistem/gardu. Nilai  $S_i$  adalah jumlah saluran yang mengalami interupsi dengan durasi lebih dari 5 (lima) menit dalam satu subsistem/gardu selama kurun waktu 1 tahun, Nilai  $D_j$  adalah total durasi interupsi yang terjadi pada saluran pelayanan selama kurun waktu 1 tahun dalam satu subsistem/gardu, sedangkan nilai  $T_i$  adalah jumlah saluran pelayanan yang mengalami interupsi sementara (*momentary*) selama kurun waktu 1 tahun dalam satu subsistem/gardu. Selain itu diambil juga data jumlah saluran pelayanan atau jumlah pelanggan ( $N$ ) yang dilayani oleh setiap subsistem/gardu.

Nilai  $S_i$ ,  $D_j$ , dan  $T_i$  seperti tersebut diatas bersama dengan jumlah saluran pelayanan ( $N$ ) dipakai dalam perhitungan  $E$  menurut rumus 2.38 sebagai komponen yang menggambarkan pengaruh indeks keandalan sistem yaitu SAIFI, SAIDI dan MAIFI<sub>E</sub> (IEEE standar 1366-2003) terhadap evaluasi keandalan. Data nilai  $S_i$ ,  $D_j$ , dan  $T_i$  diambil dalam kurun waktu bulan Oktober 2009 sampai dengan bulan September 2010, beserta jumlah saluran pelayanan untuk masing-masing subsistem/gardu dapat dilihat pada lampiran 3.

Keandalan subsistem juga dapat dilihat dengan menghitung nilai WASRI eksisting yang dengan memakai nilai  $S_i$ ,  $D_j$ , dan  $T_i$  tersebut. Untuk menghitung nilai WASRI dapat menggunakan rumus 2.36 :

$$= ( \quad ) + ( \quad ) + ( \quad )$$

Keterangan

- SAIFI : Indeks frekuensi pemadaman rata-rata sistem  
SAIDI : Indeks durasi pemadaman rata-rata sistem  
MAIFI<sub>E</sub> : Indeks frekuensi kejadian pemadaman sementara

**NILAI WASRI ( WEIGHTED AVERAGE SYSTEM RELIABILITY INDEX)**  
**GARDU/SUBSISTEM JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK PRIMER**  
**BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA**

N O	GARDU	JUMLAH SALURAN	KOMPONEN INDEKS KEANDALAN					WASRI	
			BOB OT W1	<i>Si</i>	BOB OT W2	<i>Di</i>	BOB OT W3		<i>Ti</i>
<b>A. Technical Priority</b>									
1	MSSR	8	0,3	4	0,6	128	0,1	0	9,75
2	T 9	25	0,3	9	0,6	323	0,1	0	7,86
3	T 8	30	0,3	10	0,6	385	0,1	3	7,81
4	T 10	30	0,3	7	0,6	318	0,1	1	6,43
5	T 0	7	0,3	3	0,6	72	0,1	2	6,33
6	T 5	30	0,3	9	0,6	306	0,1	0	6,21
7	T 7	38	0,3	11	0,6	382	0,1	2	6,12
8	T 3	32	0,3	10	0,6	275	0,1	1	5,25
9	T 2	21	0,3	8	0,6	164	0,1	5	4,82
10	T 4	28	0,3	7	0,6	203	0,1	2	4,43
11	T 6	20	0,3	4	0,6	138	0,1	0	4,20
12	T 1	29	0,3	6	0,6	116	0,1	2	2,47
<b>B. General Priority</b>									
1	P 7	13	0,3	11	0,6	264	0,1	13	12,54
2	P 15	15	0,3	24	0,6	280	0,1	7	11,73
3	P 55	8	0,3	4	0,6	96	0,1	4	7,40
4	P 50	12	0,3	9	0,6	143	0,1	2	7,39
5	P 12	22	0,3	16	0,6	231	0,1	3	6,53
6	P 23	86	0,3	83	0,6	797	0,1	11	5,86
7	P 14	24	0,3	13	0,6	226	0,1	2	5,82
8	P 24	102	0,3	76	0,6	886	0,1	6	5,44
9	P 22	91	0,3	77	0,6	740	0,1	5	5,14

Tabel 4.2 : Nilai WASRI Subsistem/Gardu Jaringan Distribusi Technical Priority dan General Priority Bandara Soekarno-Hatta

WASRI merupakan indeks yang menggambarkan tingkat keandalan suatu sistem berdasarkan data historis dan pemakaian bobot yang bersesuaian.



Perhitungan WASRI dilakukan untuk mengetahui seberapa andal suatu sistem berdasarkan sejarah gangguan yang terjadi terhadapnya. Sistem dengan WASRI yang lebih tinggi menggambarkan bahwa sistem tersebut mengalami lebih banyak gangguan dan tidak lebih andal daripada sistem lainnya. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan diharapkan dapat menurunkan besar indeks WASRI dari sistem tersebut. Dari tabel nilai WASRI yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan terhadap subsistem/gardu didapatkan urutan keandalannya, dari urutan teratas ke urutan berikutnya merupakan sistem yang kurang andal sampai ke sistem yang lebih andal.

Nilai WASRI yang tinggi dari satu subsistem jika dibandingkan dengan nilai WASRI subsistem lainnya menggambarkan bahwa subsistem tersebut kurang andal dibandingkan subsistem lain. Perubahan nilai WASRI juga akan dipengaruhi secara tidak langsung oleh komposisi/susunan peralatan yang terpasang dalam sistem. Dengan asumsi bahwa subsistem yang tersusun dari komponen yang bersifat redundant atau bercadangan akan lebih sedikit mengalami interupsi daripada subsistem yang komponen penyusunnya bersifat non redundant atau tidak bercadangan.

#### 4.3.3 Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan merupakan komponen yang dipakai sebagai pembagi dalam rumus 2.38. Fungsi dari input biaya pemeliharaan itu sendiri adalah untuk mencari nilai efektif (Efektifitas) kegiatan pemeliharaan yang dilakukan terhadap semua peralatan yang terdapat dalam subsistem/gardu sesuai dengan batasan biaya yang dialokasikan oleh manajemen Bandara Soekarno-Hatta. Alokasi biaya pemeliharaan bisa dipakai sebagai masukan untuk perhitungan E karena jenis kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan pada sistem distribusi listrik bandar udara Soekarno-Hatta adalah Pemeliharaan Pencegahan Berjadwal (Time-scheduled Preventive Maintenance), dimana biaya yang dialokasikan harus dikeluarkan harus sesuai dengan rencana kegiatan pemeliharaan yang akan dilakukan.

Biaya pemeliharaan tersebut menggambarkan jenis dan banyak kegiatan pemeliharaan yang dilakukan terhadap peralatan yang ada pada subsistem/gardu di jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno-Hatta. Biaya pemeliharaan

mencakup biaya SDM (sumber daya manusia), barang habis pakai dan biaya tidak langsung seperti transportasi serta pas perijinan yang digunakan untuk menunjang kegiatan.

Data biaya pemeliharaan untuk masing-masing subsistem/gardu pada jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno-Hatta untuk tahun kurun waktu 1 tahun terdapat pada lampiran 4.

#### 4.4 Prioritas Pemeliharaan pada Jaringan Distribusi Listrik Primer Bandar Udara Soekarno-Hatta

Dengan menggunakan rumus 2.38 setelah semua komponen input untuk perhitungan tersedia maka dapat dilakukan perhitungan nilai E atau nilai yang menggambarkan efektifitas kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam kurun waktu 1 tahun terhadap peralatan yang terdapat pada subsistem/gardu di jaringan distribusi listrik primer bandara Soekarno-Hatta.

Pada lampiran 5 dilakukan perhitungan nilai E menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel setelah memasukkan komponen selisih laju kegagalan ( $\lambda_i$ ), Nilai  $S_i$ ;  $D_j$  dan  $T_i$  serta komponen biaya pemeliharaan masing-masing subsistem/gardu. Perhitungan menggunakan rumus 2.38 :

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{S_i \cdot D_j \cdot T_i \cdot \lambda_i}{C} \right)}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

Dimana :

- $S_i$  = jumlah pelanggan yang terkena pemadaman (pelanggan/tahun)
- $D_j$  = lamanya pemadaman (jam/tahun)
- $T_i$  = jumlah pelanggan terkena pemadaman *temporary* (pelanggan/tahun)
- = laju kegagalan (kegagalan/tahun)
- $N$  = jumlah total pelanggan (pelanggan)
- $C$  = biaya pemeliharaan terkait (Rp)

Bobot yang digunakan untuk masing-masing indeks adalah [7] :  $w_1 = 0,3$ ;  $w_2 = 0,6$  dan  $w_3 = 0,1$ . Maka didapatkan besar nilai E dan rankingnya dari masing-masing subsistem/ gardu adalah sebagai berikut:

NO	GARDU	E	KETERANGAN
<b>A.</b>	<b>Technical Priority</b>		
1	T 2	0,15	Prioritas I
2	T 0	0,12	Prioritas II
3	T 6	0,07	Prioritas III
4	T 7	0,05	Prioritas IV
5	T 1	0,03	Prioritas V
6	MSSR	0,03	Prioritas VI
7	T 9	0,01	Prioritas VII
8	T 10	0,01	Prioritas VIII
9	T 5	0,01	Prioritas IX
10	T 8	0,01	Prioritas X
11	T 3	0,01	Prioritas XI
12	T 4	0,01	Prioritas XII
<b>B.</b>	<b>General Priority</b>		
1	P 15	0,53	Prioritas I
2	P 7	0,43	Prioritas II
3	P 55	0,35	Prioritas III
4	P 12	0,29	Prioritas IV
5	P 50	0,28	Prioritas V
6	P 14	0,26	Prioritas VI
7	P 23	0,20	Prioritas VII
8	P 22	0,18	Prioritas VIII
9	P 24	0,06	Prioritas IX

Tabel 4.3: Nilai E Subsistem/Gardu Jaringan Distribusi Technical Priority dan General Priority Bandara Soekarno-Hatta

Nilai E yang lebih besar menggambarkan bahwa kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan terhadap subsistem/gardu tersebut masih belum efektif dibandingkan dengan kegiatan pemeliharaan terhadap subsistem/gardu lainnya. Untuk evaluasi keefektifan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan terhadap subsistem dengan merujuk pada biaya pemeliharaan yang tersedia dapat dilakukan ranking terhadap nilai E dari yang paling besar ke yang kecil, dimana urutan ranking nilai E dari yang terbesar menggambarkan subsistem/gardu yang kegiatan

pemeliharaan yang dilaksanakan terhadapnya belum efektif dalam usaha meningkatkan keandalan sistem tersebut berdasarkan biaya yang tersedia.

Pada jaringan technical priority dapat dilihat bahwa gardu T 2 harus mendapatkan prioritas pertama untuk kegiatan pemeliharaannya diikuti oleh gardu T 0 dan T 6 pada urutan kedua dan ketiga. Sedangkan pada sistem general priority gardu P 15 harus mendapatkan prioritas pertama untuk kegiatan pemeliharaannya diikuti oleh gardu P 7 dan P 55 pada urutan kedua dan ketiga.

Ketidakefektifan ini bisa terjadi pada subsistem/gardu karena kegiatan pemeliharaan yang dilakukan belum dapat meningkatkan keandalan dari subsistem/gardu dimana terlihat dari nilai WASRI subsistem tersebut. Ada 2 cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan dari subsistem/gardu dengan tetap memperhatikan keefektifan. Yang pertama adalah meningkatkan kuantitas kegiatan pemeliharaan terhadap subsistem yang nilai E-nya tinggi. Apabila dikaitkan dengan metode preventif maintenance berarti penambahan jadwal atau frekuensi kegiatan pemeliharaan terhadap subsistem/gardu tersebut. Sedangkan cara kedua adalah dengan merubah komposisi/susunan peralatan yang terpasang dalam subsistem/gardu agar peralatan yang tidak bercadangan (*non redundant*) dirubah menjadi komposisi/susunan peralatan yang bercadangan (*redundant*). Dengan cara ini akan menurunkan nilai laju kegagalan ( $\lambda_i$ ) daripada subsistem/gardu terkait dan menurunkan kemungkinan gangguan yang akan terjadi terhadap subsistem/gardu karena peralatan dalam subsistem/gardu mempunyai cadangan sehingga kegagalan pada satu alat tidak membuat keseluruhan subsistem/gardu gagal. Jadi apabila pemeliharaan dilakukan terhadap alat yang gagal, pelayanan terhadap pelanggan tidak mengalami pemutusan (interupsi)

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan seharusnya efektif atau untuk mencapai tingkat keandalan yang diinginkan, kegiatan pemeliharaan haruslah dapat menurunkan nilai WASRI pada subsistem terkait. Yaitu dengan biaya yang tersedia dapat menurunkan nilai E yang hal tersebut mengindikasikan bahwa subsistem terkait memiliki laju kegagalan dan indeks yang kecil sehingga sistem tersebut andal sekaligus efektif dan efisien dalam biaya pemeliharaannya.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

1. Nilai WASRI (Weighted Average System Reliability Index) tidak dipengaruhi oleh jumlah saluran atau pelanggan pada subsistem/gardu, melainkan dipengaruhi oleh komponen indeks keandalan yang didapat berdasarkan data historis dan pemakaian bobot yang bersesuaian.
2. Berdasarkan perhitungan WASRI terhadap jaringan distribusi listrik bandar udara Soekarno-Hatta, pada jaringan technical priority subsistem/gardu yang paling andal adalah T 1 dengan nilai WASRI 2,47 dan subsistem/gardu dengan keandalan terendah adalah MSSR dengan nilai WASRI 9,75. Sedangkan pada jaringan general priority subsistem/gardu yang paling andal adalah P 22 dengan nilai WASRI 5,14 dan subsistem/gardu dengan keandalan terendah adalah P 7 dengan nilai WASRI 12,54.
3. Prioritas pemeliharaan menurut perhitungan E, pada jaringan technical priority : prioritas I adalah subsistem/gardu T 2 dengan nilai  $E = 0,15$ ; prioritas II adalah subsistem/gardu T 0 dengan nilai  $E = 0,12$ ; dan prioritas III adalah subsistem/gardu T 6 dengan nilai  $E = 0,07$ . Sedangkan pada jaringan general priority : prioritas I adalah subsistem/gardu P 15 dengan nilai  $E = 0,53$ ; prioritas II adalah subsistem/gardu P 7 dengan nilai  $E = 0,43$ ; dan prioritas III adalah subsistem/gardu P 55 dengan nilai  $E = 0,35$ .

## DAFTAR REFERENSI

1. A. S Pabla (2005); *Electric Power Distribution*; Mc Graw-Hill
2. Ali A. Chowdhury and Don O. Koval (2009); *Power Distribution System Reliability*; John Wiley & Son Inc
3. Dale R. Patrick and Stephen W. Fardo (2009); *Electrical Distribution System 2nd edition*; CRC Press
4. David J. Smith (2001); *Reliability, Maintainability and Risk 6th edition*; Butterworth-Heinemann Press
5. Djiteng Marsudi (2006); *Operasi Sistem Tenaga Listrik*; Graha Ilmu
6. Paul Gill (2009); *Electrical Power Equipment Maintenance and Testing 2nd ed*; CRC Press
7. Richard E. Brown (2009); *Electric Power Distribution Reliability 2nd edition*; CRC Press
8. **IEEE Std 1366™-2003**; *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*; IEEE Inc
9. PT. PLN (Persero) 1985; **SPLN 59** : *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*
10. F. Li and Richard E. Brown (2004); *A Cost Effective Approach of Prioritizing Distribution Maintenance based on System Reliability*; IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 19 No.1
11. G. Hamoud, L. Lee and G. Toneguzzo (2004); *Assesment of component criticality in costumer delivery systems*; International Conference on Probabilistic Method Applied to Power Systems, Iowa State University
12. Patriks Hilber and Lina Berling (2007); *Component reliability importance indice for electrical networks*; International Power Engineering Conference
13. Lina Bertling, Roland Eriksson and Ron N. Allan (2001); *Relation between preventive maintenance and reliability for a cost-effective distribution system*; IEEE Porto Power Tech Conference

14. G. J Anders (1983); *Evaluation of importance and related reliability measures for electric power system*; IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems Vol. PAS-102, No.3
15. Michael J. Armstrong (1997); *Reliability-importance and dual-failure mode component*; IEEE Transaction on reliability vol. 46, No. 2



Lampiran 1

TABLE 2 - SUMMARY OF "MILL INDUSTRY" EQUIPMENT FAILURE RATE AND EQUIPMENT DUTAGE DURATION DATA FOR 66 EQUIPMENT CATEGORIES CONTAINING 8 OR MORE FAILURES

Equipment	Equipment Sub Class	Failure Rate-Failures per Unit-Year	Actual Hours Downtime per Failure		Average Estimated Clock Hours to Fix Failure During 24 Hour Work Day	
			Industry Average	Plant Average	Repair Failed Component	Replace with Spare
Electric Utility Power Supplies..	All.....	0.643	1.33	1.04	-	-
	Single Circuit.....	0.537	5.66	5.10	-	-
	Double or Triple Circuit-All.....	0.622	0.85	1.17	-	-
	Automatically Switched Over.....	0.735	0.59	0.93	-	-
	Manual Switchover.....	0.498	1.87	2.00	-	-
	Loss of All Circuits at One Time.....	0.719	2.00	1.58	-	-
Transformers.....	Liquid Filled-All.....	0.0041	529.	219.	378.	71.4
	600 - 15,000 Volts - All Sizes.....	0.0030	774.	49.	392.	74.3
	300-750 kVA.....	0.0037	61.0	10.7	48.0	3.7
	751-2,499 kVA.....	0.0025	217.	63.	297.	29.7
	2,500 kVA & up.....	0.0032	216.	60.0	618.	150.
	Above 15,000 Volts.....	0.0130	1076.	1260.	367.	71.5
	Dry Type; 0 - 15,000 Volts.....	0.0036	153.	28.	67.	39.9
	Rectifier; Above 600 Volts.....	0.0298	380.	80.	306.	20.0
Circuit Breakers.....	Fused Type (incl. molded case) - All.....	0.0052	5.8	4.0	31.7	4.5
	0 - 600 Volts - All Sizes.....	0.0044	4.7	4.2	5.0	2.0
	0 - 600 amps.....	0.0035	2.2	1.0	4.0	2.0
	Above 600 amps.....	0.0066	9.5	8.0	8.0	2.0
	Above 600 Volts.....	0.0176	10.6	3.8	44.5	12.0
	Metallized Drawout - All.....	0.0030	129.	7.6	54.2	3.9
	0 - 600 Volts - All sizes.....	0.0027	147.	4.0	47.2	2.9
	0 - 600 amps.....	0.0023	3.2	1.0	15.6	1.2
	Above 600 amps.....	0.0030	232.	5.0	29.4	4.0
Above 600 Volts.....	0.0036	109.	168.	62.4	5.2	
Motor Starters.....	Contact Type; 0 - 600 Volts.....	0.0138	65.1	24.5	8.0	4.6
	Contact Type; 601 - 15,000 Volts.....	0.0153	284.	16.0	23.6	13.8



TABLE 2 (Continued)

Equipment	Equipment Sub Class	Failure Rate - Failures per Unit-Year	Actual Hours Downtime per Failure		Average Estimated Clock Hours to Fix Failure During 24 Hour Work Day	
			Industry Average	Median Plant Average	Repair Failed Component	Replace with Spare
Motors.....	Induction; 0 - 600 Volts.....	0.0108	114.	18.3	50.2	13.0
"	Induction; 601 - 15,000 Volts.....	0.0404	76.0	31.5	71.4	19.7
"	Synchronous; 0 - 600 Volts.....	0.0007	36.3	35.3	32.0	10.0
"	Synchronous; 601 - 15,000 Volts.....	0.0318	175.	153.	146.	18.7
"	Direct Current - All.....	0.0656	37.5	16.2	68.0	5.3
Generators.....	Steam Turbine Driven.....	0.032	165.	96.5	234.	201.
"	Gas Turbine driven.....	0.638	23.1	92.0	190.	400.
Disconnect Switches.....	Enclosed.....	0.0061	3.6	2.8	50.7	13.7
Switchgear Bus - Indoor & Outdoor (Unit = Number of Connected Circuit breakers or Instrument Transformer Compartments)	Insulated; 601 - 15,000 Volts.....	0.00170	261.	35.8	41.0	65.0
	Bare; 0 - 600 Volts.....	0.00334	590.	24.9	41.5	24.5
	Bare; Above 600 Volts.....	0.00063	17.3	13.0	20.6	7.3
Bus duct - Indoor & Outdoor..... (Unit = One Circuit Foot)	All Voltages.....	0.000125	728.	9.5	12.9	6.0
Open Wire..... (Unit = 1,000 Circuit Feet)...	0 - 15,000 Volts.....	0.0189	42.5	4.0	4.6	8.0
	Above 15,000 Volts.....	0.0076	17.5	12.0	8.0	-
Cable - All Types of Insulation. (Unit = 1,000 Circuit Feet)...	Above Ground & Aerial					
	0 - 600 Volts.....	0.00141	467.	10.5	20.8	38.7
	601 - 15,000 volts - All.....	0.01410	40.4	6.9	26.8	60.4
	In Trays Above Ground.....	0.00923	8.6	8.0	49.4	179.
	In Conduit Above Ground.....	0.04918	140.	47.5	-	19.8
	Aerial Cable.....	0.01437	31.6	5.3	10.6	23.0
	Below Ground & Direct Burial					
	0 - 600 Volts.....	0.00388	75.0	24.0	-	26.8
	601 - 15,000 Volts - All.....	0.00617	95.5	36.0	20.4	26.8
	In Duct or Conduit Below Ground....	0.00613	95.8	36.0	20.9	26.8
Above 15,000 Volts.....	0.00236	16.0	16.0	16.0	-	

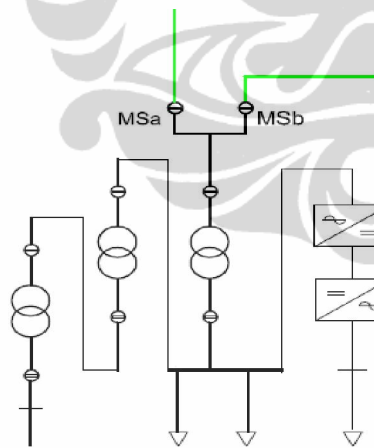
TABLE 2 (Continued)

Equipment	Equipment Sub Class	Failure Rate - Failures per Unit-Year	Actual Hours Downtime per Failure		Average Estimated Clock Hours to Fix Failure During 24 Hour Work Day	
			Industry Average	Plant Average	Repair Filled Component	Replace with Spare
Cable (Unit = 1,000 Circuit Feet)	601 - 15,000 Volts					
	Thermoplastic	0.00387	44.5	10.0	22.5	29.3
	Thermosetting	0.00889	168.	26.0	27.2	55.2
	Paper Insulated Lead Covered	0.00912	48.9	26.8	17.3	18.3
	Other	0.01832	16.1	26.5	23.2	44.8
Cable Joints - All Types of Insul.	601 - 15,000 Volts					
	In Duct or Conduit Below Ground	0.000864	36.1	30.2	14.7	5.5
Cable Joints	601 - 15,000 Volts					
	Thermoplastic	0.000754	15.8	8.0	12.6	22.0
	Paper Insulated Lead Covered	0.001037	31.4	29.0	30.0	-
Cable Terminations - All Types of Insulation	Above Ground & Aerial					
	0 - 600 Volts	0.000127	3.8	4.0	8.0	8.0
	601 - 15,000 Volts - All	0.000879	196.	11.1	34.6	40.6
	Aerial Cable	0.001648	48.5	11.3	15.3	18.0
	in Trays Above Ground	0.000333	8.0	9.0	48.8	58.3
	In Duct or Conduit Below Ground					
	601 - 15,000 Volts	0.000303	25.0	23.4	28.8	30.0
Cable Terminations	601 - 15,000 Volts					
	Thermoplastic	0.004182	10.5	10.5	12.0	12.0
	Thermosetting	0.00307	451.	11.3	30.2	42.8
	Paper Insulated Lead Covered	0.000780	68.8	29.2	29.0	30.0
Miscellaneous	Inverters	1.254	107.	135.	5.0	8.0
	Rectifiers	0.838	39.0	52.2	41.5	12.0

**General Priority North Circuit**

Sistem Substation P 24

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	MCw	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	MCv	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	D S	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
21	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
22	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
23	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
24	Penyearah UPS	Rectifier	0,0045	0,9955
25	Inverter	UPS Inverter	0,0048	0,9952



(24--25)//23  
(17--18--19--20--21--22)

0,9999 x  
0,8663 x

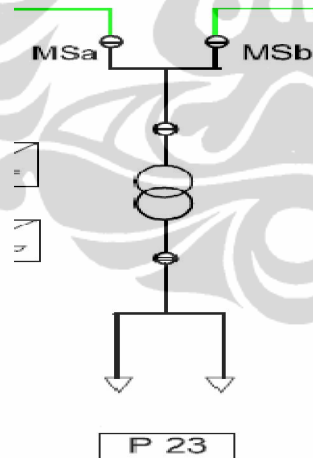
maka

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P24 (No. 17-25) :	0,1338 ; R :	0,8662
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0377 ; R :	0,9623
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0414 ; R :	0,9586
Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G	0,0177 ; R :	0,9823
Laju kegagalan Blok JIA I	0,5403 ; R :	0,4597
Laju kegagalan Blok JIA II	0,5403 ; R :	0,4597

## General Priority North Circuit

Data Peralatan pada Substation P 23

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	MCw	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	MCv	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	D S	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
21	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
22	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
23	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905



(17--18--19--20--21--22--23)

0,8581

maka

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P24 (No. 17-23) :

0,1419 ; R :

0,8581

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A

0,0389 ; R :

0,9611

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B

0,0402 ; R :

0,9598

Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G

0,0177 ; R :

0,9823

Laju kegagalan Blok JIA I

0,5403 ; R :

0,4597

Laju kegagalan Blok JIA II

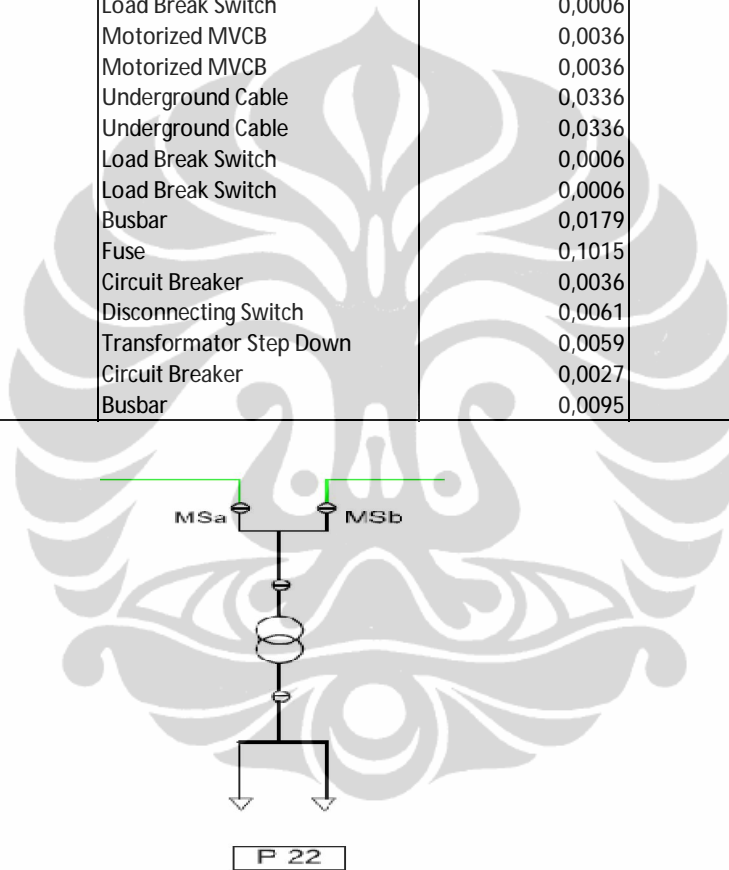
0,5403 ; R :

0,4597

## General Priority North Circuit

Data Peralatan pada Substation P 22

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	MCw	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	MCv	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	D S	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
21	Trafo Distribusi	Transformer Step Down	0,0059	0,9941
22	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
23	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905



(17--18--19--20--21--22--23)

0,8581

maka

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P22 (No. 17-23) :

0,1419 ; R :

0,8581

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A

0,0395 ; R :

0,9605

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B

0,0389 ; R :

0,9611

Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G

0,0177 ; R :

0,9823

Laju kegagalan Blok JIA I

0,5403 ; R :

0,4597

Laju kegagalan Blok JIA II

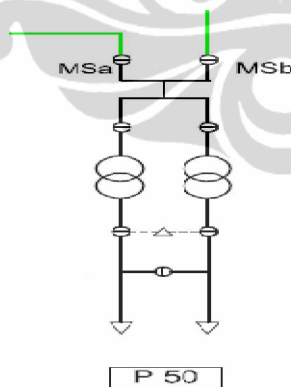
0,5403 ; R :

0,4597

## General Priority North Circuit

Data Peralatan pada Substation P 50

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	MCw	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	MCv	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	Medium Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
21	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
22	D S B	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
23	Trafo Distribusi A	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
24	Trafo Distribusi B	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
25	Low Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
26	Low Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
27	Coupling Switch	Load Break Switch	0,0006	0,9994
28	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905



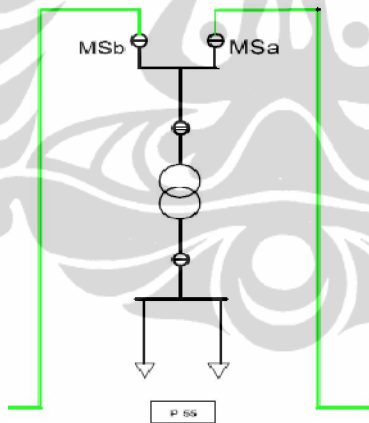
(28--27)	0,9899
(19--21--23--25)	0,9818
(20--22--24--26)	0,9818
(17--18)	0,8823 maka

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P50 (No. 17-28) :	0,1269 ; R :	0,8731
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0414 ; R :	0,9586
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0377 ; R :	0,9623
Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G	0,0177 ; R :	0,9823
Laju kegagalan Blok JIA I	0,5403 ; R :	0,4597
Laju kegagalan Blok JIA II	0,5403 ; R :	0,4597

**General Priority South Cricuit**

Data Peralatan pada Substation P 55

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	Mcu	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	Mct	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	D S	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
21	Trafo Distribusi	Transformer Step Down	0,0059	0,9941
22	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
23	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905



(17--18--19--20--21--22--23)

0,8581

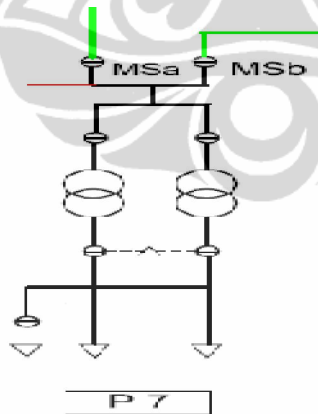
maka

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P55 (No. 17-23) :	0,1419 ; R :	0,8581
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0377 ; R :	0,9623
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0426 ; R :	0,9574
Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G	0,0177 ; R :	0,9823
Laju kegagalan Blok JIA I	0,5403 ; R :	0,4597
Laju kegagalan Blok JIA II	0,5403 ; R :	0,4597

## General Priority South Cricuit

Data Peralatan pada Substation P 7

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	Mcu	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	Mct	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	Medium Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
21	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
22	D S B	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
23	Trafo Distribusi A	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
24	Trafo Distribusi B	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
25	Low Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
26	Low Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
27	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905



27	0,9905
(19--21--23--25)	0,9818
(20--22--24--26)	0,9818
(17--18)	0,8823 maka

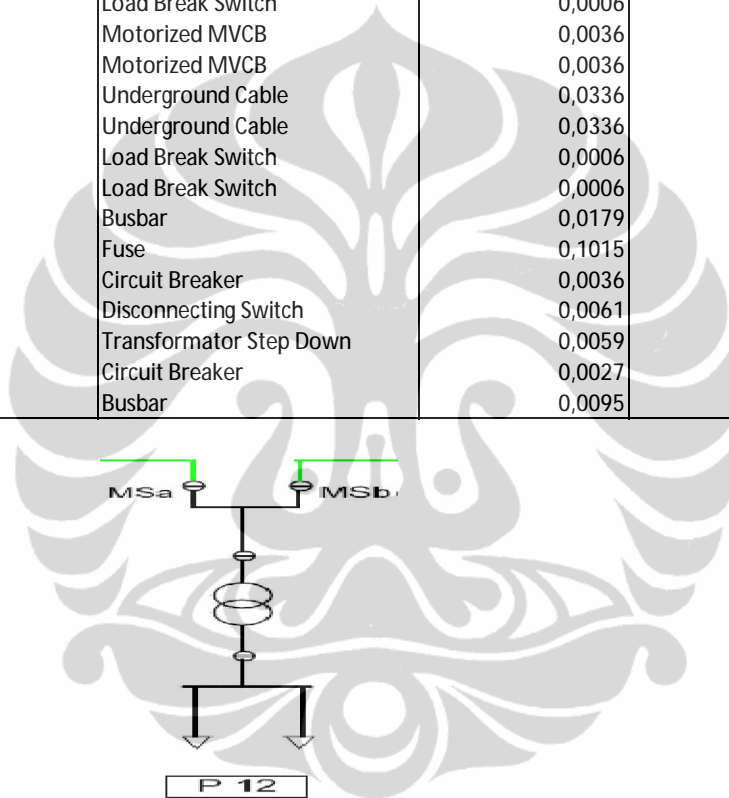
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P7 (No. 17-27) :	0,1263 ; R :	0,8737
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0389 ; R :	0,9611
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0414 ; R :	0,9586
Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G	0,0177 ; R :	0,9823
Laju kegagalan Blok JIA I	0,5403 ; R :	0,4597
Laju kegagalan Blok JIA II	0,5403 ; R :	0,4597



## General Priority South Cricuit

Data Peralatan pada Substation P 12

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	Mcu	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	Mct	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	D S	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
21	Trafo Distribusi	Transformer Step Down	0,0059	0,9941
22	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
23	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905



(17--18--19--20--21--22--23)

0,8581

maka

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P12 (No. 17-23) :

0,1419 ; R :

0,8581

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A

0,0402 ; R :

0,9598

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B

0,0402 ; R :

0,9598

Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G

0,0177 ; R :

0,9823

Laju kegagalan Blok JIA I

0,5403 ; R :

0,4597

Laju kegagalan Blok JIA II

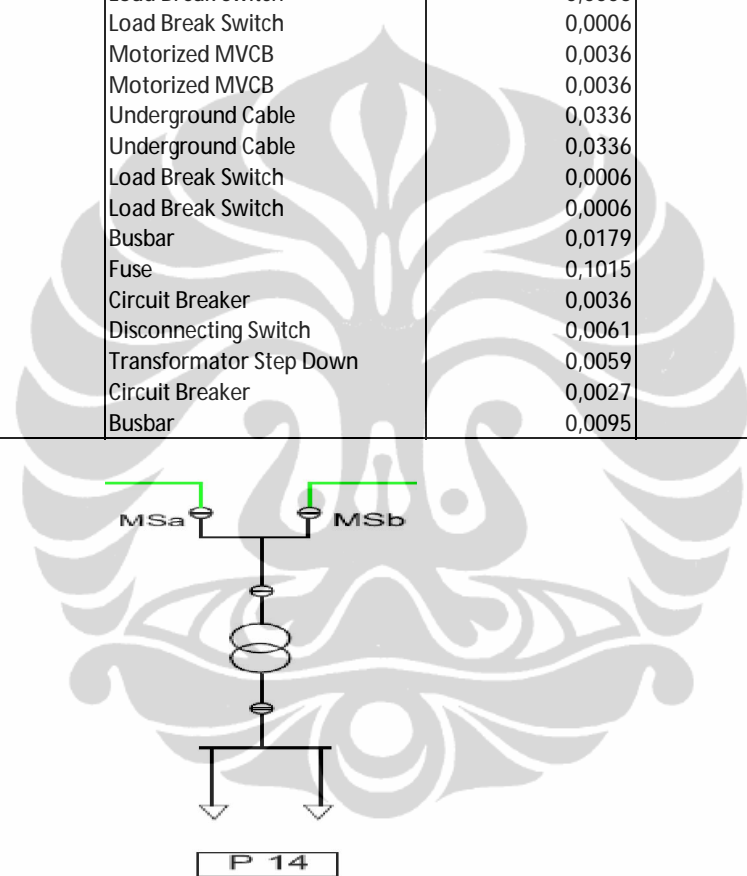
0,5403 ; R :

0,4597

**General Priority South Cricuit**

Data Peralatan pada Substation P 14

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	Mcu	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	Mct	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	D S	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
21	Trafo Distribusi	Transformer Step Down	0,0059	0,9941
22	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
23	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905



(17--18--19--20--21--22--23)

0,8581

maka

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P14 (No. 17-23) :

0,1419 ; R :

0,8581

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A

0,0414 ; R :

0,9586

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B

0,0389 ; R :

0,9611

Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G

0,0177 ; R :

0,9823

Laju kegagalan Blok JIA I

0,5403 ; R :

0,4597

Laju kegagalan Blok JIA II

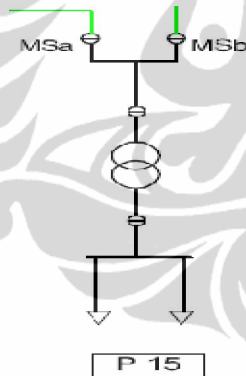
0,5403 ; R :

0,4597

## General Priority South Cricuit

Data Peralatan pada Substation P 15

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	MSc	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSd	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan	0,0177	0,9823
9	MSm	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	MSn	Load Break Switch	0,0006	0,9994
11	Mcu	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
12	Mct	Motorized MVCB	0,0036	0,9964
13	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
14	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
15	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
17	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
18	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
19	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	D S	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
21	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
22	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
23	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905



(17--18--19--20--21--22--23)

0,8581

maka

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok P14 (No. 17-23) :

0,1419 ; R:

0,8581

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A

0,0426 ; R:

0,9574

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B

0,0377 ; R:

0,9623

Laju kegagalan suplai daya cadangan Blok G

0,0177 ; R:

0,9823

Laju kegagalan Blok JIA I

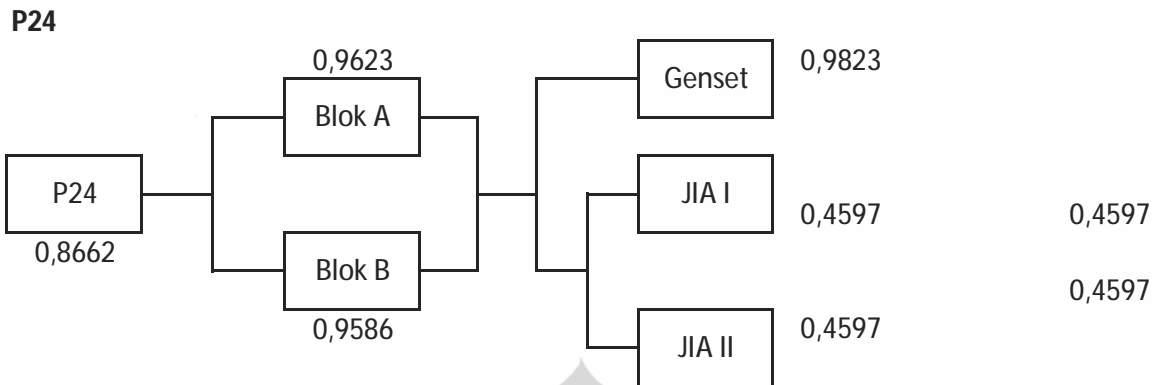
0,5403 ; R:

0,4597

Laju kegagalan Blok JIA II

0,5403 ; R:

0,4597



Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II) 0,7081

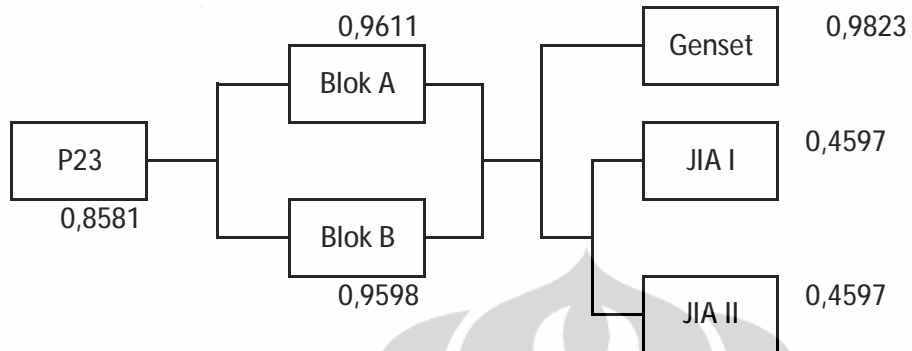
(JIA I // JIA II) // Genset 0,9948

A // B 0,9984

P24--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset) 0,8604

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : = 0,98 - 0,8604 = 0,1196

**P23**

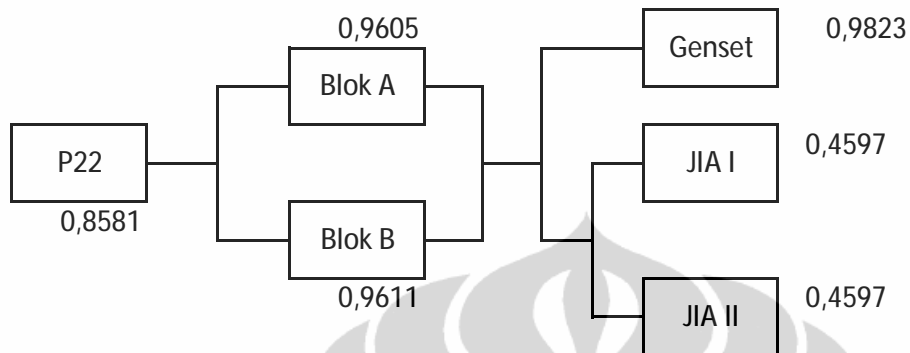


Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II)	0,7081
(JIA I // JIA II) // Genset	0,9948
A // B	0,9984
P23--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset)	0,8523

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $= 0,98 - 0,8523 = 0,1277$

**P22**

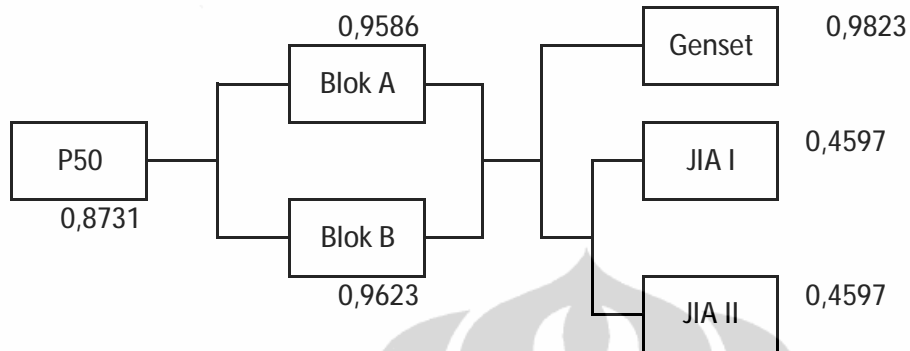


Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II)	0,7081
(JIA I // JIA II) // Genset	0,9948
A // B	0,9985
P23--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset)	0,8524

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $= 0,98 - 0,8524 = 0,1276$

**P 50**



Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II) 0,7081

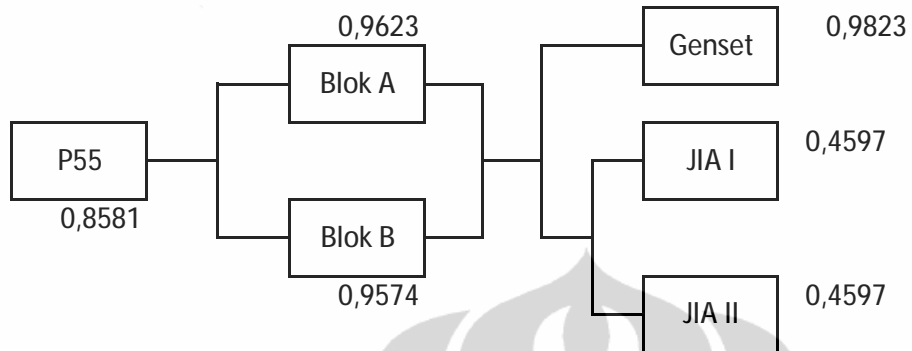
(JIA I // JIA II) // Genset 0,9948

A // B 0,9984

P50--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset) 0,8672

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : = 0,98 - 0,8672 = 0,1128

**P 55**



Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II) 0,7081

(JIA I // JIA II) // Genset 0,9948

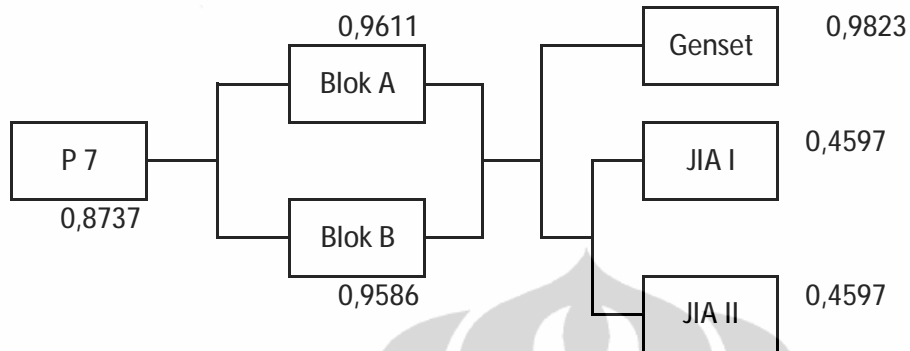
A // B 0,9984

P55--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset) 0,8523

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : = 0,98 - 0,8523 = 0,1277



**P 7**



Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II) 0,7081

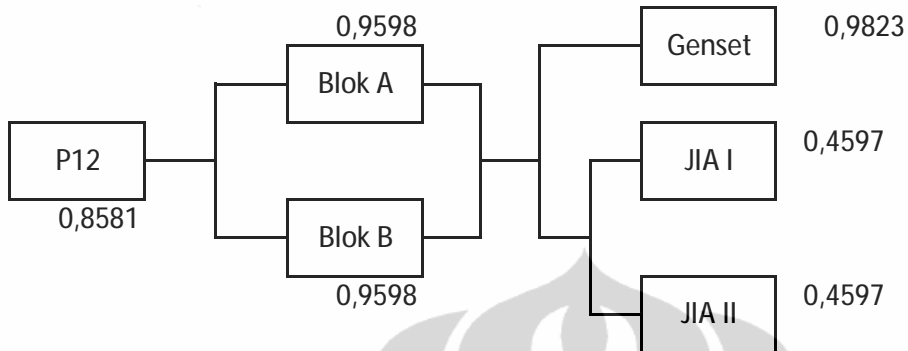
(JIA I // JIA II) // Genset 0,9948

A // B 0,9984

P07--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset) 0,8678

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : = 0,98 - 0,8678 = 0,1122

**P 12**



Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II) 0,7081

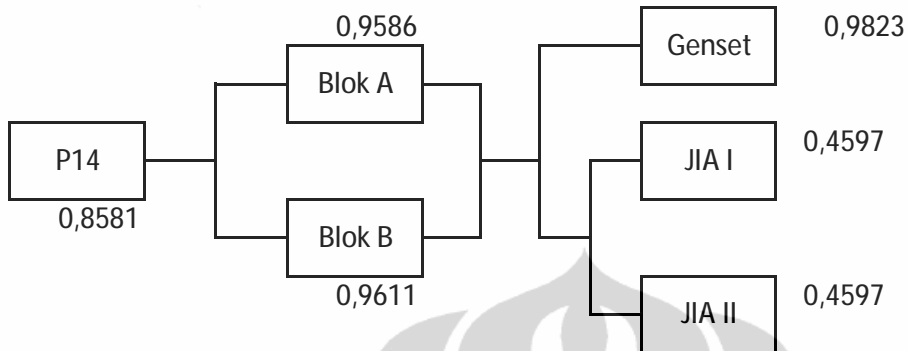
(JIA I // JIA II) // Genset 0,9948

A // B 0,9984

P12--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset) 0,8523

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : = 0,98 - 0,8523 = 0,1277

**P 14**



Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II) 0,7081

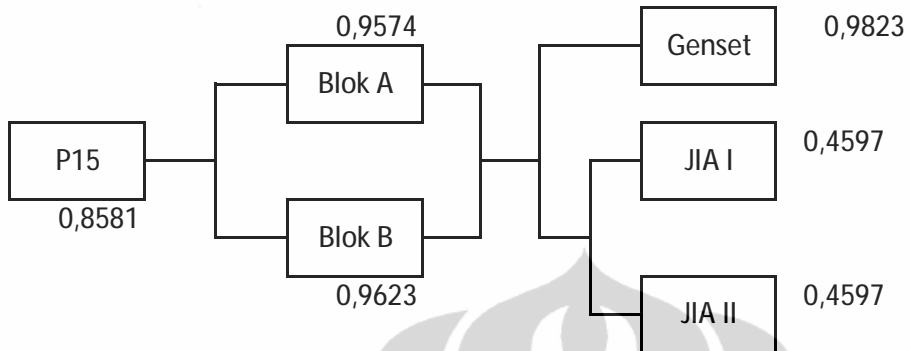
(JIA I // JIA II) // Genset 0,9948

A // B 0,9984

P14--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset) 0,8523

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : = 0,98 - 0,8523 = 0,1277

**P 15**



Reliability system diatas adalah

(JIA I // JIA II) 0,7081

(JIA I // JIA II) // Genset 0,9948

A // B 0,9984

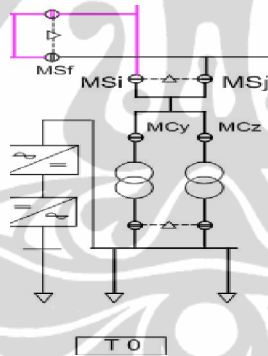
P15--(A // B) -- ((JIA I // JIA II) // Genset) 0,8523

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : = 0,98 - 0,8523 = 0,1277

Technical Priority MPS

Data Peralatan pada Substation T 0

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel J	Underground Cable	0,0336	0,9664
	MSj	Load Break Switch	0,0006	0,9994
9	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
10	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
14	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	Msi	Load Break Switch	0,0006	0,9994
16	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
17	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
18	Medium Voltage CB y	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
19	Medium Voltage CB z	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
20	D S y	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
21	D S z	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
22	Trafo Distribusi y	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
23	Trafo Distribusi z	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
24	Low Voltage CB y	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
25	Low Voltage CB z	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
26	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
27	Penyearah UPS	Rectifier	0,0045	0,9955
28	Inverter	UPS Inverter	0,0048	0,9952



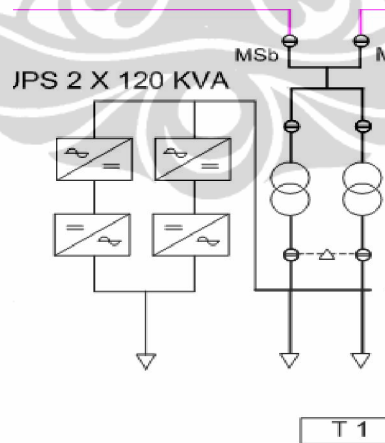
(28--27)//26	0,9999
(18--20--22--24)	0,9818
(19--21--23--25)	0,9818
(16--17)	0,8823 maka

Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 0 (17-29) :	0,1180 ;R	0,8820
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5561 ;R	0,4439
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5561 ;R	0,4439

## Technical Priority South Circuit

Data Peralatan pada Substation T 1

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSf	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSe	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	MCp	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	MCq	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	Medium Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
25	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
26	D S B	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
27	Trafo Distribusi A	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
28	Trafo Distribusi B	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
29	Low Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Low Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
31	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
32	Penyearah UPS 1	Rectifier	0,0045	0,9955
33	Inverter 1	UPS Inverter	0,0048	0,9952
34	Penyearah UPS 2	Rectifier	0,0045	0,9955
35	Inverter 2	UPS Inverter	0,0048	0,9952



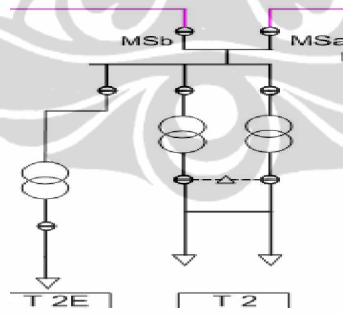
((35--34) // (33--32)) // 31	1,0000
(23--25--27--29)	0,9818
(24--26--28--30)	0,9818
(21--22)	0,8823 maka

Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 1 (21-35) :	0,1494 ;R	0,8506
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0377 ;R	0,9623
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0438 ;R	0,9562
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437

Technical Priority South Circuit

Data Peralatan pada Substation T 2

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSf	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSe	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	MCp	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	MCq	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	Medium Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
25	Medium Voltage CB C	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
26	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
27	D S B	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
28	D S C	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
29	Trafo Distribusi A	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
30	Trafo Distribusi B	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
31	Trafo Distribusi C	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
32	Low Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
33	Low Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
34	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
35	Low Voltage CB C	Circuit Breaker	0,0027	0,9973



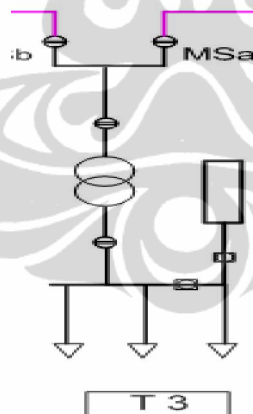
(35--31--28--25--22--21)	0,8663
(32--29--26--23)	0,9818
(33--30--27--24)	0,9818
(21--22)	0,8823 maka

Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 2 (21-35) :	0,1258 ;R	0,8742
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0389 ;R	0,9611
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0426 ;R	0,9574
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437

## Technical Priority South Circuit

Data Peralatan pada Substation T 3

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSf	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSe	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	MCp	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	MCq	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
25	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
26	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
27	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
28	S FMG	Load Break Switch	0,0006	0,9994
29	Low Voltage CB FMG	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Flywheel MG	Motor Generator Set	0,0670	0,9330



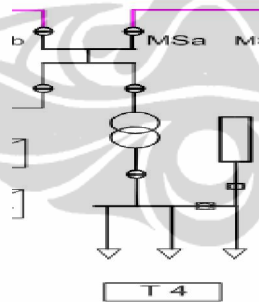
(30--29--28)	0,9305	
(27--26--25--24--23--22--21)	0,8581	maka
Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 3 (21-30) :	0,0099 ;R	0,9901
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0402 ;R	0,9598
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0414 ;R	0,9586
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437



## Technical Priority South Circuit

Data Peralatan pada Substation T 4

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	Mcb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSf	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSe	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	MCp	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	MCq	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
25	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
26	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
27	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
28	S FMG	Load Break Switch	0,0006	0,9994
29	Low Voltage CB FMG	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Flywheel MG	Motor Generator Set	0,0670	0,9330



(30--29--28)

0,9305

(27--26--25--24--23--22--21)

0,8581 maka

Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 3 (21-30) :

0,0099 ;R

0,9901

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A

0,0414 ;R

0,9586

Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B

0,0402 ;R

0,9598

Laju Kegagalan Blok GS Teknik :

0,0190 ;R

0,9810

Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:

0,0190 ;R

0,9810

Laju Kegagalan Blok JIA I :

0,5563 ;R

0,4437

Laju Kegagalan Blok JIA II :

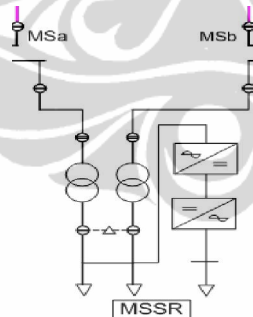
0,5563 ;R

0,4437

## Technical Priority South Circuit

Data Peralatan pada Substation MSSR

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel J	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSf	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	Mse	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MCq	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
15	MCp	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
16	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
17	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
19	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
21	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
22	Medium Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
23	Medium Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
25	D S B	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
26	Trafo Distribusi A	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
27	Trafo Distribusi B	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
28	Low Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
29	Low Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
31	Penyearah UPS	Rectifier	0,0045	0,9955
32	Inverter	UPS Inverter	0,0048	0,9952



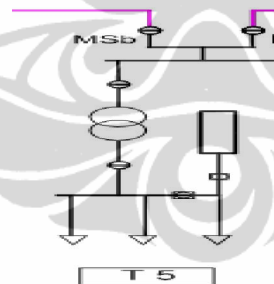
(32--31)//30 0,9999  
 (22--24--26--28) 0,8657  
 (23--25--27--29) 0,8657 maka

Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 6 (20-32) :	0,0181 ;R	0,9819
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0426 ;R	0,9574
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0389 ;R	0,9611
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437

## Technical Priority South Circuit

Data Peralatan pada Substation T 5

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	Mcb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSf	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSe	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	MCp	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	MCq	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
25	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
26	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
27	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
28	S FMG	Load Break Switch	0,0006	0,9994
29	Low Voltage CB FMG	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Flywheel MG	Motor Generator Set	0,0670	0,9330

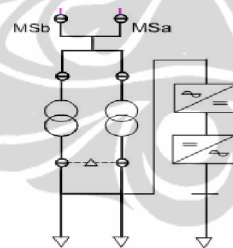


(30--29--28)	0,9305	
(27--26--25--24--23--22--21)	0,8581	maka
Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 3 (21-30) :	0,0099 ;R	0,9901
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0426 ;R	0,9574
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0389 ;R	0,9611
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437

## Technical Priority South Circuit

Data Peralatan pada Substation T 6

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel J	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSf	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	Mse	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MCq	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
15	MCp	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
16	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
17	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
19	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
21	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
22	Medium Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
23	Medium Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
25	D S B	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
26	Trafo Distribusi A	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
27	Trafo Distribusi B	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
28	Low Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
29	Low Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
31	Penyearah UPS	Rectifier	0,0045	0,9955
32	Inverter	UPS Inverter	0,0048	0,9952



T 6

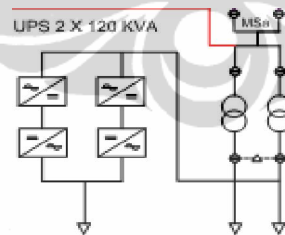
(32--31)//30	0,9999
(22--24--26--28)	0,9818
(23--25--27--29)	0,9818
(20--21)	0,8823 maka

Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 6 (20-32) :	0,1180 ;R	0,8820
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0451 ;R	0,9549
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0377 ;R	0,9623
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437

## Technical Priority North Circuit

Data Peralatan pada Substation T 7

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	MCb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSg	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformmer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSK	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformmer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSI	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSh	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	MCS	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	Mcr	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	Medium Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
25	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
26	D S B	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
27	Trafo Distribusi A	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
28	Trafo Distribusi B	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
29	Low Voltage CB A	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Low Voltage CB B	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
31	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
32	Penyearah UPS 1	Rectifier	0,0045	0,9955
33	Inverter 1	UPS Inverter	0,0048	0,9952
34	Penyearah UPS 2	Rectifier	0,0045	0,9955
35	Inverter 2	UPS Inverter	0,0048	0,9952



T 7

((35--34) // (33--32)) // 31  
 (23--25--27--29)  
 (24--26--28--30)  
 (21--22)

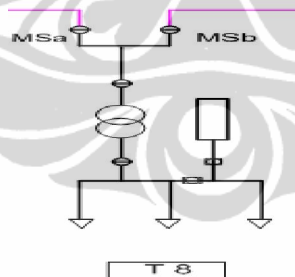
1,0000  
 0,9818  
 0,9818  
 0,8823 maka

Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 1 (21-35) :	0,1494 ;R	0,8506
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0377 ;R	0,9623
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0414 ;R	0,9586
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437

## Technical Priority North Circuit

Data Peralatan pada Substation T 8

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	Mcb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSg	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSh	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	Mcs	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	Mcr	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
25	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
26	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
27	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
28	S FMG	Load Break Switch	0,0006	0,9994
29	Low Voltage CB FMG	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Flywheel MG	Motor Generator Set	0,0670	0,9330

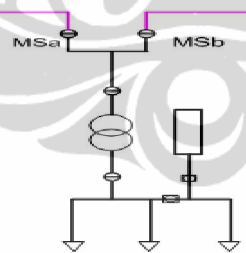


(30--29--28)	0,9305	
(27--26--25--24--23--22--21)	0,8581	maka
Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 3 (21-30) :	0,0099 ;R	0,9901
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0389 ;R	0,9611
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0402 ;R	0,9598
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437

## Technical Priority North Circuit

Data Peralatan pada Substation T 9

No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	Mcb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSg	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSh	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	Mcs	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	Mcr	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
25	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
26	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
27	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
28	S FMG	Load Break Switch	0,0006	0,9994
29	Low Voltage CB FMG	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Flywheel MG	Motor Generator Set	0,0670	0,9330



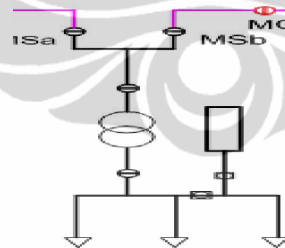
T 9

(30--29--28)	0,9305	
(27--26--25--24--23--22--21)	0,8581	maka
Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 3 (21-30) :	0,0099 ;R	0,9901
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0402 ;R	0,9598
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0389 ;R	0,9611
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437

## Technical Priority North Circuit

Data Peralatan pada Substation T 10

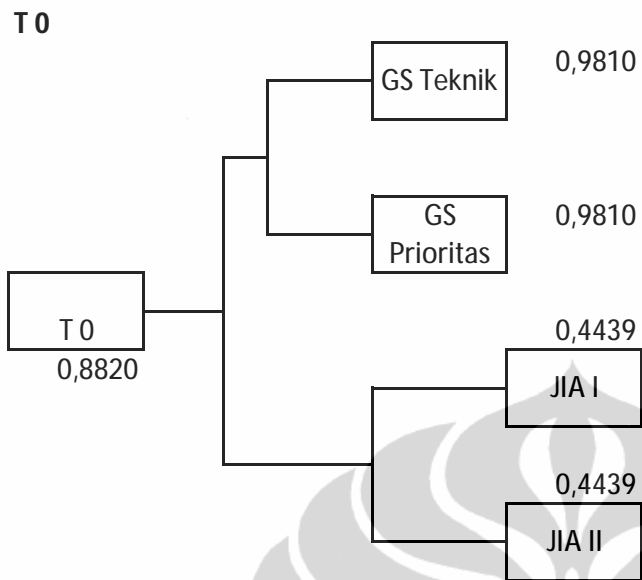
No	Nama Peralatan	Jenis Alat	Laju Kegagalan	Availability
1	PLN JIA I	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
2	PLN JIA II	Suplai Daya Utama	0,5370	0,4630
3	Mca	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
4	Mcb	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
5	Mcc	Medium Voltage CB	0,0036	0,9964
6	Msa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
7	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
8	Kabel	Underground Cable	0,0336	0,9664
9	MSg	Load Break Switch	0,0006	0,9994
10	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan ( Genset Teknik)	0,0177	0,9823
11	MSk	Load Break Switch	0,0006	0,9994
12	3 Paralel Diesel Generator with Transformer	Suplai Daya Cadangan (Genset Prioritas)	0,0177	0,9823
13	MSl	Load Break Switch	0,0006	0,9994
14	MSh	Load Break Switch	0,0006	0,9994
15	Mcs	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
16	Mcr	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
17	Kabel A	Underground Cable	0,0336	0,9664
18	Kabel B	Underground Cable	0,0336	0,9664
19	MSa	Load Break Switch	0,0006	0,9994
20	MSb	Load Break Switch	0,0006	0,9994
21	Busbar Incoming	Busbar	0,0179	0,9821
22	Pengaman Lebur	Fuse	0,1015	0,8985
23	Medium Voltage CB	Circuit Breaker	0,0036	0,9964
24	D S A	Disconnecting Switch	0,0061	0,9939
25	Trafo Distribusi	Transformator Step Down	0,0059	0,9941
26	Low Voltage CB	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
27	Busbar MDS	Busbar	0,0095	0,9905
28	S FMG	Load Break Switch	0,0006	0,9994
29	Low Voltage CB FMG	Circuit Breaker	0,0027	0,9973
30	Flywheel MG	Motor Generator Set	0,0670	0,9330



T 10

(30--29--28)	0,9305	
(27--26--25--24--23--22--21)	0,8581 maka	
Laju Kegagalan Rangkaian Peralatan Blok T 3 (21-30) :	0,0099 ;R	0,9901
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok A	0,0414 ;R	0,9586
Laju kegagalan Rangkaian Peralatan Blok B	0,0377 ;R	0,9623
Laju Kegagalan Blok GS Teknik :	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok GS Prioritas:	0,0190 ;R	0,9810
Laju Kegagalan Blok JIA I :	0,5563 ;R	0,4437
Laju Kegagalan Blok JIA II :	0,5563 ;R	0,4437





Reliability system diatas adalah

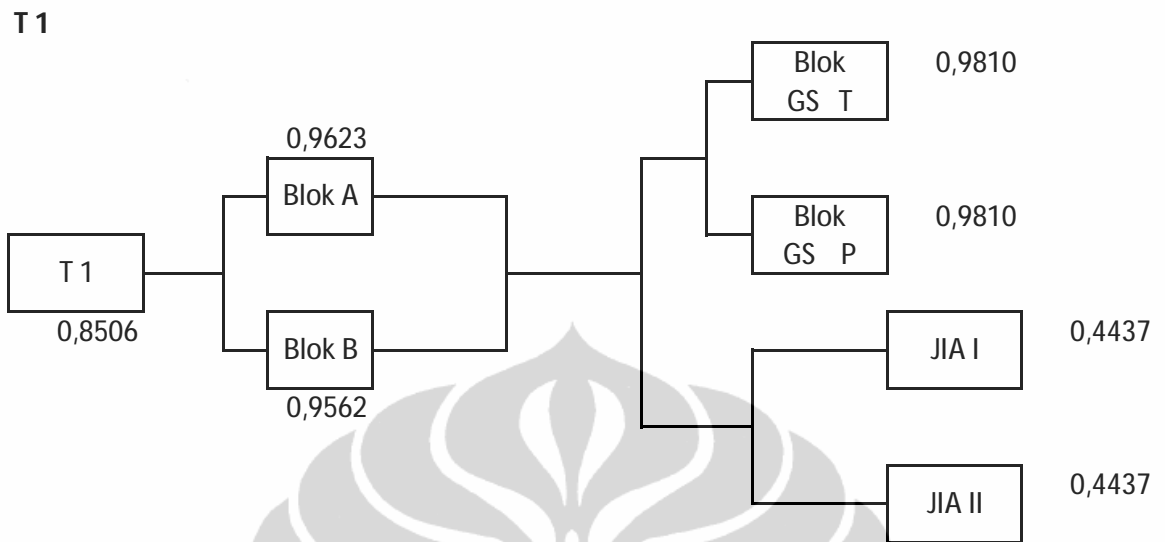
JIA I // JIA II : 0,6908

GS T // GS P : 0,9996

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P)): 0,8819

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,8820 =$  **0,1181**



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

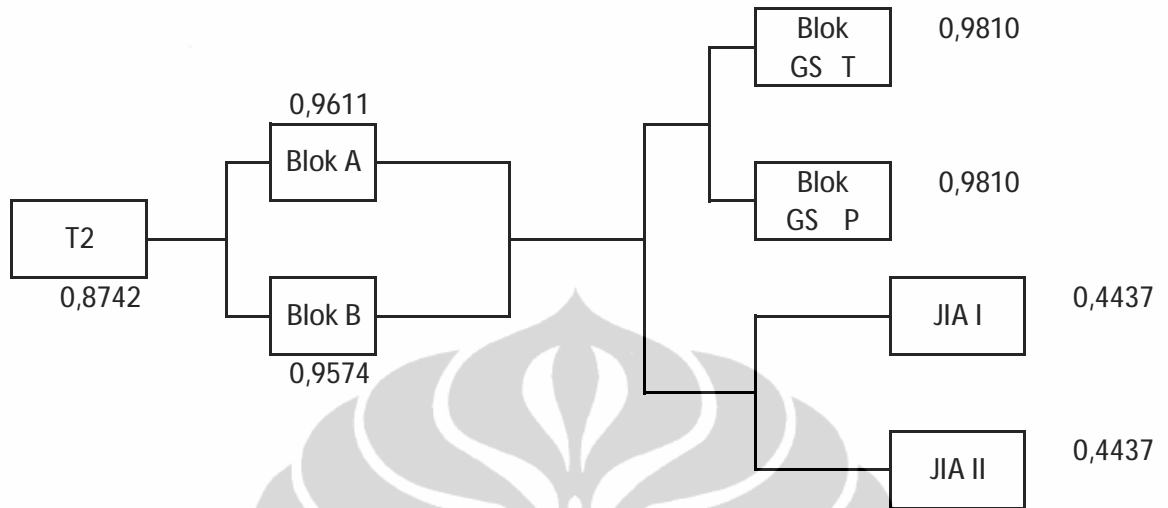
(Blok A//Blok B) : 0,9983

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,8491

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,8491 =$  **0,1509**

T 2



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

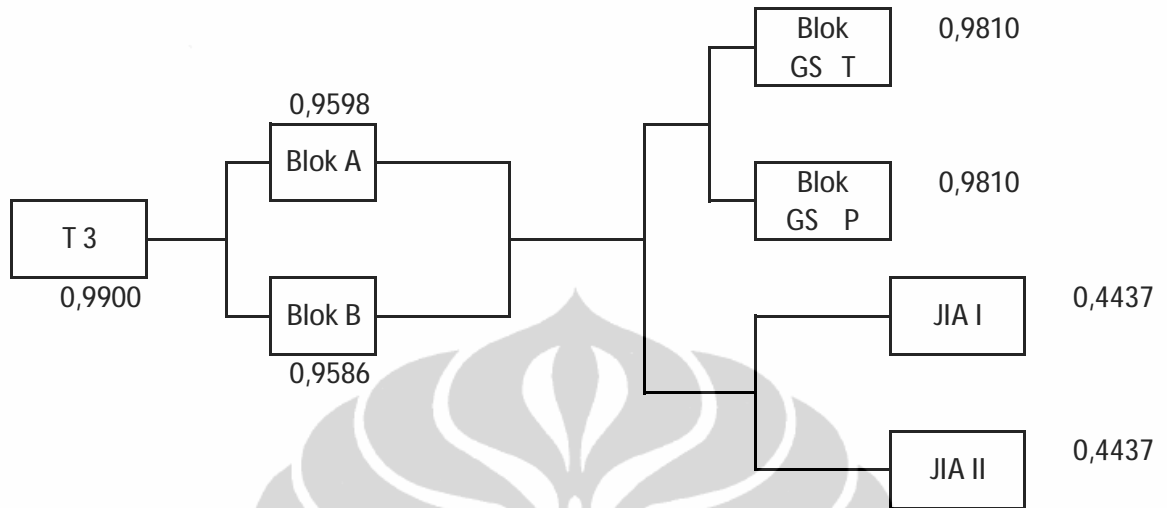
(Blok A//Blok B) : 0,9983

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,8726

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,8726 =$  **0,1274**

T 3



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

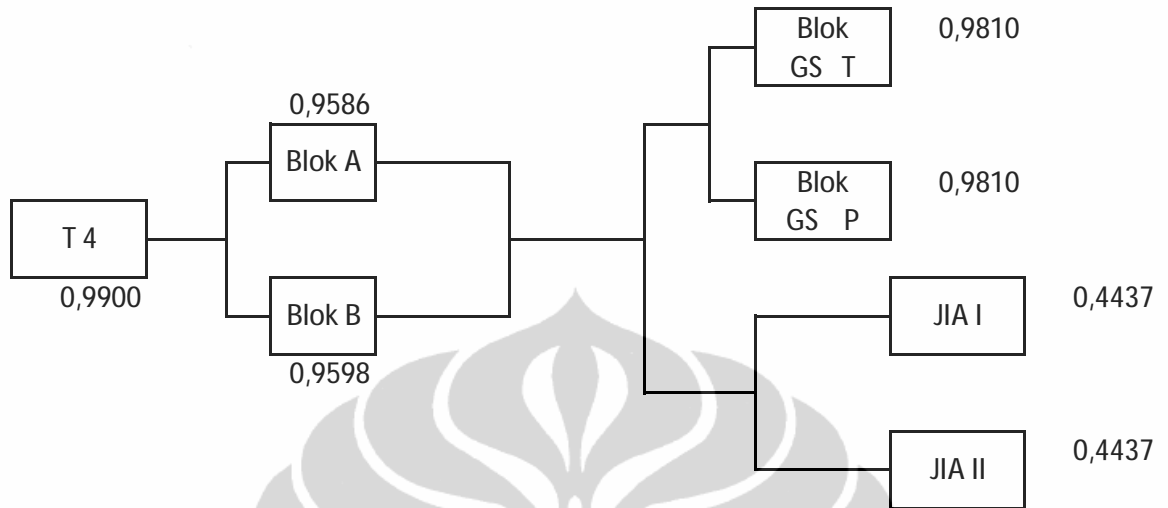
(Blok A//Blok B) : 0,9983

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,9882

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,9882 =$  **0,0118**

T 4



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

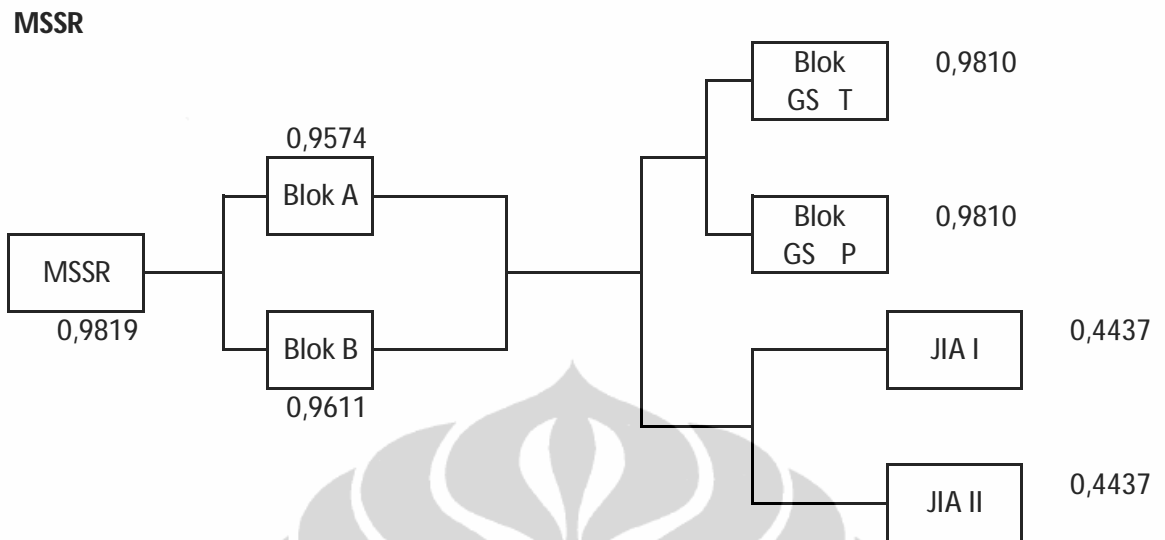
GS T // GS P : 0,9996

(Blok A//Blok B) : 0,9983

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,9882

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,9882 =$  **0,0118**



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

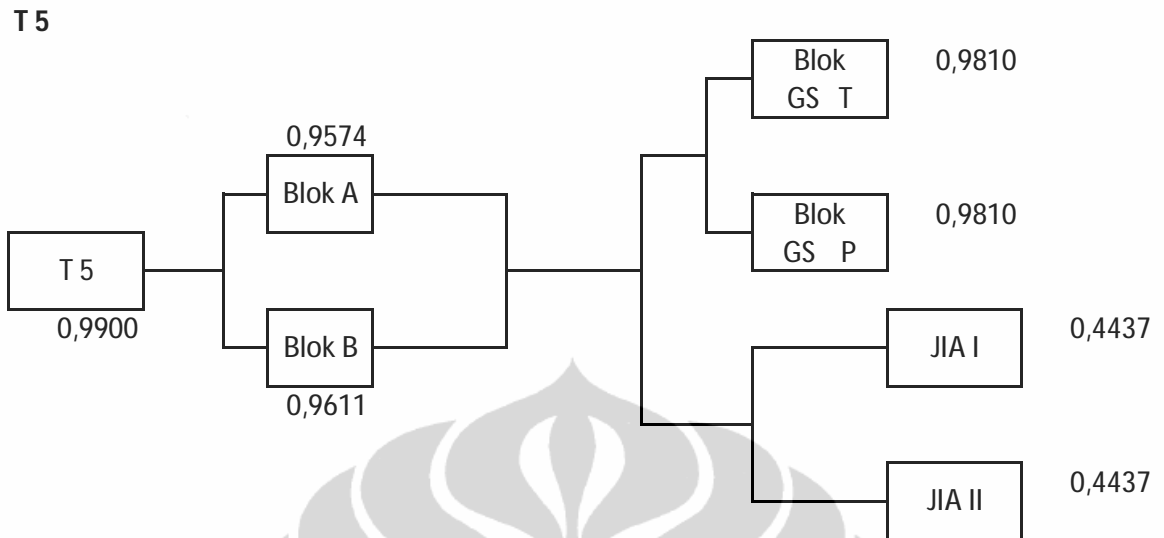
GS T // GS P : 0,9996

(Blok A//Blok B) : 0,9983

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T O --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,9802

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,9802 =$  **0,0198**



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

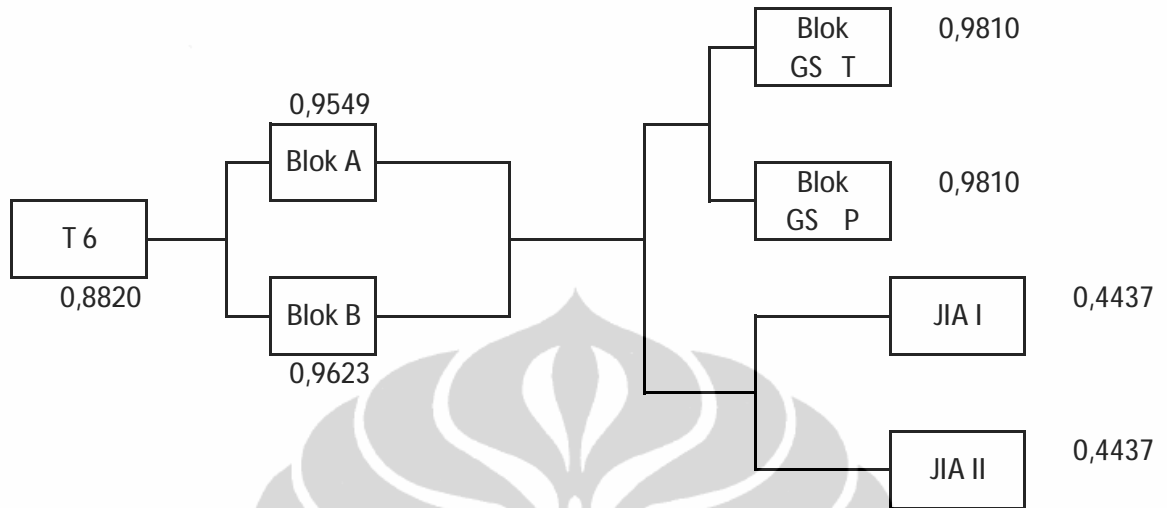
(Blok A//Blok B) : 0,9983

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,9882

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,9882 =$  **0,0118**

T 6



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

(Blok A//Blok B) : 0,9983

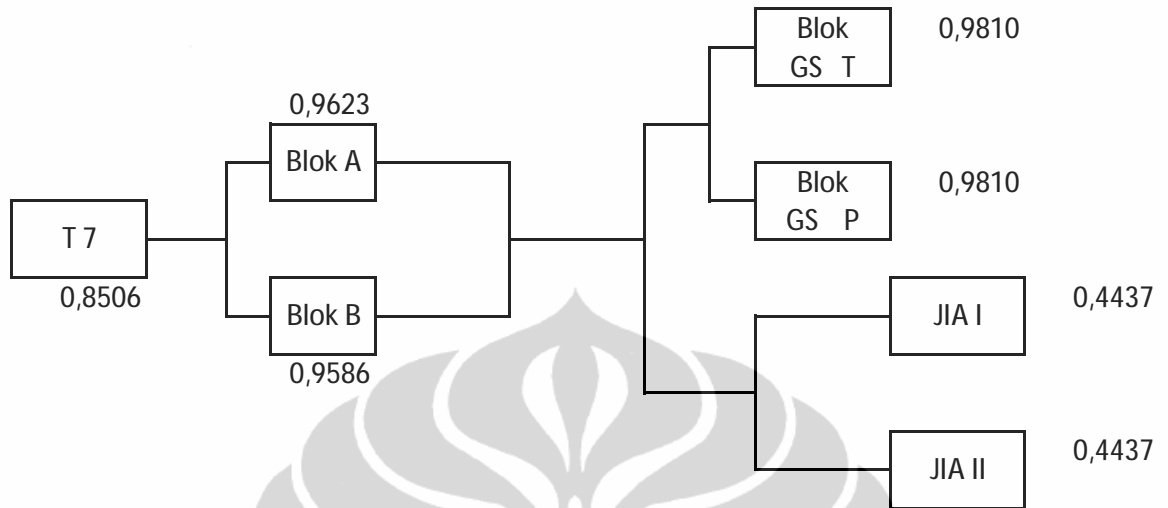
(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,8804

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : 1-0,8804 = **0,1196**



T 7



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

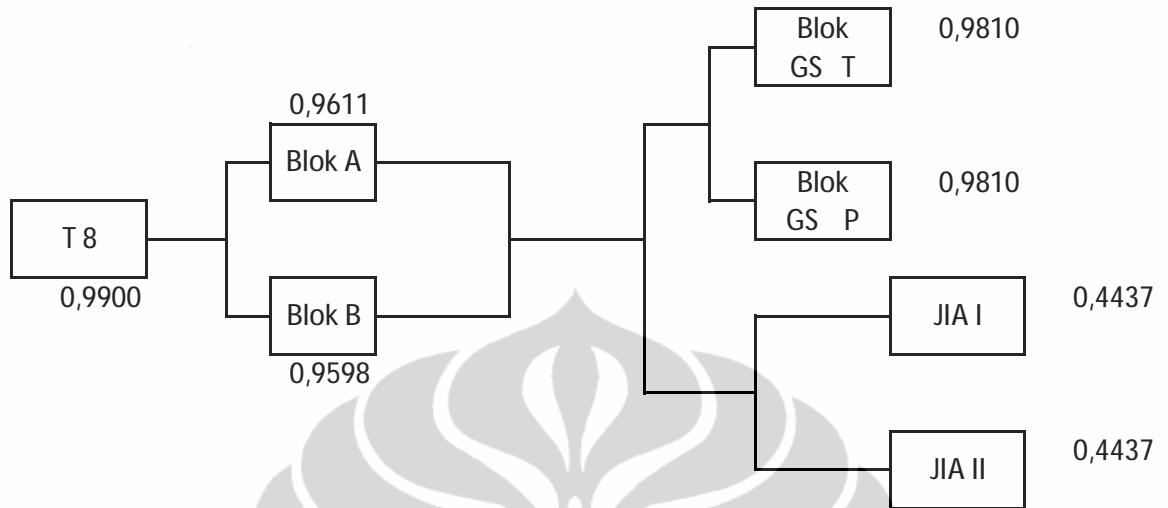
(Blok A//Blok B) : 0,9984

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,8491

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,8491=$  **0,1509**

**T 8**



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

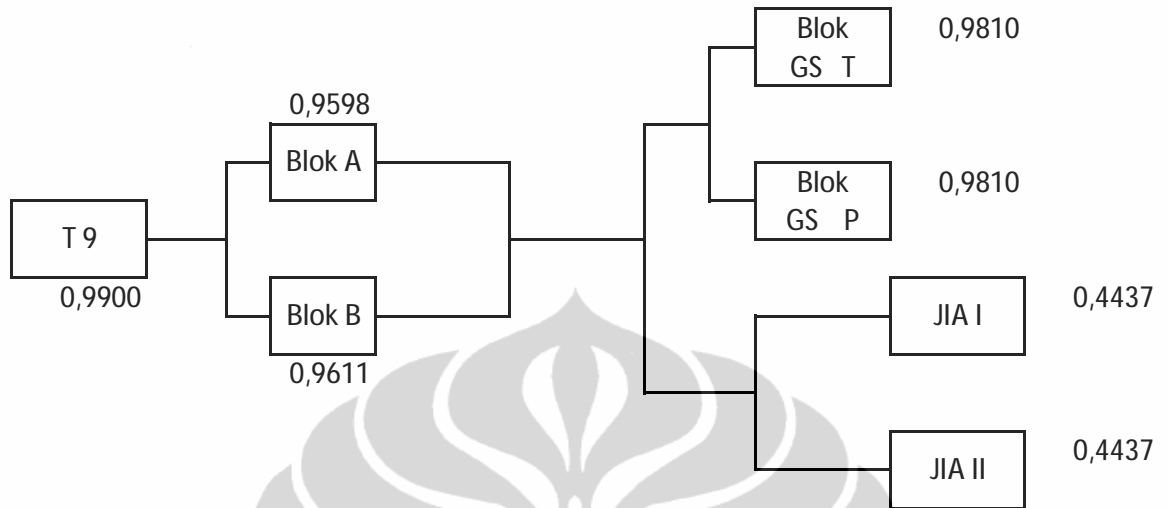
(Blok A//Blok B) : 0,9984

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,9883

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,9883 =$  **0,0117**

T 9



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

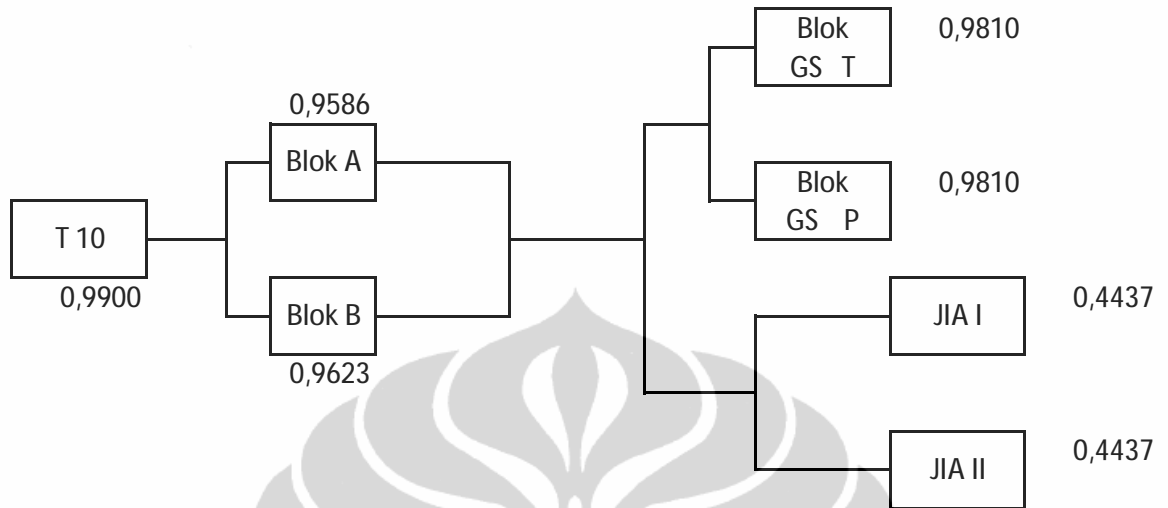
(Blok A//Blok B) : 0,9984

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,9883

maka Perubahan laju kegagalan ( ) : 1-0,9883 = **0,0117**

T 10



Reliability system diatas adalah

JIA I // JIA II : 0,6905

GS T // GS P : 0,9996

(Blok A//Blok B) : 0,9984

(JIA I // JIA II) // (GS T // GS P) : 0,9999

T 0 --((JIA I // JIA II) // (GS T // GS P))--(BlokA//BlokB): 0,9883

maka Perubahan laju kegagalan ( ) :  $1-0,9883 =$  **0,0117**

## LAMPIRAN 3

**PERHITUNGAN KOMPONEN INDEKS KEANDALAN PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK  
PRIMER BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA**

NO	GARDU	JUMLAH SALURAN PELAYANAN	KOMPONEN		
			<i>S<sub>i</sub></i> (Kali)	<i>D<sub>j</sub></i> (Menit)	<i>T<sub>i</sub></i> (Kali)
<b>A.</b>	<b>Technical Priority</b>				
1	Technical Priority 0 (MPS)	7	3	72	2
2	Technical Priority 1	29	6	116	2
3	Technical Priority 2	21	8	164	5
4	Technical Priority 3	32	10	275	1
5	Technical Priority 4	28	7	203	2
6	Technical Priority MSSR	8	4	128	0
7	Technical Priority 5	30	9	306	0
8	Technical Priority 6	20	4	138	0
9	Technical Priority 7	38	11	382	2
10	Technical Priority 8	30	9	385	4
11	Technical Priority 9	25	9	323	0
12	Technical Priority 10	30	7	318	1
<b>B.</b>	<b>General Priority</b>				
1	General Priority P 7	13	11	264	13
2	General Priority P 12	22	16	231	3
3	General Priority P 14	24	13	226	2
4	General Priority P 15	15	24	280	7
5	General Priority P 55	8	4	96	4
6	General Priority P 24	102	76	886	6
7	General Priority P 23	86	83	797	11
8	General Priority P 22	91	77	740	5
9	General Priority P 50	12	9	143	2

## LAMPIRAN 4

**REKAPITULASI BIAYA PEMELIHARAAN JARINGAN LISTRIK (LOT 60)  
JAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT, SOEKARNO-HATTA**

NO	GARDU	KODE	LOKASI	BIAYA
<b>A. Technical Priority</b>				
1	Technical Priority 0	T 0	Main Power Station	Rp 6.461.807,00
2	Technical Priority 1	T 1	Main Power Station	Rp 12.270.745,00
3	Technical Priority 2	T 2	South Circuit	Rp 4.018.490,00
4	Technical Priority 3	T 3	South Circuit	Rp 8.417.368,00
5	Technical Priority 4	T 4	South Circuit	Rp 8.627.172,00
6	Technical Priority MSSR	MSSR	Nav Aids (South Circuit)	Rp 7.509.338,00
7	Technical Priority 5	T 5	South Circuit	Rp 8.666.008,00
8	Technical Priority 6	T 6	South Circuit	Rp 7.063.594,00
9	Technical Priority 7	T 7	Tower ( North Circuit)	Rp 20.256.885,00
10	Technical Priority 8	T 8	North Circuit	Rp 12.118.966,00
11	Technical Priority 9	T 9	North Circuit	Rp 8.301.083,00
12	Technical Priority 10	T 10	North Circuit	Rp 8.054.247,00
<b>B. General Priority</b>				
1	General Priority 7	P 7	South Circuit	Rp 3.288.681,00
2	General Priority 12	P 12	South Circuit	Rp 2.884.264,00
3	General Priority 14	P 14	South Circuit	Rp 2.908.264,00
4	General Priority 15	P 15	South Circuit	Rp 2.848.264,00
5	General Priority 55	P 55	South Circuit	Rp 2.668.264,00
6	General Priority 24	P 24	North Circuit	Rp 10.512.074,00
7	General Priority 23	P 23	North Circuit	Rp 3.793.264,00
8	General Priority 22	P 22	North Circuit	Rp 3.578.657,00
9	General Priority 50	P 50	North Circuit	Rp 3.013.541,00

**NILAI WASRI ( WEIGHTED AVERAGE SYSTEM RELIABILITY INDEX)**  
**GARDU/SUBSISTEM JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK PRIMER**  
**BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA**

NO	GARDU	JUMLAH SALURAN	KOMPONEN INDEKS KEANDALAN						WASRI
			BOBOT W1	Si	BOBOT W2	Di	BOBOT W3	Ti	
<b>A. Technical Priority</b>									
6	MSSR	8	0,3	4	0,6	128	0,1	0	9,75
7	T 9	25	0,3	9	0,6	323	0,1	0	7,86
10	T 8	30	0,3	10	0,6	385	0,1	3	7,81
8	T 10	30	0,3	7	0,6	318	0,1	1	6,43
2	T 0	7	0,3	3	0,6	72	0,1	2	6,33
9	T 5	30	0,3	9	0,6	306	0,1	0	6,21
4	T 7	38	0,3	11	0,6	382	0,1	2	6,12
11	T 3	32	0,3	10	0,6	275	0,1	1	5,25
1	T 2	21	0,3	8	0,6	164	0,1	5	4,82
12	T 4	28	0,3	7	0,6	203	0,1	2	4,43
3	T 6	20	0,3	4	0,6	138	0,1	0	4,20
5	T 1	29	0,3	6	0,6	116	0,1	2	2,47
<b>B. General Priority</b>									
2	P 7	13	0,3	11	0,6	264	0,1	13	12,54
1	P 15	15	0,3	24	0,6	280	0,1	7	11,73
3	P 55	8	0,3	4	0,6	96	0,1	4	7,40
5	P 50	12	0,3	9	0,6	143	0,1	2	7,39
4	P 12	22	0,3	16	0,6	231	0,1	3	6,53
7	P 23	86	0,3	83	0,6	797	0,1	11	5,86
6	P 14	24	0,3	13	0,6	226	0,1	2	5,82
9	P 24	102	0,3	76	0,6	886	0,1	6	5,44
8	P 22	91	0,3	77	0,6	740	0,1	5	5,14

**PERHITUNGAN NILAI EFEKTIFITAS (*E*) KEGIATAN PEMELIHARAAN PADA SISTEM JARINGAN LISTRIK  
PRIMER BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA**

NO	GARDU	PERUBAHAN LAJU KEGAGALAN	JUMLAH SALURAN	KOMPONEN INDEKS KEANDALAN						BIAYA PEMELIHARAAN (dalam Juta)			<i>N . C</i>	<i>E</i>	KETERANGAN		
				BOBOT <i>w1</i>	<i>Si</i>	BOBOT <i>w2</i>	<i>Di</i>	BOBOT <i>w3</i>	<i>Ti</i>	<i>w1 . Si</i>	<i>w2 . Dj</i>	<i>w3 . Ti</i>					
<b>A. Technical Priority</b>																	
1	T 2	0,1274	21	0,3	8	0,6	164	0,1	5	Rp	4,018	2,4	98,4	0,5	84	0,15	Prioritas I
2	T 0	0,1181	7	0,3	3	0,6	72	0,1	2	Rp	6,461	0,9	43,2	0,2	45	0,12	Prioritas II
3	T 6	0,1196	20	0,3	4	0,6	138	0,1	0	Rp	7,063	1,2	82,8	0	141	0,07	Prioritas III
4	T 7	0,1509	38	0,3	11	0,6	382	0,1	2	Rp	20,256	3,3	229,2	0,2	770	0,05	Prioritas IV
5	T 1	0,1509	29	0,3	6	0,6	116	0,1	2	Rp	12,270	1,8	69,6	0,2	356	0,03	Prioritas V
6	MSSR	0,0198	8	0,3	4	0,6	128	0,1	0	Rp	7,509	1,2	76,8	0	60	0,03	Prioritas VI
7	T 9	0,0117	25	0,3	9	0,6	323	0,1	0	Rp	8,301	2,7	193,8	0	208	0,01	Prioritas VII
8	T 10	0,0117	30	0,3	7	0,6	318	0,1	1	Rp	8,054	2,1	190,8	0,1	242	0,01	Prioritas VIII
9	T 5	0,0118	30	0,3	9	0,6	306	0,1	0	Rp	8,666	2,7	183,6	0	260	0,01	Prioritas IX
10	T 8	0,0117	30	0,3	10	0,6	385	0,1	3	Rp	12,118	3	231	0,3	364	0,01	Prioritas X
11	T 3	0,0118	32	0,3	10	0,6	275	0,1	1	Rp	8,417	3	165	0,1	269	0,01	Prioritas XI
12	T 4	0,0118	28	0,3	7	0,6	203	0,1	2	Rp	8,627	2,1	121,8	0,2	242	0,01	Prioritas XII
<b>B. General Priority</b>																	
1	P 15	0,1277	15	0,3	24	0,6	280	0,1	7	Rp	2,848	7,2	168	0,7	43	0,53	Prioritas I
2	P 7	0,1123	13	0,3	11	0,6	264	0,1	13	Rp	3,289	3,3	158,4	1,3	43	0,43	Prioritas II
3	P 55	0,1277	8	0,3	4	0,6	96	0,1	4	Rp	2,668	1,2	57,6	0,4	21	0,35	Prioritas III
4	P 12	0,1277	22	0,3	16	0,6	231	0,1	3	Rp	2,884	4,8	138,6	0,3	63	0,29	Prioritas IV
5	P 50	0,1128	12	0,3	9	0,6	143	0,1	2	Rp	3,014	2,7	85,8	0,2	36	0,28	Prioritas V
6	P 14	0,1277	24	0,3	13	0,6	226	0,1	2	Rp	2,908	3,9	135,6	0,2	70	0,26	Prioritas VI
7	P 23	0,1277	86	0,3	83	0,6	797	0,1	11	Rp	3,793	24,9	478,2	1,1	326	0,20	Prioritas VII
8	P 22	0,1276	91	0,3	77	0,6	740	0,1	5	Rp	3,579	23,1	444	0,5	326	0,18	Prioritas VIII
9	P 24	0,1196	102	0,3	76	0,6	886	0,1	6	Rp	10,512	22,8	531,6	0,6	1.072	0,06	Prioritas IX