



TUGAS AKHIR - TF 181801

**ANALISIS *MAINTENANCE PRIORITY INDEX* (MPI) DENGAN
PENDEKATAN LOGIKA FUZZY PADA TURBIN UAP-
GENERATOR UNIT 1 PLTU JERANJANG OMU**

ALLIF FIRDAUSI

NRP. 02311840000055

Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M. Kes.

Harsono Hadi, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2022

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - TF 181801

***MAINTENANCE PRIORITY INDEX (MPI) ANALYSIS WITH FUZZY
LOGIC APPROACH ON STEAM TURBINE-GENERATOR UNIT 1
PLTU JERANJANG OMU***

ALLIF FIRDAUSI

NRP. 02311840000055

Supervisors:

Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M. Kes.

Harsono Hadi, Ph.D.

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS

Faculty of Industrial Technology and System Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2022

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Allif Firdausi
NRP : 02311840000055
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "*ANALISIS MAINTENANCE PRIORITY INDEX (MPI) DENGAN PENDEKATAN LOGIKA FUZZY PADA TURBIN UAP-GENERATOR UNIT 1 PLTU JERANJANG OMU*" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 20 Juli 2022

Yang membuat pernyataan,



Allif Firdausi

NRP. 02311840000055

Halaman ini sengaja dikosongkan

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS *MAINTENANCE PRIORITY INDEX* (MPI) DENGAN
PENDEKATAN LOGIKA FUZZY PADA TURBIN UAP-GENERATOR
UNIT 1 PLTU JERANJANG OMU**

Oleh:

Allif Firdausi

NRP. 0231184000055

Surabaya,

Menyetujui,
Pembimbing I



Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M. Kes.

NIP. 195711261984032002

Menyetujui,
Pembimbing II



Harsono Hadi, Ph.D.

NIP. 196001191986111001

Mengetahui,

Kepala Departemen

Teknik Fisika FT-IRS, ITS



Dr. Suvanto, S.T., M.T.

NIP. 19711113199512 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *MAINTENANCE PRIORITY INDEX* (MPI) DENGAN PENDEKATAN LOGIKA FUZZY PADA TURBIN UAP-GENERATOR UNIT 1 PLTU JERANJANG OMU

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ALLIF FIRDAUSI

NRP. 0231184000055

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M. Kes. (Pembimbing I)
2. Harsono Hadi, Ph.D. (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Ali Musyafa, M.Sc. (Ketua Penguji)
4. Muhammad Khamim Asy'ari, S.T., M.T. (Penguji I)
5. Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. (Penguji II)

SURABAYA

2022

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS *MAINTENANCE PRIORITY INDEX* (MPI) DENGAN PENDEKATAN LOGIKA FUZZY PADA TURBIN UAP- GENERATOR UNIT 1 PLTU JERANJANG OMU

Nama : Allif Firdausi
NRP : 0231184000055
Departemen : Teknik Fisika FTIRS - ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.
Harsono Hadi, Ph.D.

ABSTRAK

Faktor utama dalam berjalannya sebuah proses pada industri yaitu keselamatan kerja. Kemungkinan terjadinya sebuah kecelakaan akan meningkat seiring dengan nilai nilai keselamatan kerja yang abai dilaksanakan. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan keselamatan kerja di industri pembangkitan listrik, setiap turbin uap penggerak generator di tempat kerja wajib memiliki pengesahan pemakaian. Terdapat empat komponen yang ditinjau yaitu turbin uap, governor, *main stop valve* dan generator. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kritikalitas dan *maintenance strategy* dari keempat komponen tersebut yaitu menggunakan *System & Equipment Reliability & Prioritization* (SERP) dan *Maintenance Priority Index* (MPI) yang dilakukan pendekatan menggunakan pendekatan logika fuzzy. Metode yang digunakan memperoleh nilai ranking MPI baru masing – masing sebesar 6,6; 0,51; 17,48 dan 0,49. Dari nilai baru ini dapat ditentukan prioritas dan jenis pemeliharaan yang digunakan. Dengan memperhatikan nilai yang didapat maka untuk sistem turbin uap ini dapat dilakukan kegiatan pemeliharaan proaktif untuk mengembalikan atau menambah kemampuan dan keandalan peralatan dengan menyesuaikan aspek-aspek yang dibutuhkan dalam kegiatan pemeliharaan.

Kata Kunci: generator, MPI, SERP, turbin uap

Halaman ini sengaja dikosongkan

***MAINTENANCE PRIORITY INDEX (MPI) ANALYSIS WITH
FUZZY LOGIC APPROACH ON STEAM TURBINE-
GENERATOR UNIT 1 PLTU JERANJANG OMU***

Name : Allif Firdausi
NRP : 0231184000055
Department : *Engineering Physics FTIRS - ITS*
Supervisors : **Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.**
Harsono Hadi, Ph.D.

ABSTRACT

The main factor in the running of a process in industry is occupational health and safety. The occurrence of an accident will increase along with neglect of work safety. Along with the increasing need for work safety in the power generation industry, every steam turbine which drives the generator in the workplace is required to have a certificate. There are four components that are reviewed, which are the steam turbine, governor, main stop valve and generator. One method that can be used to determine the level of criticality and maintenance strategy of the four components is using System & Equipment Reliability & Prioritization (SERP) and Maintenance Priority Index (MPI) which is approached using a fuzzy logic. The method used obtains a new MPI ranking each value of 6,6; 0,51; 17,48 and 0,49. From this value, can be determined the priority and type of maintenance that will be used. Regarding into the value obtained, for this steam turbine system, proactive maintenance activities can be carried out to restore or increase the ability and reliability of the equipment by adjusting the aspects required in maintenance activities.

Keywords: generator, MPI, SERP, steam turbine

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu dipanjatkan penulis kepada Allah Subhanahu wa Taala, karena rahmat-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dan kemudahan dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam tahap menyelesaikan pendidikan sarjana Teknik Fisika FTIRS-ITS dengan judul “Analisis *Maintenance Priority Index* (MPI) dengan Pendekatan Logika Fuzzy pada Turbin Uap-Generator Unit 1 PLTU Jeranjang OMU”

Selama pengerjaan tugas akhir dan penyusunan laporan ini, penulis tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Suyanto, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta fasilitas selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Ibu Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes. dan Bapak Harsono Hadi, Ph.D. selaku pembimbing tugas akhir yang sudah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta perhatiannya selama kuliah di Teknik Fisika.
4. Seluruh dosen, karyawan, dan civitas akademika ITS yang telah memberikan kesempatan, bantuan, dan kerjasamanya selama menempuh pendidikan di ITS.
5. Keluarga besar, terutama bapak dan mama yang selalu memberi dukungan dan doa untuk kelancaran menempuh pendidikan.
6. Teman-teman Angkatan F53 Trident Firmus yang telah banyak menemani selama kegiatan perkuliahan.
7. Teman-teman Kementerian Advokasi Kesejahteraan Mahasiswa BEM ITS yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman baru di kehidupan perpolitikan kampus.
8. Teman-teman asisten Laboratorium Instrumentasi, Kontrol, dan Optimisasi yang banyak membantu penulis baik dalam kegiatan akademik maupun non-akademik.

9. Teman-teman magang MSIB PT Indonesia Power dan PT Industri Kereta Api yang banyak berdiskusi dan membantu penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
10. Teman-teman terdekat penulis yang telah banyak berbagi suka dan duka di kehidupan kampus dan luar kampus.
11. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga laporan tugas akhir ini dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidaklah sempurna, oleh karena itu penulis mengucapkan permintaan maaf atas kekeliruan apabila ditemukan dan terbuka untuk masukan serta saran dikemudian hari. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.

Surabaya, 20 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
LEMBAR PENGESAHAN	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT.....	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Turbin Uap	5
2.2 Generator.....	7
2.3 <i>System and Equipment Reliability Priorityzation (SERP)</i>	8
2.4 <i>System Critically Ranking (SCR)</i>	9
2.5 <i>Equipment Critically Ranking (ECR)</i>	10
2.6 Asset Critically Ranking (ACR)	11
2.7 <i>Maintenance Priority Index (MPI)</i>	11

2.8	Logika Fuzzy	12
2.9	Pemeliharaan	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Pengumpulan Data SERP Turbin Uap-Generator Unit 1	19
3.2	Perhitungan <i>System Critically Ranking</i> (SCR).....	27
3.3	Perhitungan <i>Equipment Critically Ranking</i> (ECR)	27
3.4	Perhitungan <i>Root Mean Square</i> (RMS).....	28
3.5	Perhitungan Nilai ACR Secara Matematis dan Pendekatan Fuzzy pada MATLAB	28
3.6	Perhitungan Nilai MPI Secara Matematis dan Pendekatan Fuzzy pada MATLAB	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....		liii
LAMPIRAN		lv
BIODATA PENULIS		lxxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Steam Turbine & Generator House</i> Unit 1 PLTU Jeranjang OMU.	5
Gambar 2.2	Turbin Uap Unit 1 PLTU Jeranjang OMU.....	6
Gambar 2.3	<i>Main Stop Valve</i> Turbin Uap Unit 1 PLTU Jeranjang OMU	6
Gambar 2.4	Governor Turbin Uap Unit 1 PLTU Jeranjang OMU	7
Gambar 2.5	Generator Unit 1	8
Gambar 2.6	Struktur <i>Fuzzy Inference System</i> (https://www.tutorialspoint.com Mei 2021)	13
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> penelitian.....	19
Gambar 3.2	Input SCR	29
Gambar 3.3	Input ECR.....	30
Gambar 3.4	Output ACR.....	31
Gambar 3.5	<i>Rules</i> fuzzy yang terbentuk	32
Gambar 3.6	Input ACR	33
Gambar 3.7	Input RMS	34
Gambar 3.8	Output MPI.....	35
Gambar 3.9	<i>Rules</i> fuzzy yang terbentuk	35
Gambar 4.1	<i>Surface</i> yang terbentuk dari perhitungan Fuzzy ACR.....	40
Gambar 4.2	<i>Surface</i> yang terbentuk dari perhitungan Fuzzy MPI.....	40
Gambar 4.3	Grafik perbandingan nilai ACR perhitungan dan ACR fuzzy turbin uap	42
Gambar 4.4	Grafik perbandingan nilai MPI perhitungan dan MPI fuzzy turbin uap	42
Gambar 4.5	Grafik perbandingan nilai ACR perhitungan dan ACR fuzzy governor.....	43
Gambar 4.6	Grafik perbandingan nilai MPI perhitungan dan MPI fuzzy governor.....	44
Gambar 4.7	Grafik perbandingan nilai ACR perhitungan dan ACR fuzzy <i>main stop valve</i>	45

Gambar 4.8	Grafik perbandingan nilai MPI perhitungan dan MPI fuzzy <i>main stop valve</i>	46
Gambar 4.9	Grafik perbandingan nilai ACR perhitungan dan ACR fuzzy generator	47
Gambar 4.10	Grafik perbandingan nilai MPI perhitungan dan MPI fuzzy generator	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Skor parameter <i>safety</i> SCR.....	21
Tabel 3.2	Skor parameter <i>environmental</i> SCR.....	21
Tabel 3.3	Skor parameter <i>cost</i> SCR.....	21
Tabel 3.4	Skor parameter <i>Commercial Availability</i> SCR	22
Tabel 3.5	Skor parameter <i>efficiency</i> SCR.....	22
Tabel 3.6	Skor parameter <i>safety</i> ECR	23
Tabel 3.7	Skor parameter <i>environmental</i> ECR.....	23
Tabel 3.8	Skor parameter <i>cost</i> ECR	23
Tabel 3.9	Skor parameter <i>Commercial Availability</i> ECR	24
Tabel 3.10	Skor parameter <i>efficiency</i> ECR	24
Tabel 3.11	Skor parameter <i>condition status</i>	25
Tabel 3.12	Skor parameter <i>repair status</i>	25
Tabel 3.13	Data skor ECR SERP turbin unit 1.....	25
Tabel 3.14	Data skor <i>condition status</i> dan <i>repair status</i> turbin unit 1	25
Tabel 3.15	Data skor ECR SERP <i>governor</i> turbin unit 1	26
Tabel 3.16	Data skor <i>condition status</i> dan <i>repair status governor</i> turbin unit 1	26
Tabel 3.17	Data skor ECR SERP <i>main stop valve</i> turbin unit 1	26
Tabel 3.18	Data skor <i>condition status</i> dan <i>repair status main stop valve</i> turbin unit 1	26
Tabel 3.19	Data skor ECR SERP generator unit 1	26
Tabel 3.20	Data skor <i>condition status</i> dan <i>repair status</i> generator turbin unit 1	27
Tabel 3.21	Hasil perhitungan SCR.....	27
Tabel 3.22	Hasil perhitungan ECR.....	27
Tabel 3.23	Hasil perhitungan RMS <i>condition status</i> dan <i>repair status</i>	28
Tabel 3.24	Hasil perhitungan ACR	28
Tabel 3.25	Parameter fungsi keanggotaan variabel input SCR.....	29
Tabel 3.26	Parameter fungsi keanggotaan variabel input ECR.....	30

Tabel 3.27	Parameter fungsi keanggotaan variabel output ACR.....	31
Tabel 3.28	Hasil perhitungan MPI.....	32
Tabel 3.29	Parameter fungsi keanggotaan variabel input ACR.....	33
Tabel 3.30	Parameter fungsi keanggotaan variabel input RMS.....	33
Tabel 3.31	Parameter fungsi keanggotaan variabel output MPI.....	34
Tabel 4.1	Hasil perhitungan nilai ACR-MPI matematis dan fuzzy turbin uap.....	41
Tabel 4.2	Perhitungan error nilai perhitungan dan fuzzy turbin uap	41
Tabel 4.3	Hasil perhitungan nilai ACR-MPI matematis dan fuzzy <i>governor</i>	43
Tabel 4.4	Perhitungan error nilai perhitungan dan fuzzy <i>governor</i>	43
Tabel 4.5	Hasil perhitungan nilai ACR-MPI matematis dan fuzzy <i>main stop valve</i>	44
Tabel 4.6	Perhitungan error nilai perhitungan dan fuzzy <i>main stop valve</i>	45
Tabel 4.7	Hasil perhitungan nilai ACR-MPI matematis dan fuzzy generator.....	46
Tabel 4.8	Perhitungan error nilai perhitungan dan fuzzy generator	47
Tabel 4.9	Perbandingan nilai ranking ACR perhitungan dan logika fuzzy ...	48
Tabel 4.10	Perbandingan nilai ranking MPI perhitungan dan logika fuzzy	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PLTU Jeranjang merupakan Objek Vital Nasional (Obvitnas) yang bergerak di bidang pembangkitan tenaga listrik berkapasitas 3x25 Megawatt yang berlokasi di Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat (Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2020). PLTU Jeranjang berada dibawah naungan PT Indonesia Power sebagai jasa Operation and Maintenance Unit (OMU). PT Indonesia Power atau IP adalah sebuah anak perusahaan PLN yang bergerak di bidang usaha komersial pembangkitan tenaga listrik. Saat ini PT Indonesia Power merupakan perusahaan pembangkit listrik dengan produksi daya terbesar di Indonesia.

Faktor utama dalam berjalannya sebuah proses pada industri yaitu keselamatan kerja. Kemungkinan terjadinya sebuah kecelakaan akan meningkat seiring dengan nilai nilai keselamatan kerja yang abai dilaksanakan. Kecelakaan di suatu industri dapat menimbulkan dampak kerugian pada beberapa sektor seperti kerugian secara fisik baik luka ringan, luka berat, cacat fisik bahkan kematian. Kemudian juga menyebabkan kerugian secara material dan ekonomi seperti kerusakan pada peralatan dan mesin industri. Dalam skala yang lebih besar kerusakan yang terjadi juga mampu merusak kondisi lingkungan dan mengganggu kondisi kesehatan penduduk yang bermukim di sekitar industri tersebut. Sejatinya keselamatan kerja berguna untuk melindungi setiap pekerja dari bahaya cedera, sakit atau mati dan melalui kondisi kerja yang aman dan sehat (Department of Labor and Employment Manila, 1989). Sehingga menjamin konservasi sumber daya tenaga kerja yang berharga dan pencegahan kehilangan atau kerusakan pada jiwa dan harta benda dimana hal ini sesuai dengan tujuan pembangunan nasional.

Turbin uap merupakan suatu penggerak yang mengubah suatu energi potensial uap menjadi energi kinetik yang kemudian diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Turbin dihubungkan dengan peralatan yang akan digerakkan untuk menghasilkan listrik yaitu generator listrik. Pemakaian

turbin sebagai penggerak generator listrik selain mampu meningkatkan efisiensi produksi listrik, namun dibalik itu juga menyimpan potensi bahaya apabila dioperasikan tidak sesuai standar dan lalai dalam sistem keamanannya. Menurut Permen ESDM No. Tahun 2021, setiap turbin uap penggerak generator di tempat kerja wajib memiliki pengesahan pemakaian. Agar diterbitkan pengesahan pemakaian tersebut terlebih dahulu harus dilakukan pemeriksaan dan pengujian untuk memastikan turbin tersebut aman untuk dioperasikan dan telah memenuhi syarat K3. Dari aturan yang telah ditetapkan oleh pemerintah, masih ditemukan sejumlah kecelakaan terkait ledakan pada PLTU. Sebagai contoh PLTU Suralaya yang mengalami turbin trip saat pemadaman listrik se Jawa-Bali pada tahun 2019.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kritikalitas dan maintenance strategy turbin uap yaitu menggunakan System & Equipment Reliability & Prioritization (SERP) dan Maintenance Priority Index (MPI). Selain itu, digunakan juga pendekatan logika fuzzy dalam mencari nilai baru pada metode yang digunakan dalam penentuan kritikalitas komponen. Logika fuzzy adalah suatu metode yang tepat untuk memetakan ruang input ke dalam ruang output (Kusumadewi, 2002). Logika Fuzzy sendiri telah dikembangkan oleh Prof. Lotfi A Zadeh sejak tahun 1965 melalui artikelnya yang berjudul Fuzzy Sets. Penerapan pendekatan logika fuzzy pada turbin uap-generator PLTU Jeranjang bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kritikalitas serta *maintenance strategy* yang cocok dan layak digunakan pada peralatan tersebut. Metode ini mempunyai kelebihan yaitu dapat menentukan peralatan apa yang harus diprioritaskan untuk diberikan solusi dan penyelesaian terlebih dahulu sehingga dapat meningkatkan masa pemakaian dan mengurangi resiko terjadinya kecelakaan kerja. Dengan diterapkannya metode ini diharapkan dapat diperoleh nilai baru untuk ACR dan MPI dalam menentukan *maintenance strategy*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a) Bagaimana analisis nilai dari *Asset Critically Ranking* (ACR) dengan metode matematis dan pendekatan Fuzzy?

- b) Bagaimana analisis nilai dari *Maintenance Priority Index* (MPI) berdasarkan pendekatan logika fuzzy?
- c) Bagaimana *maintenance strategy* yang layak digunakan untuk perawatan turbin uap-generator unit 1?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a) Menganalisis nilai dari *Asset Critically Ranking* (ACR) dengan metode matematis dan pendekatan Fuzzy.
- b) Menganalisis nilai dari *Maintenance Priority Index* (MPI) berdasarkan pendekatan logika fuzzy.
- c) Menentukan *maintenance strategy* yang layak digunakan untuk perawatan turbin uap-generator unit 1.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a) Luas lingkup hanya meliputi Turbin uap-Generator Unit 1 PLTU Jeranjang OMU.
- b) Informasi yang disajikan yaitu: data *System & Equipment Reliability Prioritization* (SERP) dari PLTU Jeranjang OMU.
- c) Perhitungan dan pengolahan data menggunakan metode matematis konvensional dan sistem logika fuzzy pada software MATLAB.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan penelitian Tugas Akhir ini tersusun atas enam bab, yakni sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian, kemudian perumusan masalah, tujuan, batasan-batasan yang digunakan dan sistematika penulisan tugas akhir.

Bab 2 Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Bab ini membahas tentang teori yang digunakan sebagai dasar bagi penelitian dalam melakukan analisa dan perhitungan. Selain itu, pembahasan teori tersebut bertujuan sebagai sarana untuk mempermudah pembaca dalam memahami konsep yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Teori-teori yang digunakan pada penelitian tugas akhir bersumber dari berbagai literatur, penelitian-penelitian sebelumnya, referensi perusahaan dan jurnal pendukung lainnya..

Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini memberikan informasi tentang metodologi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir. Metodologi menggambarkan alur kegiatan dan kerangka berfikir yang digunakan oleh peneliti selama melakukan penelitian.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan Pada bab ini akan diberikan informasi dan ditampilkan data mengenai perhitungan dan pendekatan logika fuzzy dari *Asset Criticality Ranking (ACR)* dan *Maintenance Priority Index (MPI)*. Bab ini juga berisi tentang hasil analisa data. Analisis yang dilakukan sesuai dengan kebutuhan penelitian yang menjawab permasalahan yang ada.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil oleh peneliti terhadap keseluruhan rangkaian penelitian.tugas akhir ini. Selain itu juga disertakan saran dan rekomendasi untuk perusahaan dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Turbin Uap

Turbin uap merupakan suatu penggerak awal yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik. Kemudian energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Turbin uap merupakan salah satu komponen utama dalam pembangkit listrik tenaga uap, dimana uap yang berfungsi sebagai fluida kerja dihasilkan oleh boiler. Berputarnya poros turbin langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan yaitu generator. Tergantung pada jenis mekanisme yang digunakan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang seperti pada bidang industri, untuk pembangkit tenaga listrik dan untuk transportasi. Turbin uap juga dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara. Turbin uap dapat diklasifikasikan berdasarkan kondisi siklus dan kondisi uap, seperti siklus Rankine, siklus Regeneratif Rankine, siklus pemanasan ulang, kondensasi atau nonkondensasi dan dengan jumlah serta susunan poros-poros turbin dan selubung (Miller, 2011). Untuk gambar turbin uap dapat dilihat sebagaimana **Gambar 2.1** dan **Gambar 2.2**.



Gambar 2.1 *Steam Turbine & Generator House* Unit 1 PLTU Jeranjang OMU



Gambar 2.2 Turbin Uap Unit 1 PLTU Jeranjang OMU

Main Stop valve (MSV) pada turbin uap berfungsi untuk mengisolasi turbin uap dari aliran uap air dan untuk menghentikan secara cepat *supply* uap air ke turbin pada kondisi-kondisi tertentu yang mungkin terjadi. Posisi normal dari MSV pada saat operasi normal sistem kerja turbin uap adalah *open*. Main Stop valve membuka akibat kerja dari actuator *valve* hidrolik dan MSV akan menutup secara cepat karena gaya atau tekanan dari pegas yang dipasang dibelakang MSV. Untuk gambar MSV dapat diperhatikan sebagaimana **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Main Stop Valve Turbin Uap Unit 1 PLTU Jeranjang OMU

Governor adalah sebuah peralatan mekanis yang berfungsi untuk mengatur putaran dari sebuah mesin turbin uap dengan cara mengatur jumlah masuknya aliran fluida ke turbin uap. Cara kerja sebuah governor mengandalkan kecepatan putaran mesin itu sendiri dimana sebuah governor terhubung dengan poros yang berputar. Sepasang bandul dihubungkan pada poros, bandul tersebut berputar seiring dengan putaran poros. Gaya sentrifugal terjadi akibat adanya putaran yang membuat bandul terlempar. Kemudian bandul dihubungkan pada *collar* yang terdapat pada poros, sehingga *collar* akan naik sesuai dengan pergerakan dari gaya berat pada bandul. Sebaliknya, apabila bandul bergerak turun, *collar* akan bergerak turun. Pergerakan *collar* ini digunakan untuk mengoperasikan atau mengatur tuas bahan bakar pada mesin diesel atau aliran fluida pada turbin gas atau uap (Sadono, Sihana, & Effendy, 2013). Untuk gambar governor dapat diperhatikan sebagaimana **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Governor Turbin Uap Unit 1 PLTU Jeranjang OMU

2.2 Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (Kusuma & Supriyo., 2015). Prinsip kerja dari generator listrik adalah induksi elektromagnetik. Berdasarkan jenis arus listriknya, generator dibagi menjadi generator arus searah dan generator arus bolak-balik. Perbedaan keduanya yaitu penggunaan komutator pada generator arus searah dan cincin selip pada generator arus bolak-balik. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal. Sumber energi mekanik bisa berupa turbin uap dan sejenisnya. Untuk gambar generator dapat diperhatikan sebagaimana **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Generator Unit 1

2.3 System and Equipment Reliability Priorityzation (SERP)

SERP merupakan suatu metode untuk meranking tingkat keandalan peralatan dengan mempertimbangkan dampak dan kemungkinan kegagalan, untuk menentukan prioritas analisa kebutuhan pemeliharaan (Jatmiko, 2019). SERP digunakan oleh banyak perusahaan pembangkit listrik karena jumlah sistem peralatan yang banyak, dampak kerusakan terhadap operasi dan keandalan masing-masing sistem peralatan berbeda. Pertimbangan penggunaan SERP pada pembangkit listrik juga dikarenakan oleh sumber daya manusia yang terbatas. Hasil dari proses SERP adalah *Maintenance Priority Index* (MPI) dalam bentuk pemeringkatan peralatan (sistem atau komponen) berdasarkan kriteria tertentu yang menentukan tingkat kekritisan peralatan berdasarkan total data dan frekuensi kerusakan. Hasil dari MPI dan pemetaan peralatan berguna untuk melanjutkan proses identifikasi awal yang memberikan gambaran umum tentang peralatan yang harus segera ditangani dan dinilai handal. Keluaran yang dihasilkan oleh proses SERP ini adalah sebagai berikut : (Hartini, Dibyo, & Pujiarta, 2018):

- 1) MPI sebagai hasil akhir dari proses SERP yang berfokus memprioritaskan peningkatan aset.
- 2) *System Critically Ranking* (SCR)
- 3) *Equipment Critically Ranking* (ECR)

Untuk semua perhitungan yang dilakukan pada data yang ada mengacu pada standar ISO 55000. Standar ISO 55000 adalah set standar internasional pertama untuk manajemen aset. Set standar ISO ini muncul dari Spesifikasi Publik PAS 55. PAS 55 diluncurkan oleh British Standards Institute (BSI) pada tahun 2004 sebagai hasil dari upaya yang dipimpin oleh *Institute of Asset Management* (IAM). ISO 55000 mengidentifikasi empat dasar-dasar atau fundamental dari Manajemen Aset yaitu *value, alignment, leadership* dan *assurance* (Sidqi, 2020).

2.4 *System Critically Ranking* (SCR)

Sistem pembangkit listrik merupakan gabungan dari beberapa komponen kelistrikan yang bekerja untuk menghasilkan tenaga listrik seperti transmisi, distribusi dan beban yang saling beroperasi. Sistem pembangkit pada PLTU berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik dengan cara mengkonversi energi primer batu bara. Dalam sistem tenaga listrik dengan kapasitas yang cukup besar sistem pembangkitnya merupakan sistem pembangkit dengan menggunakan generator sinkron. Generator sinkron yaitu generator yang menghasilkan frekuensi konstan meskipun beban berubah-ubah. Hal ini disebabkan karena generator sinkron dilengkapi dengan governor. (Hasanah, Makkulau, & Fadhilah, 2015). Pendekatan yang paling umum digunakan untuk mengkarakterisasi suatu peralatan itu kritis atau tidak adalah dengan menilai tingkat dampak adanya ancaman terkait keamanan. Metode ini berfokus pada konsekuensi dari suatu peristiwa berupa faktor dampak atau faktor aset penting (Theoharidou, Kotzanikolaou, & Gritzalis, 2009). SCR digunakan untuk menentukan dampak kegagalan sistem terhadap *safety*, lingkungan, biaya, ketersediaan dan efisiensi pada suatu sistem. Dalam perhitungan SCR digunakan rumus sebagaimana pada persamaan 2.1. (Tim PLTU Jeranjang OMU, 2021):

$$SCR = \sqrt{\frac{S^2 + E^2 + C^2 + CA^2 + EFF^2}{5}} \quad (2.1)$$

Dimana,

S : *Safety*

E : *Environmental*

C : *Cost*

CA : *Commercial Availability*

EFF : *Efficiency*

2.5 *Equipment Critically Ranking (ECR)*

Equipment atau komponen adalah bagian-bagian dari suatu peralatan atau unit yang memiliki fungsi dalam pengoperasian suatu sistem (Tim Perumus Standar Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan, 2004). Dari *equipment* yang di *assembly* menjadi suatu sistem, maka dapat menghasilkan suatu proses tertentu yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan pembangkit. Kekritisannya dari *equipment* ditentukan dengan menilai probabilitas kejadian yang konsekuensinya yang mengarah pada kesehatan dan keselamatan personel, pencemaran lingkungan, serta bisnis. Kombinasi penilaian probabilitas dan konsekuensi akan mewakili risiko atau tingkat kekritisannya dari peralatan yang sedang dianalisis (Priyanta, 2016). Penting untuk dipahami bahwa menganalisa ranking pada *equipment* dapat membantu untuk mengurai tingkat kritisnya pada suatu sistem ke komponen yang diinginkan. Sama halnya dengan SCR, ECR juga menggunakan beberapa parameter yang sama untuk mendapatkan nilainya. Dalam perhitungan ECR digunakan rumus sebagaimana pada persamaan 2.2. (Tim PLTU Jeranjang OMU, 2021):

$$ECR = \sqrt{\frac{S^2 + E^2 + C^2 + CA^2 + EFF^2}{5}} \quad (2.2)$$

Dimana,

S : *Safety*

E : *Environmental*

C : *Cost*

CA : *Commercial Availability*

EFF : *Efficiency*

2.6 Asset Critically Ranking (ACR)

ACR digunakan untuk menentukan kritikalitas pada tingkat aset unit perusahaan. ACR dapat dikatakan sebagai proses pengambilan keputusan untuk mencapai strategi pemeliharaan aset yang optimal dalam proses industri manapun. Dengan demikian, mendefinisikan kekritisitas aset adalah langkah awal yang memainkan peran utama dalam menerapkan rencana pemeliharaan yang paling efektif dan mengendalikan bagaimana upaya pemeliharaan dilakukan. Suatu peringkat tertentu pada equipment yang menunjukkan tingkat kekritisannya terhadap fungsi individu dan sistem (Jatmiko, 2019). Nilai ACR didapatkan dari perkalian antara nilai SCR dan ECR yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Berdasarkan penjelasan di atas, untuk perhitungannya digunakan sebagaimana pada persamaan 2.3. (Tim PLTU Jeranjang OMU, 2021):

$$ACR = SCR \times ECR \quad (2.3)$$

Dimana,

ACR : *Asset Criticality Ranking*

SCR : *System Criticality Ranking*

ECR : *Equipment Criticality Ranking*

2.7 Maintenance Priority Index (MPI)

MPI merupakan suatu metode yang digunakan oleh perusahaan atau organisasi terkait dalam mengelola kritikalitas dari suatu aset. Perhitungan MPI digunakan pada peringkat keandalan pada suatu sistem atau komponen pada sistem keselamatan yang menggunakan metode *System & Equipment Reliability Prioritization* (SERP). Sama halnya dalam mencari nilai SCR dan ECR seperti pada penjelasan sebelumnya, dalam mencari nilai MPI perusahaan mengacu pada ISO 55000 yang kemudian diperjelas kembali menggunakan SK direksi, panduan serta kebijakan dari perusahaan terkait dalam penentuan masing-masing parameter dan skor untuk menghitung nilai MPI. Dimana salah satu pilar manajemen aset yaitu bagaimana suatu perusahaan menempatkan prioritas aset yang akan dipelihara. Untuk penentuan prioritas pemeliharaan pada aset suatu perusahaan bisa jadi ditemui perbedaan metode dalam perhitungannya atau penentuan prioritas tersebut.

Namun dalam pelaksanaannya, semua kegiatan analisa tingkat prioritas pemeliharaan aset mengacu pada ISO 55000 (Sidqi, 2020). Nilai MPI sendiri didapatkan dari hasil perhitungan ACR dan perhitungan dari RMS. Untuk mendapatkan nilai MPI dan RMS digunakan rumus yang dapat dilihat sebagaimana pada persamaan 2.4 dan 2.5. (Tim PLTU Jeranjang OMU, 2021):

$$MPI = ACR \times RMS \text{ (Condition – Status and Repair – Status)} \quad (2.4)$$

$$RMS = \sqrt{\frac{(\text{Condition Status})^2 + (\text{Repair Status})^2}{2}} \quad (2.5)$$

Dimana,

MPI : *Maintenance Priority Index*

ACR : *Asset Criticallity Ranking*

RMS : *Root Mean Square*

2.8 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output (Kusumadewi, 2002). Terdapat beberapa istilah yang perlu diketahui dalam logika fuzzy, antara lain:

1. Variabel fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem fuzzy. Sebagai contoh yaitu *safety*, *cost* dan *efficiency*.

2. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu kelompok yang mewakili kondisi atau keadaan tertentu dalam variabel fuzzy. Himpunan Fuzzy terdiri dari dua atribut yaitu linguistik dan numerik. Sebagai contoh variable *safety* untuk atribut linguistik, terbagi menjadi tiga himpunan fuzzy yaitu *minor*, *medium* dan *major*.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang naik secara monoton dari kiri ke kanan. Sebagai contoh untuk semesta pembicaraan adalah [0 100].

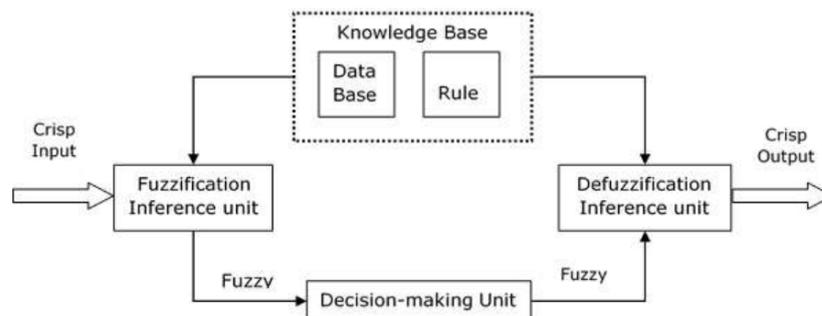
4. Domain

Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicara dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan bilangan real yang senantiasa naik.

5. Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai dengan 1.

Pemetaan pada logika fuzzy ini dilakukan menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS). FIS merupakan kerangka komputasi yang didasarkan pada beberapa teori diantaranya yaitu aturan fuzzy, penalaran fuzzy dan teori himpunan fuzzy. Dalam setiap rekayasa, dikenal dua sumber informasi yang penting yaitu numerik dan linguistik. Dua hal ini diwakili oleh sensor yang memberikan pengukuran numerik dari suatu variabel serta manusia yang memberikan instruksi dan deskripsi sistem secara linguistik. Pendekatan dalam rekayasa yang konvensional hanya memanfaatkan informasi numerik dan mengalami kesulitan dalam memanfaatkan informasi linguistik. Untuk gambar struktur fuzzy dapat diperhatikan sebagaimana **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Struktur *Fuzzy Inference System* (<https://www.tutorialspoint.com> 1

Mei 2021)

2.9 Pemeliharaan

Secara sederhana, pemeliharaan diurutkan dan dilakukan berdasarkan interval berbasis waktu yang tetap dan bisa disebut pemeliharaan preventif, sementara pemeliharaan korektif dilakukan setelah terjadinya kerusakan (Trojan & Marçal, 2017). Dalam tipe pemeliharaan preventif, pemeliharaan dilakukan untuk

mencegah kerusakan peralatan dengan perbaikan, atau pertukaran komponen. Untuk beberapa peralatan perawatan harus dilakukan segera dan untuk jenis lain perawatannya dapat ditunda, tergantung pada seberapa kritis peralatan tersebut. Dalam standar Eropa pemeliharaan preventif telah diurutkan menjadi dua kategori, perawatan berbasis kondisi dan perawatan yang ditentukan sebelumnya. Di seluruh dunia, pemeliharaan telah ditafsirkan dan diklasifikasikan dalam banyak cara yang berbeda. Departemen Energi AS menafsirkan praktik pemeliharaan sebelumnya dan saat ini harus dilakukan setelah rusak. Hal ini menggarisbawahi arti harfiah pemeliharaan sebagai pekerjaan untuk menjaga sesuatu dalam kondisi yang tepat dan menyatakan bahwa pemeliharaan merupakan tindakan yang diambil untuk mencegah kegagalan. Pemeliharaan juga bisa dikatakan sebagai perbaikan perangkat atau perbaikan pada peralatan yang terdegradasi. Pemeliharaan dilakukan supaya pengoperasian perangkat tetap berfungsi dengan baik. Dari standar perusahaan yang digunakan ada empat jenis pemeliharaan terencana yaitu preventif, prediktif, proaktif dan *run to failure*. Dari keempat jenis pemeliharaan terencana ini dapat dilihat penjelasan masing-masing sebagai berikut (Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT. PLN):

- Pemeliharaan Preventif (Rutin) adalah kegiatan pemeliharaan terhadap komponen atau peralatan yang reguler (rutin) dan terencana. PM terdiri dari:
 - Inspeksi yang terjadwal
 - Pembersihan
 - Pelumasan
 - Penggantian atau perbaikan komponen yang dilakukan secara rutin

Pemeliharaan pada dasarnya berpedoman jam operasi (time base maintenance).

Kelebihan PM yaitu meningkatkan umur pakai (life cycle) dari komponen, mengurangi kegagalan peralatan / proses dan lebih hemat sekitar 12% - 18% bila dibandingkan program pemeliharaan reaktif. Sementara kekurangan PM yaitu kegagalan *catastrophic* masih sering terjadi, melibatkan banyak tenaga kerja, pekerjaan pemeliharaan yang tidak perlu dilakukan dan potensi kerusakan karena melakukan pekerjaan yang tidak perlu.

- Pemeliharaan Prediktif adalah sebuah proses yang membutuhkan teknologi dan kecakapan (skill) SDM, yang memadukan dan menggunakan semua data diagnosa dan kinerja, sejarah kerusakan, data operasi dan data desain yang tersedia untuk membuat keputusan tentang kegiatan pemeliharaan terhadap sebuah peralatan kritikal. Pemeliharaan Prediktif mengacu pada konsep kurva kerusakan “bathtub”, dimana sebuah peralatan akan memiliki resiko kegagalan yang tinggi pada masa awal dan akhir operasi. Objek yang dipantau pada suatu mesin/ peralatan untuk keperluan pemeliharaan prediktif meliputi:

- Termografi
- Tribologi
- Vibrasi
- Life Assesment (NDT & DT)
- Kualitas air
- Unjuk kerja

Kelebihan pemeliharaan prediktif yaitu meningkatkan umur operasional komponen (availability), memungkinkan menghilangkan tindakan-tindakan yang bersifat korektif, mengurangi downtime peralatan atau proses, kualitas produk yang lebih baik, meningkatkan kualitas pekerja dan keselamatan lingkungan, meningkatkan moral pekerja, menghemat energi dan lebih hemat 8% - 12% terhadap pemeliharaan preventif. Sedangkan kekurangan dari pemeliharaan prediktif yaitu menaikkan investasi untuk peralatan diagnostik, menaikkan investasi untuk pelatihan staff dan potensi penghematan tidak bisa segera dilihat oleh manajemen.

- Pemeliharaan proaktif adalah proses penghilangan kondisi yang menyebabkan terjadinya kerusakan, melalui identifikasi akar penyebab (*Root Cause Failure Analysis*) yang memicu siklus kerusakan. Intinya adalah suatu proses untuk menentukan apa saja yang harus dilakukan untuk menjamin agar aset terus menerus bekerja memenuhi fungsi yang diharapkan, dalam konteks operasinya. Pemeliharaan proaktif menekankan pada kebutuhan analisis pemeliharaan dengan menjawab 7 pertanyaan dasar sebagai berikut :
- Fungsi peralatan
 - Standard prestasi kaitannya dari aset pada konteks operasinya saat ini

- Dengan cara apa peralatan gagal memenuhi fungsi yang diharapkan
- Penyebab kegagalan fungsi
- Pengaruh dari setiap kegagalan
- Yang dapat dilakukan untuk mencegah setiap kegagalan
- Yang harus dilakukan bila pencegahan yang cocok tidak ditemukan

Kelebihan dari pemeliharaan proaktif merupakan program pemeliharaan yang paling efisien, mengurangi biaya karena adanya pengurangan kegiatan pemeliharaan atau overhaul yang tidak diperlukan, meminimalisir frekuensi overhaul, mengurangi kemungkinan kegagalan peralatan yang tiba-tiba, memungkinkan untuk fokus kegiatan pemeliharaan pada komponen-komponen kritis, meningkatkan *reliability* komponen dan *Root Cause Analysis* dilakukan secara korporat. Sementara untuk kekurangan dari pemeliharaan proaktif yaitu dapat memberikan biaya startup, training, maupun peralatan yang signifikan dan saving tidak bisa segera dilihat oleh manajemen.

- Pemeliharaan Korektif (*Run To Failure*) yaitu membiarkan sebuah peralatan hingga rusak berdasarkan pertimbangan yang matang (kritikalitas, *redundancy*, biaya penggantian yang rendah, tidak memberikan efek ke proteksi, keselamatan, dll). Dengan metode ini, tidak ada tindakan pencegahan sebelum kerusakan terjadi. Hal ini berarti setiap kerusakan memang sudah diketahui dan dikelola. Tidak ada kerusakan yang tidak diketahui sebelumnya dan setiap tindakan korektif memang telah direncanakan dengan matang. Pemeliharaan jenis ini hanya menunggu kapan kerusakan terjadi.

Cara sederhana untuk menetapkan tipe pemeliharaan (Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT. PLN):

1. Apabila kondisi peralatan bisa dimonitor dan ada tools yang tersedia untuk monitor, maka dapat dilakukan pemeliharaan prediktif.
2. Apabila peralatan tidak bisa dimonitor kondisinya atau tidak tersedia tool untuk monitoring kondisi, maka lakukan pemeliharaan preventif

3. Apabila pemeliharaan preventif sulit dilakukan, atau effortnya terlalu besar dibandingkan harga peralatan dan dampak yang ditimbulkan bila rusak, maka biarkan peralatan rusak (*run to failure*).
4. Apabila terjadi kegagalan berulang atau terjadi kegagalan yang tidak semestinya, maka lakukan *root cause failure analysis* (pemeliharaan proaktif).

Pelaksanaan kegiatan pemeliharaan dari suatu peralatan di perusahaan tetap bergantung pada perusahaan masing-masing sehingga untuk kegiatan pemeliharaan dapat ditemui perbedaan antar perusahaan satu dengan yang lain. Namun dalam pelaksanaannya kegiatan pemeliharaan harus memperhatikan enam aspek atau prasyarat agar pekerjaan pemeliharaan dapat berjalan secara efisien. Keenam aspek tersebut adalah (Assauri, 2008):

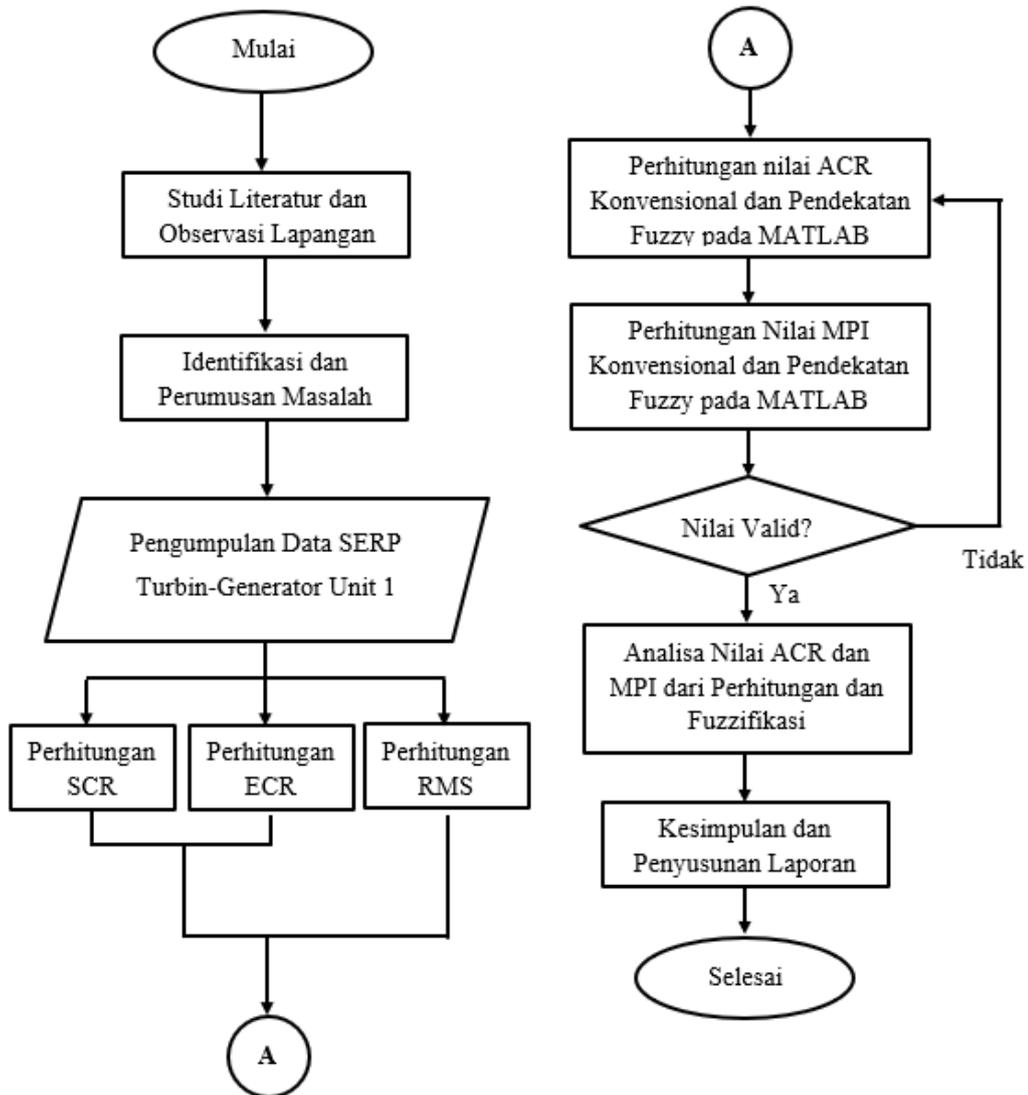
- a. Ada data mengenai peralatan yang dimiliki perusahaan untuk dilakukan kegiatan pemeliharaan. Yang dimaksud dalam hal ini yaitu seluruh data mengenai mesin, umur, nomor, tahun pembuatan, kondisi dan pembebanan selama operasi berjalan yang direncanakan per waktu yang telah ditentukan serta bagaimana operator dalam menjalankan dan mengatasi peralatan tersebut.
- b. *Planning* dan *scheduling*. Kedua hal ini harus disusun dalam melakukan kegiatan pemeliharaan baik dalam jangka panjang maupun jangka pendek. Seperti contoh *preventive maintenance* yang harus diawasi keadaannya pada saat pembersihan peralatan, pelumasan, pengencangan dan lain sebagainya serta perlu direncanakan juga berapa jumlah *manpower* yang dibutuhkan supaya kegiatan pemeliharaan dapat berjalan dengan baik tanpa mengganggu proses operasi pada perusahaan.
- c. Surat perintah kerja. Surat perintah kerja disini setiap perusahaan pasti memiliki perbedaan masing-masing. Namun untuk hal yang umum surat perintah kerja berisi mengenai
 - Kegiatan pemeliharaan apa yang dikerjakan
 - Orang yang mengerjakan dan bertanggungjawab atas kegiatan pemeliharaan tersebut
 - Lokasi kegiatan pemeliharaan dilaksanakan

- Jumlah *manpower* dan alat yang dibutuhkan saat melaksanakan kegiatan pemeliharaan
 - Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan kegiatan pemeliharaan
- d. *Spare parts* dan alat yang digunakan. Pelaksanaan kegiatan pemeliharaan harus memperhatikan *tools* dan material yang digunakan. Baik itu yang habis pakai atau yang dapat digunakan kembali.
- e. *Records*. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan harus dilakukan pencatatan sebagai bentuk historis dan saran untuk kegiatan pemeliharaan selanjutnya sehingga dapat mempermudah dan mengantisipasi hal yang dapat mempengaruhi jalannya kegiatan pemeliharaan.
- f. *Reports, control* dan *analysis*. Laporan mengenai perkembangan kegiatan pemeliharaan, perbaikan serta pengawasan harus dilakukan sebagai bentuk *evidence*. Dari laporan ini teknisi dapat melihat gangguan serta proses yang terjadi pada kegiatan pemeliharaan sebelumnya. Selain itu juga perlu dilakukan analisa terhadap kegagalan yang pernah terjadi sehingga tidak terulang kembali.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian pada tugas akhir ini dirancang menjadi beberapa tahapan yang akan dikerjakan digambarkan dengan flowchart sebagaimana pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Flowchart penelitian

3.1 Pengumpulan Data SERP Turbin Uap-Generator Unit 1

Penelitian dilakukan di PLTU Jeranjang OMU yang terletak di Jalan Raya PLTU Jeranjang, Dusun Jeranjang, Desa Taman Ayu, Kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat. Penelitian yang dilakukan adalah menganalisa tingkat kritikalitas pada turbin uap-generator unit 1. Data yang digunakan dalam penelitian

ini yaitu data primer. Data primer merupakan data yang diperoleh atau dikumpulkan secara langsung dari sumber atau objek penelitian, baik melalui pengamatan langsung dan pengambilan data. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data *System & Equipment Reliability Prioritization* (SERP) pada turbin Unit 1 PLTU Jeranjang OMU. Setelah melakukan pengambilan data diperoleh data SERP dari empat komponen utama pada turbin-generator yaitu skor SERP dari turbin, *governor*, *main stop valve* dan generator.

Sebelum dilakukan penentuan nilai data SERP, para tim yang dibentuk dalam perumusan nilai SERP pada *workshop* perusahaan juga mempertimbangkan nilai yang didapat dari segi operasional turbin uap-generator selama *running unit*. Tim perumus nilai SERP ini terdiri dari para ahli di bidangnya, baik dari bidang operasi, pemeliharaan maupun *engineering*. Setelah dibentuknya tim tersebut maka dilaksanakanlah *workshop* untuk perumusan nilai SERP dari setiap unit yang ada di pembangkit. Komponen yang menjadi pokok bahasan pada nilai SERP ini merupakan komponen produksi yang memiliki prioritas untuk dilakukan kegiatan pemeliharaan. Dari komponen tersebut akan dibentuk ranking yang nantinya menjadi acuan bidang pemeliharaan dalam melaksanakan kegiatan pada unit terkait. Parameter fisis yang diperhatikan dan menjadi fokus utama yaitu nilai vibrasi, temperatur, tekanan, kecepatan putar dan lain-lain. Daftar peralatan instrumen komponen turbin uap-generator unit 1 dapat dilihat pada yang tersedia pada lampiran.

Skor tiap parameter dinotasikan dalam angka 1-10 sebagai skala dari terendah hingga tertinggi. Skala yang digunakan mengacu pada standar ISO 55000 yang kemudian diperjelas kembali menggunakan SK direksi, panduan serta kebijakan dari perusahaan terkait dalam penentuan masing-masing parameter dan skor untuk menghitung nilai SCR dan ECR. ISO 55000 memberikan persyaratan daftar periksa praktek yang baik dalam pengelolaan aset fisik. Dalam pelaksanaannya, semua kegiatan analisa tingkat kritikalitas aset mengacu pada ISO 55000 (Sidqi, 2020). Untuk mendapatkan nilai SCR yang diinginkan harus memperhatikan skor tiap parameter yang dapat dilihat pada **Tabel 3.1** hingga **Tabel 3.5**. (Tim PLTU Jeranjang OMU, 2021):

Tabel 3.1 Skor parameter *safety* SCR

<i>Safety</i>	Skor
<i>High Safety Concern, possible fatality, injuries occur to personnel</i>	10
<i>High Safety Concern – injuries occur to personnel, lost time</i>	8
<i>Safety concerns – Possible doctor attended injuries</i>	5
<i>Low Safety Concern – Action taken to secure area</i>	3
<i>No safety concern</i>	1

Tabel 3.2 Skor parameter *environmental* SCR

<i>Environmental</i>	Skor
<i>Shut Down</i>	10
<i>Fine</i>	8
<i>Notice of Violation</i>	5
<i>Close Call (Non-Reportable)</i>	3
<i>No Effect</i>	1

Tabel 3.3 Skor parameter *cost* SCR

<i>Cost (dalam rupiah)</i>	Skor
> 1 Miliar	10
500 Juta – 1 Miliar	9
250 Juta – 500 Juta	8
100 Juta – 250 Juta	7
75 Juta – 100 Juta	6
50 Juta – 75 Juta	5
25 Juta – 50 Juta	4
5 Juta – 25 Juta	3
1 Juta – 5 Juta	2
< 1 Juta	1

Tabel 3.4 Skor parameter *Commercial Availability* SCR

<i>Commercial Availability</i>	Skor
<i>Plant Shutdown</i>	10
<i>Long Term Unit Shutdown (> 1 week)</i>	9
<i>Short Term Unit Shutdown (< 1 week)</i>	8
<i>Long Term Boiler Shutdown (> 1 week)</i>	7
<i>Short Term Boiler Shutdown (< 1 week)</i>	6
<i>Long Term Load Reduction (> 1 week)</i>	5
<i>Short Term Load Reduction (< 1 week)</i>	4
<i>Future Potential Loss of MW's</i>	3
<i>No Effect</i>	1

Tabel 3.5 Skor parameter *efficiency* SCR

<i>Efficiency</i>	Skor
> 1000 BTU's atau Efisiensi turun 3% atau Derating 3% dari DMN	10
> 750 BTU's atau Efisiensi turun 2% atau Derating 2% dari DMN	8
> 500 BTU's atau Efisiensi turun 1,5% atau Derating 1,5% dari DMN	5
> 250 BTU's atau Efisiensi turun 0,75% atau Derating 0,75% dari DMN	3
<i>No Effect</i>	1

Selain parameter nilai SCR di atas maka diperlukan juga parameter untuk mencari nilai ECR. Untuk parameter dan skor nilai SCR dan ECR tidak jauh berbeda dan hanya ada sedikit perbedaan pada kategori *cost* yang terlampir. Dimana untuk parameter *cost* pada SCR dan ECR ada perbedaan pada nominal besar uang yang digunakan. Hal ini mengacu pada hasil *worksop* perusahaan. Untuk mendapatkan nilai ECR yang diinginkan harus memperhatikan skor tiap parameter yang dapat dilihat pada **Tabel 3.6** hingga **Tabel 3.10**. (Tim PLTU Jeranjang OMU, 2021)

Tabel 3.6 Skor parameter *safety* ECR

<i>Safety</i>	Skor
<i>High Safety Concern, possible fatality, injuries occur to personnel</i>	10
<i>High Safety Concern – injuries occur to personnel, lost time</i>	8
<i>Safety concerns – Possible doctor attended injuries</i>	5
<i>Low Safety Concern – Action taken to secure area</i>	3
<i>No safety concern</i>	1

Tabel 3.7 Skor parameter *environmental* ECR

<i>Environmental</i>	Skor
<i>Shut Down</i>	10
<i>Fine</i>	8
<i>Notice of Violation</i>	5
<i>Close Call (Non-Reportable)</i>	3
<i>No Effect</i>	1

Tabel 3.8 Skor parameter *cost* ECR

<i>Cost (dalam rupiah)</i>	Skor
> 10 Miliar	10
5 Miliar – 10 Miliar	9
2,5 Miliar – 5 Miliar	8
1 Miliar – 2,5 Miliar	7
750 Juta – 1 Miliar	6
500 Juta – 750 Juta	5
250 Juta – 500 Juta	4
50 Juta – 250 Juta	3
10 Juta – 50 Juta	2
< 10 Juta	1

Tabel 3.9 Skor parameter *Commercial Availability* ECR

<i>Commercial Availability</i>	Skor
<i>Plant Shutdown</i>	10
<i>Long Term Unit Shutdown (> 1 week)</i>	9
<i>Short Term Unit Shutdown (< 1 week)</i>	8
<i>Long Term Boiler Shutdown (> 1 week)</i>	7
<i>Short Term Boiler Shutdown (< 1 week)</i>	6
<i>Long Term Load Reduction (> 1 week)</i>	5
<i>Short Term Load Reduction (< 1 week)</i>	4
<i>Future Potential Loss of MW's</i>	3
<i>No Effect</i>	1

Tabel 3.10 Skor parameter *efficiency* ECR

<i>Efficiency</i>	Skor
> 1000 BTU's atau Efisiensi turun 3% atau Derating 3% dari DMN	10
> 750 BTU's atau Efisiensi turun 2% atau Derating 2% dari DMN	8
> 500 BTU's atau Efisiensi turun 1,5% atau Derating 1,5% dari DMN	5
> 250 BTU's atau Efisiensi turun 0,75% atau Derating 0,75% dari DMN	3
No Effect	1

Selain parameter skor nilai SCR dan ECR, dalam mencari nilai MPI diperlukan parameter nilai dari *condition status* dan *repair status*. Nilai *condition status* menunjukkan *asser wellness* dari suatu komponen sedangkan *repair status* menunjukkan jumlah kegagalan yang terjadi pada suatu komponen dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Nilai *condition status* dan *repair status* memiliki skor yang dapat dilihat pada **Tabel 3.11** dan **Tabel 3.12**. (Tim PLTU Jeranjang OMU, 2021):

Tabel 3.11 Skor parameter *condition status*

<i>Condition Status</i>	Skor
Hijau	1
Kuning	2
Merah	3

Tabel 3.12 Skor parameter *repair status*

<i>Repair Status</i>	Skor
Jumlah gangguan 0-3 kali dalam 10 tahun	1
Jumlah gangguan 4-6 kali dalam 10 tahun	2
Jumlah gangguan >7 kali dalam 10 tahun	3

Dari parameter yang telah dilampirkan di atas, maka perusahaan telah merumuskan dan menetapkan parameter yang digunakan sebagai perhitungan untuk mencari nilai ACR dan MPI. Untuk penjelasan lebih lengkap dapat diperhatikan **Tabel 3.13** hingga **Tabel 3.20**.

Tabel 3.13 Data skor ECR SERP turbin unit 1

Periode	<i>Safety</i>	<i>Environmental</i>	<i>Cost</i>	<i>Commercial Availability</i>	<i>Efficiency</i>
2019	1	1	7	7	1
2020	10	1	9	10	10
2021	10	1	8	10	10

Tabel 3.14 Data skor *condition status* dan *repair status* turbin unit 1

Periode	<i>Condition Status</i>	<i>Repair Status</i>
2019	1	1
2020	1	2
2021	1	2

Tabel 3.15 Data skor ECR SERP *governor* turbin unit 1

Periode	<i>Safety</i>	<i>Environmental</i>	<i>Cost</i>	<i>Commercial Availability</i>	<i>Efficiency</i>
2019	1	1	5	7	1
2020	8	1	7	9	1
2021	8	1	6	9	1

Tabel 3.16 Data skor *condition status* dan *repair status* *governor* turbin unit 1

Periode	<i>Condition Status</i>	<i>Repair Status</i>
2019	1	1
2020	1	2
2021	1	3

Tabel 3.17 Data skor ECR SERP *main stop valve* turbin unit 1

Periode	<i>Safety</i>	<i>Environmental</i>	<i>Cost</i>	<i>Commercial Availability</i>	<i>Efficiency</i>
2019	5	1	3	7	1
2020	8	1	5	9	1
2021	8	1	5	9	1

Tabel 3.18 Data skor *condition status* dan *repair status* *main stop valve* turbin unit 1

Periode	<i>Condition Status</i>	<i>Repair Status</i>
2019	2	1
2020	1	1
2021	1	2

Tabel 3.19 Data skor ECR SERP generator unit 1

Periode	<i>Safety</i>	<i>Environmental</i>	<i>Cost</i>	<i>Commercial Availability</i>	<i>Efficiency</i>
2019	1	1	7	7	1
2020	10	1	10	10	10
2021	10	1	10	10	10

Tabel 3.20 Data skor *condition status* dan *repair status* generator turbin unit 1

Periode	<i>Condition Status</i>	<i>Repair Status</i>
2019	1	2
2020	1	3
2021	1	3

3.2 Perhitungan *System Critically Ranking* (SCR)

Dari data yang telah didapatkan pada tabel SERP di atas, maka akan dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai SCR. Data yang diperlukan untuk memperoleh nilai SCR yaitu data SERP sistem yang berupa nilai *safety*, *environmental*, *cost*, *commercial availability* dan *efficiency*. Untuk hasil perhitungan nilai SCR dapat dilihat pada **Tabel 3.21**.

Tabel 3.21 Hasil perhitungan SCR

Periode	Turbin	<i>Governor</i>	<i>Main Stop Valve</i>	<i>Generator</i>
2019	7,16	7,16	7,16	7,1
2020	8,96	8,96	8,96	7,96
2021	8,96	8,96	8,96	7,96

3.3 Perhitungan *Equipment Critically Ranking* (ECR)

Dari data yang telah didapatkan, akan dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai ECR. Data yang diperlukan untuk memperoleh nilai ECR yaitu data SERP *equipment* yang berupa nilai *safety*, *environmental*, *cost*, *commercial availability* dan *efficiency*. Untuk hasil perhitungan nilai ECR dapat dilihat pada **Tabel 3.22**.

Tabel 3.22 Hasil perhitungan ECR

Periode	Turbin	<i>Governor</i>	<i>Main Stop Valve</i>	<i>Generator</i>
2019	4,49	3,92	4,12	4,49
2020	8,74	6,26	5,87	8,96
2021	8,54	6,05	5,87	8,96

3.4 Perhitungan *Root Mean Square* (RMS)

Sebelum mendapatkan nilai MPI, terlebih dahulu dicari nilai RMS. Untuk memperoleh nilai RMS data yang diperlukan yaitu data SERP yang berupa nilai *condition status* dan *repair status*. Untuk perhitungan nilai RMS dapat dilihat pada **Tabel 3.23**.

Tabel 3.23 Hasil perhitungan RMS condition status dan repair status

Periode	Turbin	Governor	Main Stop Valve	Generator
2019	1	1	1,58	1,58
2020	1,58	1,58	1	2,23
2021	1,58	2,23	1,58	2,23

3.5 Perhitungan Nilai ACR Secara Matematis dan Pendekatan Fuzzy pada MATLAB

Dari nilai SCR dan ECR yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan perhitungan. Setelah mendapatkan nilai ACR dari perhitungan maka dilakukan analisa pada nilai ACR yang diperoleh. Untuk hasil perhitungan nilai ACR dapat dilihat pada **Tabel 3.24**.

Tabel 3.24 Hasil perhitungan ACR

Periode	Turbin	Governor	Main Stop Valve	Generator
2019	32,15	31,88	29,5	28,07
2020	78,31	71,32	52,6	56,09
2021	76,52	71,32	52,6	54,21

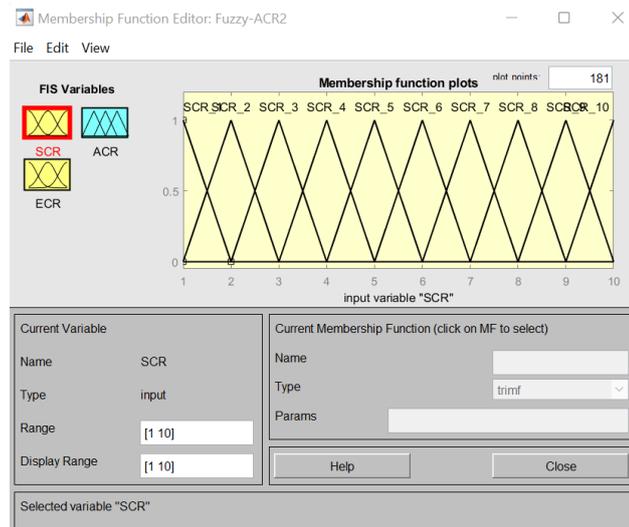
Selain dilakukan perhitungan secara matematis, dilakukan juga perhitungan menggunakan logika fuzzy pada MATLAB. Pada perhitungan kali ini input yang digunakan dalam logika fuzzy adalah indeks dari SCR dan ECR yang dikategorikan menjadi sepuluh tingkat kepentingan bilangan. Sepuluh tingkat tersebut adalah SCR 1, SCR 2, SCR 3, SCR 4, SCR 5, SCR 6, SCR 7, SCR 8, SCR 9 dan SCR 10 untuk nilai *System Critically Ranking* serta ECR 1, ECR 2, ECR 3, ECR 4, ECR 5,

ECR 6, ECR 7, ECR 8, ECR 9 dan ECR 10 Dimana masing-masing tingkat kepentingan ini direpresentasikan dengan jenis kurva segitiga serta parameter yang berbeda. Penjelasan parameter fungsi keanggotaan variabel input SCR dapat dilihat pada **Tabel 3.25**.

Tabel 3.25 Parameter fungsi keanggotaan variabel input SCR

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
SCR 1	Segitiga	[1 1 2]
SCR 2	Segitiga	[1 2 3]
SCR 3	Segitiga	[2 3 4]
SCR 4	Segitiga	[3 4 5]
SCR 5	Segitiga	[4 5 6]
SCR 6	Segitiga	[5 6 7]
SCR 7	Segitiga	[6 7 8]
SCR 8	Segitiga	[7 8 9]
SCR 9	Segitiga	[8 9 10]
SCR 10	Segitiga	[9 10 10]

Untuk parameter masing-masing dari fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



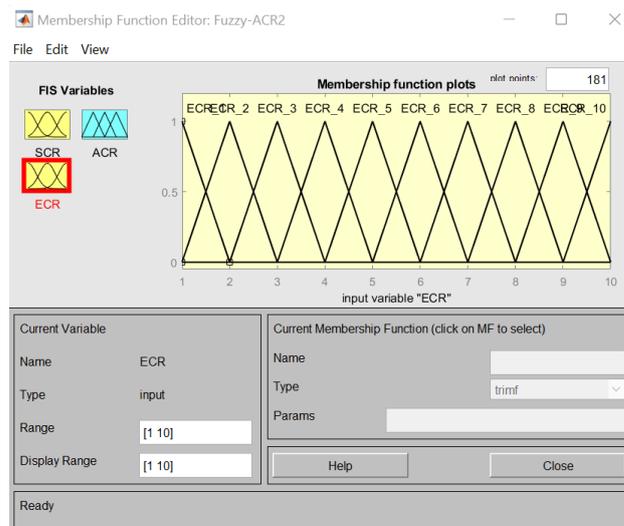
Gambar 3.2 Input SCR

Penjelasan parameter fungsi keanggotaan variabel input ECR dapat dilihat pada **tabel 3.26**.

Tabel 3.26 Parameter fungsi keanggotaan variabel input ECR

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
ECR 1	Segitiga	[1 1 2]
ECR 2	Segitiga	[1 2 3]
ECR 3	Segitiga	[2 3 4]
ECR 4	Segitiga	[3 4 5]
ECR 5	Segitiga	[4 5 6]
ECR 6	Segitiga	[5 6 7]
ECR 7	Segitiga	[6 7 8]
ECR 8	Segitiga	[7 8 9]
ECR 9	Segitiga	[8 9 10]
ECR 10	Segitiga	[9 10 10]

Untuk parameter masing-masing dari fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

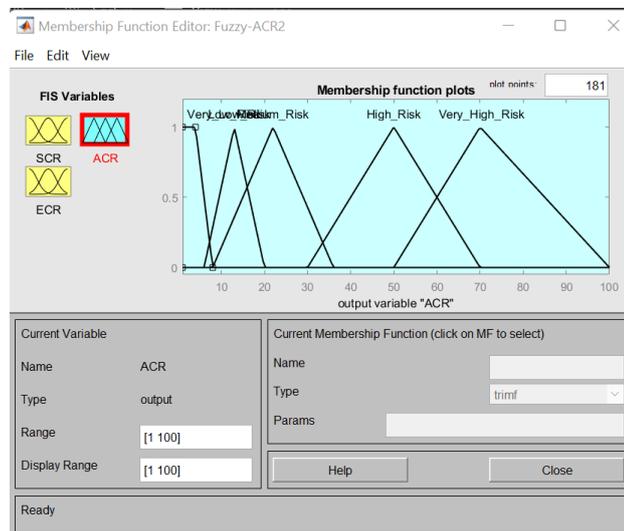
**Gambar 3.3** Input ECR

Keanggotaan untuk output himpunan fuzzy berdasarkan dari nilai skala SCR dan ECR dengan rentang nilai antara 1 sampai 10. Sedangkan untuk outputnya memiliki rentang nilai 1 sampai 100. Penjelasan parameter fungsi keanggotaan variabel output SCR dapat dilihat pada **Tabel 3.27**.

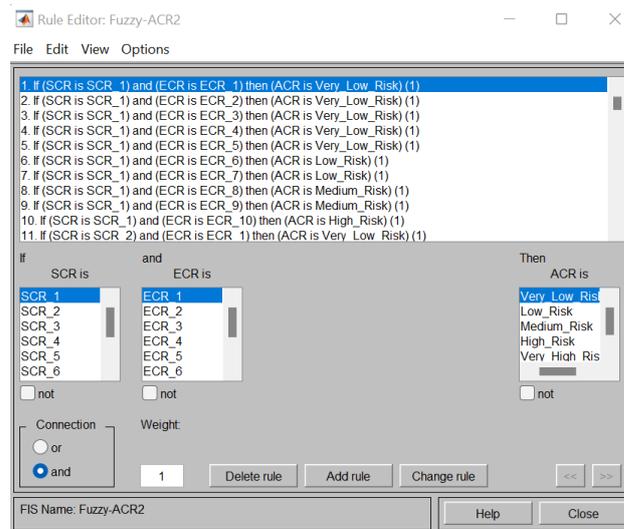
Tabel 3.27 Parameter fungsi keanggotaan variabel output ACR

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
<i>Very Low Risk</i>	Trapesium	[1 1 4 8]
<i>Low Risk</i>	Segitiga	[6 13 20]
<i>Medium Risk</i>	Segitiga	[8 22 36]
<i>High Risk</i>	Segitiga	[30 50 70]
<i>Very High Risk</i>	Segitiga	[50 70 100]

Untuk parameter masing-masing dari fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.

**Gambar 3.4** Output ACR

Aturan yang terdapat didalam logika fuzzy ini merupakan kombinasi dari dua variabel input yaitu SCR dan ECR serta ditambah output dari logika fuzzy itu sendiri berupa ACR dengan menggunakan *if-then rules*. *Rules* yang terbentuk dari dua variabel input tersebut terdiri dari SCR sebanyak sepuluh kategori dan ECR sebanyak sepuluh kategori. Sehingga diperoleh total sebanyak 100 rules (10x10). Berikut akan diberikan penentuan rules output Fuzzy ACR. Untuk sampel rules fuzzy dapat dilihat sebagaimana **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Rules fuzzy yang terbentuk

3.6 Perhitungan Nilai MPI Secara Matematis dan Pendekatan Fuzzy pada MATLAB

Dari nilai ACR dan RMS yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan perhitungan. Setelah mendapatkan nilai MPI dari perhitungan maka kemudian dapat dilakukan analisa pada nilai MPI yang diperoleh. Hasil perhitungan nilai MPI dapat dilihat pada **Tabel 3.28**.

Tabel 3.28 Hasil perhitungan MPI

Periode	Turbin	Governor	Main Stop Valve	Generator
2019	32,15	28,07	62,58	50,41
2020	123,82	88,69	52,6	159,48
2021	120,99	121,22	83,17	159,48

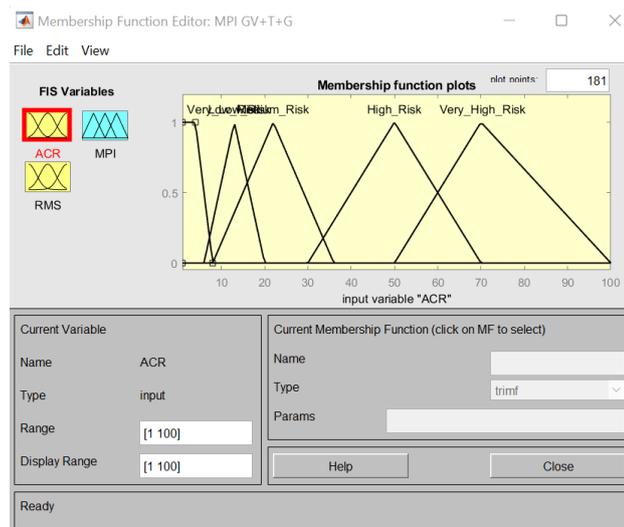
Selain dilakukan perhitungan secara matematis, dilakukan juga perhitungan menggunakan logika fuzzy pada MATLAB. Pada perhitungan kali ini input yang digunakan dalam logika fuzzy adalah indeks dari ACR dan RMS. Dimana ACR dibagi menjadi empat kategori dan RMS dibagi menjadi tiga kategori.

Penjelasan parameter fungsi keanggotaan variabel input ACR dapat dilihat pada **Tabel 3.29**.

Tabel 3.29 Parameter fungsi keanggotaan variabel input ACR

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
<i>Very Low Risk</i>	Trapesium	[1 1 4 8]
<i>Low Risk</i>	Segitiga	[6 13 20]
<i>Medium Risk</i>	Segitiga	[8 22 36]
<i>High Risk</i>	Segitiga	[30 50 70]
<i>Very High Risk</i>	Segitiga	[50 70 100]

Untuk parameter masing-masing dari fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



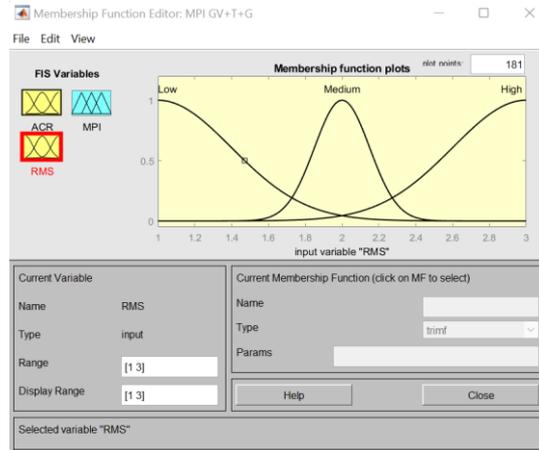
Gambar 3.6 Input ACR

Penjelasan parameter fungsi keanggotaan variabel input RMS dapat dilihat pada **Tabel 3.30**.

Tabel 3.30 Parameter fungsi keanggotaan variabel input RMS

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
<i>Low</i>	Gaussian	[0.4 1]
<i>Medium</i>	Gaussian	[0.15 2]
<i>High</i>	Gaussian	[0.4 3]

Untuk parameter masing-masing dari fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Input RMS

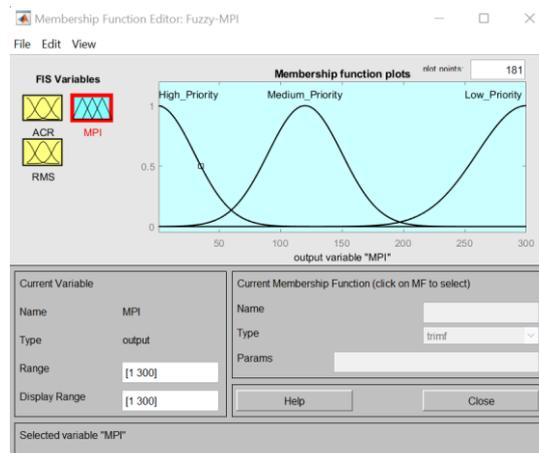
Keanggotaan untuk output himpunan fuzzy MPI memiliki rentang nilai antara 1 sampai 300. Penjelasan parameter fungsi keanggotaan variabel output MPI dapat dilihat pada **Tabel 3.31**.

Tabel 3.31 Parameter fungsi keanggotaan variabel output MPI

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
<i>High Priority</i>	Gaussian	[30 0]
<i>Medium Priority</i>	Gaussian	[30 120]
<i>Low Priority</i>	Gaussian	[40 300]

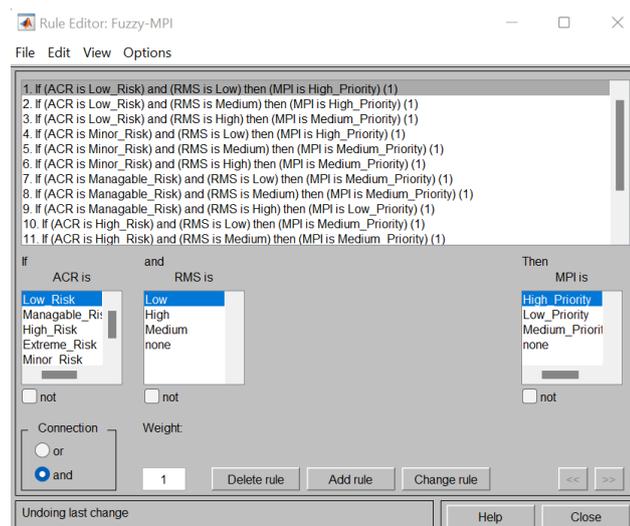
Pada parameter input RMS dan parameter output MPI menggunakan tipe kurva Gaussian selain karena kepakaran, pertimbangan yang lain yaitu untuk membuat model yang menghasilkan nilai paling mendekati dengan nilai perhitungan matematis biasa. Sehingga pemodelan fuzzy ini diharapkan mampu menjadi alternatif perhitungan bagi perusahaan pada penentuan nilai SEP selanjutnya.

Untuk parameter masing-masing dari fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Output MPI

Aturan yang terdapat didalam logika fuzzy ini merupakan kombinasi dari dua variabel input yaitu ACR dan RMS serta ditambah output dari logika fuzzy itu sendiri berupa MPI dengan menggunakan *if-then rules*. *Rules* yang terbentuk dari dua variabel input tersebut terdiri dari ACR sebanyak lima kategori dan ECR sebanyak tiga kategori. Sehingga diperoleh total sebanyak 15 rules (5x3). Berikut akan diberikan penentuan *rules* output Fuzzy MPI. Untuk sampel rules dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.9 Rules fuzzy yang terbentuk

Setelah semua data SERP diperoleh dan pembuatan arsitektur fuzzy telah dilakukan maka dapat dilanjutkan melakukan perhitungan matematis dan pendekatan menggunakan logika fuzzy pada software MATLAB. Setelah perhitungan dilakukan maka dapat dilakukan analisa pada perhitungan nilai ACR dan MPI tersebut.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang telah dihimpun dan dikumpulkan, didapat nilai dari tiga tahun dari tahun 2019 hingga 2021. Dapat dilihat ada perbedaan setiap tahunnya pada nilai data SERP keempat komponen yang ditinjau. Penjelasan secara umumnya data SERP ini dirumuskan dan ditetapkan pada *workshop* yang melibatkan expert bidang operasi, pemeliharaan dan *engineering* setiap tahunnya. Sehingga data SERP yang didapatkan penulis kali ini merupakan hasil dari *workshop* yang telah dilaksanakan. Sedikit pembahasan mengenai data SERP yang didapat pada keempat komponen sebagai berikut. Contoh permasalahan yang umum terjadi pada turbin uap adalah terjadinya kenaikan vibrasi, *blade* turbin uap berkerak dan lain-lain. Kerusakan pada peralatan turbin membutuhkan *cost* untuk perbaikan yang memerlukan biaya antara Rp. 1.000.000.000,00 sampai Rp. 2.500.000.000,00 pada tahun 2019, Rp. 5.000.000.000,00 sampai Rp. 10.000.000.000,00 pada tahun 2020 dan Rp. 2.500.000.000,00 sampai Rp. 5.000.000.000,00 pada tahun 2021. Pada saat dilakukan perbaikan turbin uap harus *shutdown* sehingga memperoleh skor 10 pada 2020 dan 2021 untuk parameter *commercial availability* dimana masuk kategori *plant shutdown*. Jika terjadi permasalahan pada turbin uap kondisi *high safety concern*, *possible fatality* dan potensi cedera pada personel sehingga mendapat skor 10 pada tahun 2020 dan 2021 untuk kategori *safety*. Apabila terjadi kerusakan pada turbin, tidak akan berdampak terhadap lingkungan karena turbin terdapat di dalam gedung atau *turbine housing* sendiri yang tidak kontak langsung dengan lingkungan sehingga memperoleh nilai 1 untuk parameter *environmental* yaitu tidak ada efek. Namun apabila terjadi kegagalan akan berdampak pada penurunan *efficiency* pembangkit dimana mendapat nilai skor 10 untuk efisiensi pembangkit bisa turun hingga 3%. Dari data yang didapatkan jumlah gangguan pada turbin uap unit 1 hingga tahun 2021 telah terjadi gangguan sebanyak lebih dari tujuh kali selama sepuluh tahun terakhir sehingga mendapat skor 3 pada parameter *repair status*.

Contoh permasalahan yang umum terjadi pada *governor valve* adalah buka tutup katup *valve* yang tidak maksimal. Kerusakan pada peralatan *governor* membutuhkan *cost* untuk perbaikan yang memerlukan biaya antara Rp. 500.000.000,00 sampai Rp. 750.000.000,00 pada tahun 2019, Rp. 1.000.000.000,00 sampai Rp. 2.500.000.000,00 pada tahun 2020 dan Rp. 750.000.000,00 sampai Rp. 1.000.000.000,00 pada tahun 2021. Pada saat dilakukan perbaikan *governor*, pembangkit harus shutdown lebih dari satu pekan sehingga memperoleh skor 9 pada 2020 dan 2021 untuk parameter *commercial availability* dimana masuk kategori *long term unit shutdown (>1 week)*. Jika terjadi permasalahan pada *governor* kondisi *high safety concern*, potensi cedera pada personel dan *lost time* sehingga mendapat skor 8 pada tahun 2020 dan 2021 untuk kategori *safety*. Apabila terjadi kerusakan pada *governor*, tidak akan berdampak terhadap lingkungan karena *governor* terdapat di dalam gedung atau *turbine housing* sendiri yang tidak kontak langsung dengan lingkungan sehingga memperoleh nilai 1 untuk parameter *environmental* yaitu tidak ada efek. Dari data yang didapatkan jumlah gangguan pada *governor* unit 1 hingga tahun 2021 telah terjadi gangguan sebanyak lebih dari tujuh kali selama sepuluh tahun terakhir sehingga mendapat skor 3 pada parameter *repair status*.

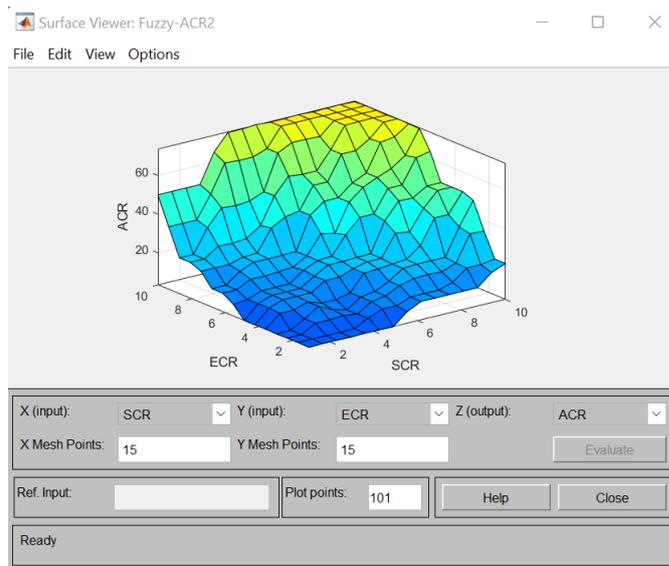
Selanjutnya pada komponen *main stop valve* permasalahan yang umum terjadi pada *main stop valve* adalah buka tutup valve tidak optimal pada saat *emergency trip* atau pada saat *plant shutdown*. Kerusakan pada peralatan *main stop valve* membutuhkan *cost* untuk perbaikan yang memerlukan biaya antara Rp. 500.000.000,00 sampai Rp. 250.000.000,00 pada tahun 2019 dan Rp. 500.000.000,00 sampai Rp. 750.000.000,00 pada tahun 2020 dan 2021. Pada saat dilakukan perbaikan *main stop valve* harus *shutdown* sehingga memperoleh skor 10 pada 2020 dan 2021 untuk parameter *commercial availability* dimana masuk kategori *plant shutdown*. Jika terjadi permasalahan pada turbin uap kondisi *high safety concern*, *possible fatality* dan potensi cedera pada personel sehingga mendapat skor 10 pada tahun 2020 dan 2021 untuk kategori *safety*. Apabila terjadi kerusakan pada *main stop valve*, tidak akan berdampak terhadap lingkungan karena *main stop valve* terdapat di dalam gedung atau *turbine housing* sendiri yang tidak kontak langsung dengan lingkungan sehingga memperoleh nilai 1 untuk parameter

environmental yaitu tidak ada efek. Apabila terjadi kegagalan tidak akan berdampak pada penurunan *efficiency* pembangkit karena *main stop valve* difokuskan untuk fungsi keamanan sistem turbin uap saja sehingga mendapat nilai skor 1 untuk efisiensi pembangkit atau tidak ada efek. Dari data yang didapatkan jumlah gangguan pada *main stop valve* unit 1 hingga tahun 2021 telah terjadi gangguan sebanyak empat sampai enam kali selama sepuluh tahun terakhir sehingga mendapat skor 2 pada parameter *repair status*.

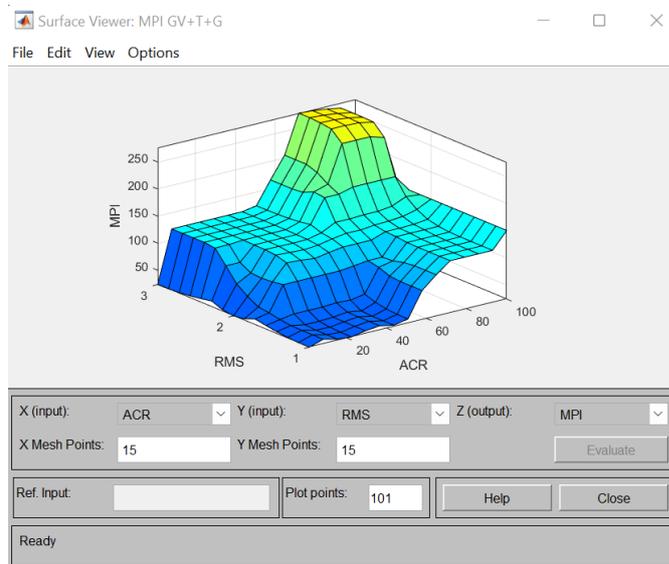
Dan terakhir pada komponen generator contoh permasalahan yang umum terjadi *governor* adalah hilangnya eksitasi, pembebanan yang berlebihan dan lain-lain. Kerusakan pada peralatan generator membutuhkan *cost* untuk perbaikan yang memerlukan biaya antara Rp. 1.000.000.000,00 sampai Rp. 2.500.000.000,00 pada tahun 2019, dan lebih dari Rp. 10.000.000.000,00 pada tahun 2020 dan 2021. Pada saat dilakukan perbaikan generator, pembangkit harus shutdown lebih dari satu pekan sehingga memperoleh skor 9 pada 2020 dan 2021 untuk parameter *commercial availability* dimana masuk kategori *long term unit shutdown (>1 week)*. Jika terjadi permasalahan pada generator kondisi *high safety concern, possible fatality* dan potensi cedera pada personel sehingga mendapat skor 10 pada tahun 2020 dan 2021 untuk kategori *safety*. Apabila terjadi kerusakan pada generator, tidak akan berdampak terhadap lingkungan karena generator terdapat di dalam gedung atau *turbine housing* sendiri yang tidak kontak langsung dengan lingkungan sehingga memperoleh nilai 1 untuk parameter *environmental* yaitu tidak ada efek. Namun apabila terjadi kegagalan akan berdampak pada penurunan *efficiency* pembangkit dimana mendapat nilai skor 10 untuk efisiensi pembangkit bisa turun hingga 3%. Dari data yang didapatkan jumlah gangguan pada generator unit 1 hingga tahun 2021 telah terjadi gangguan sebanyak lebih dari tujuh kali selama sepuluh tahun terakhir sehingga mendapat skor 3 pada parameter *repair status*.

Berdasarkan data yang telah diperoleh dan infrastruktur fuzzy yang telah terbentuk maka dilakukan perhitungan pada empat *equipment* acuan yang dijadikan sebagai objek penelitian pada tugas akhir kali ini. Keempat *equipment* tersebut adalah turbin uap, *main stop valve*, *governor* dan generator yang terdapat pada unit 1 PLTU Jeranjang OMU. Sebelum dilakukan penentuan nilai dari *rules* yang telah

dibuat, terlebih dahulu memeriksa *surface* yang terbentuk untuk memastikan pendistribusian tiap *rules* telah merata dan sesuai dengan output yang diinginkan. Untuk gambar *surface* yang terbentuk dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.2**.



Gambar 4.1 *Surface* yang terbentuk dari perhitungan Fuzzy ACR



Gambar 4.2 *Surface* yang terbentuk dari perhitungan Fuzzy MPI

Setelah mendapatkan gambar *surface* yang sesuai dimana pendistribusian nilai merata, maka dapat dilakukan penentuan nilai dari ACR dan MPI yang baru melalui pendekatan logika fuzzy serta dilakukan perbandingan antara nilai lama dengan nilai yang baru. Untuk nilai turbin uap yang didapatkan dari pendekatan logika fuzzy pada software MATLAB dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai ACR-MPI matematis dan fuzzy turbin uap

Periode	ACR	ACR Fuzzy	MPI	MPI Fuzzy
2019	32,15	31,9	32,15	32,1
2020	78,31	73,5	123,82	121
2021	76,52	73,8	120,99	121

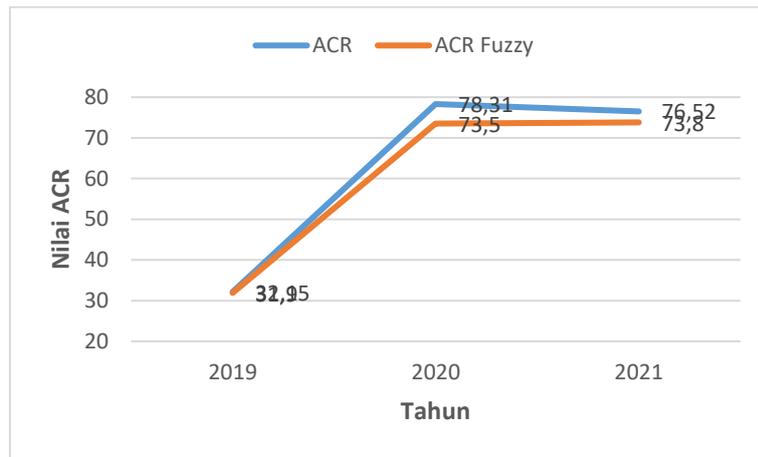
Adapun untuk nilai error atau perbandingan yang didapatkan antara nilai fuzzy dengan nilai aktual pada turbin uap dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Perhitungan error nilai perhitungan dan fuzzy turbin uap

Periode	Error ACR	Error MPI
2019	0,7 %	0,1 %
2020	6,1 %	2,2 %
2021	3,5 %	0,01 %

Dapat diperhatikan pada **Tabel 4.2** untuk nilai *error* dari ACR dan MPI pada turbin uap didapatkan nilai *error* yang tidak begitu besar. Maka untuk model fuzzy yang digunakan dalam mencari nilai ACR dan MPI pada turbin uap dapat dikatakan mendekati perhitungan matematisnya. Sehingga model ini dapat digunakan dalam mencari nilai SERP yang selanjutnya. Untuk nilai *error* yang masih besar dapat diperbaiki pada segi *rules* dan *membership function* pada arsitektur fuzzy *software* Matlab.

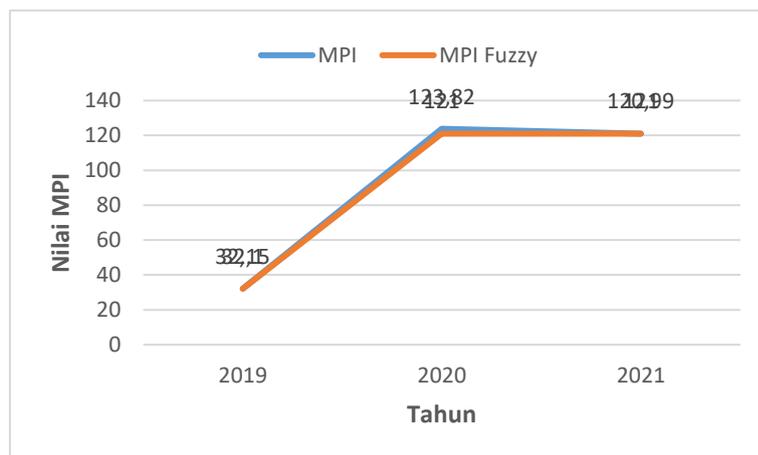
Dari nilai ACR turbin uap yang telah didapatkan dari pendekatan logika fuzzy serta perhitungan aktual memiliki perbedaan yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan nilai ACR perhitungan dan ACR fuzzy turbin uap

Dapat dilihat pada tabel dan grafik ada peningkatan nilai ACR baik dari perhitungan maupun pendekatan logika fuzzy. Dari nilai yang telah didapat pada tahun 2019 untuk ACR turbin uap berada di posisi *medium risk*, sementara pada tahun 2020 dan 2021 berada pada posisi *very high risk*.

Kemudian dari nilai MPI turbin uap yang telah didapatkan dari pendekatan logika fuzzy serta perhitungan aktual memiliki perbedaan yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai MPI perhitungan dan MPI fuzzy turbin uap

Terlihat pada tabel dan grafik ada peningkatan nilai MPI baik dari perhitungan maupun pendekatan logika fuzzy. Dari nilai yang telah didapat pada

tahun 2019 untuk MPI turbin uap berada di posisi prioritas tinggi untuk dipelihara, sementara pada tahun 2020 dan 2021 berada pada posisi prioritas sedang untuk dipelihara.

Selanjutnya untuk nilai *governor* yang didapatkan dari pendekatan logika fuzzy pada software MATLAB dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai ACR-MPI matematis dan fuzzy *governor*

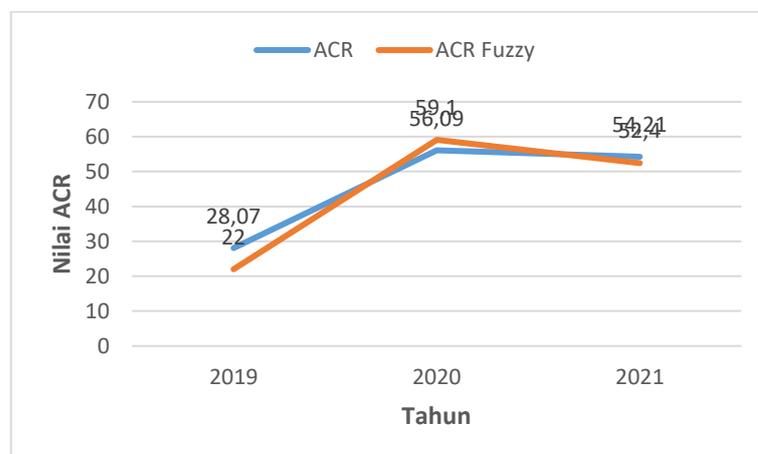
Periode	ACR	ACR Fuzzy	MPI	MPI Fuzzy
2019	28,07	22	28,07	23,6
2020	56,09	59,1	88,69	87,6
2021	54,21	52,4	121,22	151

Adapun untuk nilai error atau perbandingan yang didapatkan antara nilai fuzzy dengan nilai aktual pada *governor* dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Perhitungan error nilai perhitungan dan fuzzy *governor*

Periode	Error ACR	Error MPI
2019	21,6 %	15 %
2020	5,3 %	1,2 %
2021	3,3 %	24 %

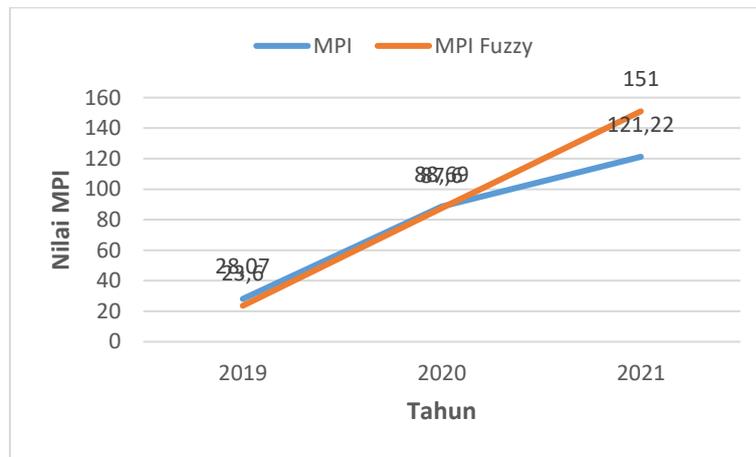
Dari nilai ACR *governor* yang telah didapatkan dari pendekatan logika fuzzy serta perhitungan aktual memiliki perbedaan yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan nilai ACR perhitungan dan ACR fuzzy *governor*

Dapat dilihat pada tabel dan grafik ada peningkatan nilai ACR baik dari perhitungan maupun pendekatan logika fuzzy. Dari nilai yang telah didapat pada tahun 2019 untuk ACR governor berada di posisi *medium risk*, sementara pada tahun 2020 dan 2021 berada di posisi *high risk*.

Kemudian dari nilai MPI turbin uap yang telah didapatkan dari pendekatan logika fuzzy serta perhitungan aktual memiliki perbedaan yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai MPI perhitungan dan MPI fuzzy governor

Dapat dilihat pada tabel dan grafik ada peningkatan nilai MPI baik dari perhitungan maupun pendekatan logika fuzzy. Dari nilai yang telah didapat pada tahun 2019 untuk MPI governor berada di posisi prioritas tinggi untuk dipelihara, sementara pada tahun 2020 dan 2021 berada pada posisi prioritas sedang untuk dipelihara.

Selanjutnya untuk nilai *main stop valve* yang didapatkan dari pendekatan logika fuzzy pada software MATLAB dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan nilai ACR-MPI matematis dan fuzzy *main stop valve*

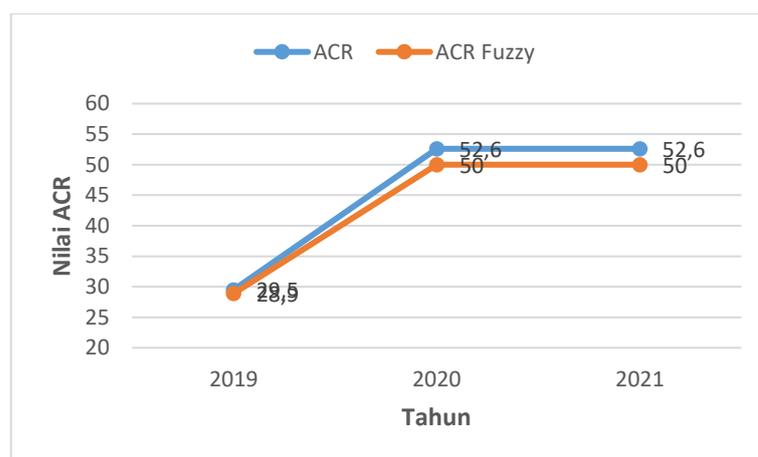
Periode	ACR	ACR Fuzzy	MPI	MPI Fuzzy
2019	29,5	28,9	62,58	69
2020	52,6	50	52,6	51,6
2021	52,6	50	83,17	80,7

Adapun untuk nilai error atau perbandingan yang didapatkan antara nilai fuzzy dengan nilai aktual pada *main stop valve* dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Perhitungan error nilai perhitungan dan fuzzy *main stop valve*

Periode	Error ACR	Error MPI
2019	2 %	10,2 %
2020	4,9 %	1,9 %
2021	4,9 %	2,9 %

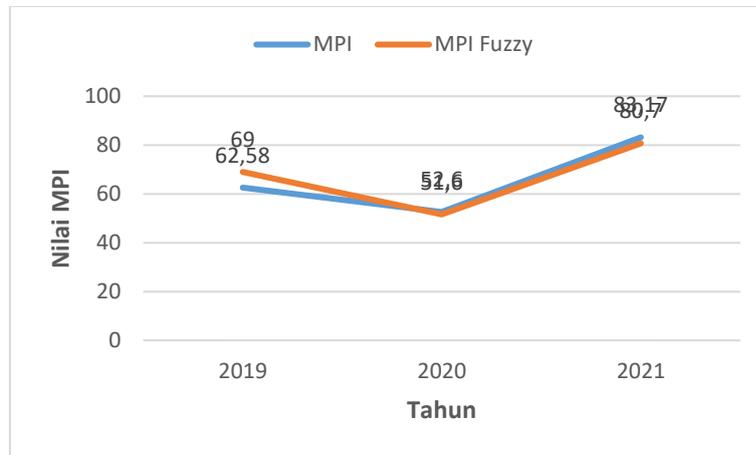
Dari nilai ACR *main stop valve* yang telah didapatkan dari pendekatan logika fuzzy serta perhitungan aktual memiliki perbedaan yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Grafik perbandingan nilai ACR perhitungan dan ACR fuzzy *main stop valve*

Dapat dilihat pada tabel dan grafik ada peningkatan nilai ACR baik dari perhitungan maupun pendekatan logika fuzzy. Dari nilai yang telah didapat pada tahun 2019 untuk ACR *main stop valve* berada di posisi *medium risk*, sementara pada tahun 2020 dan 2021 berada di posisi *high risk*.

Kemudian dari nilai MPI *main stop valve* yang telah didapatkan dari pendekatan logika fuzzy serta perhitungan aktual memiliki perbedaan yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan nilai MPI perhitungan dan MPI fuzzy *main stop valve*

Terlihat pada tabel dan grafik ada peningkatan nilai MPI baik dari perhitungan maupun pendekatan logika fuzzy. Dari nilai yang telah didapat pada tahun 2019 untuk *main stop valve* berada di posisi prioritas sedang untuk dipelihara, pada tahun 2020 berada di posisi prioritas tinggi dan tahun 2021 berada pada posisi prioritas sedang untuk dipelihara.

Selanjutnya untuk nilai generator yang didapatkan dari pendekatan logika fuzzy pada software MATLAB dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Hasil perhitungan nilai ACR-MPI matematis dan fuzzy generator

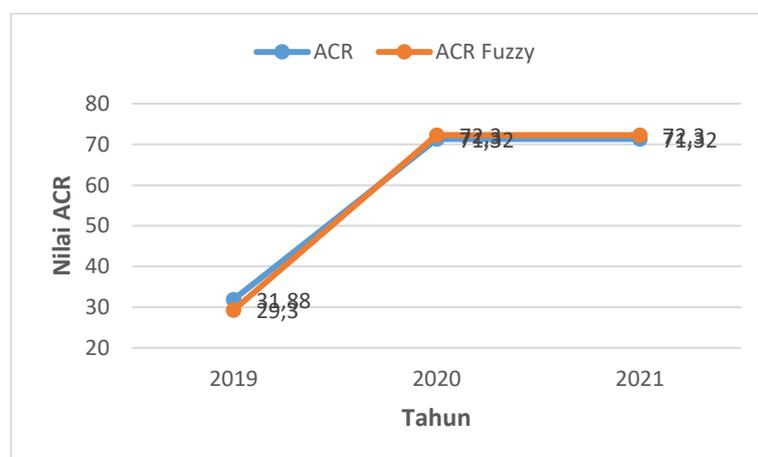
Periode	ACR	ACR Fuzzy	MPI	MPI Fuzzy
2019	31,88	29,3	50,41	50,8
2020	71,32	72,3	159,48	158
2021	71,32	72,3	159,48	158

Adapun untuk nilai error atau perbandingan yang didapatkan antara nilai fuzzy dengan nilai aktual pada *main stop valve* dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Perhitungan error nilai perhitungan dan fuzzy generator

Periode	Error ACR	Error MPI
2019	8 %	0,7 %
2020	1,3 %	0,9 %
2021	1,3 %	0,9 %

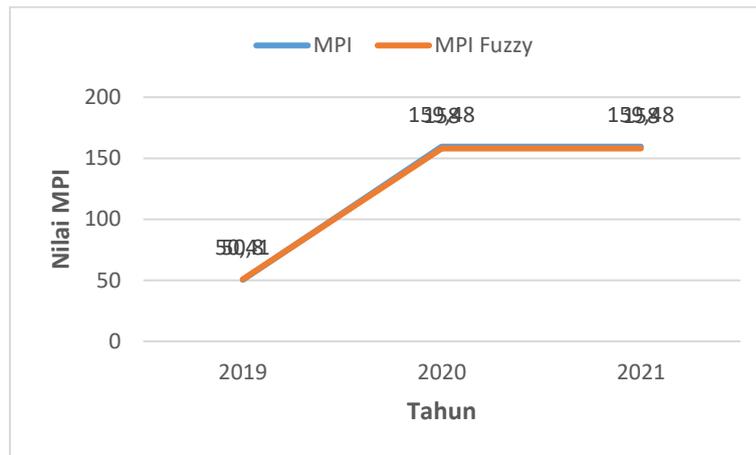
Dari nilai ACR *main stop valve* yang telah didapatkan dari pendekatan logika fuzzy serta perhitungan aktual memiliki perbedaan yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Grafik perbandingan nilai ACR perhitungan dan ACR fuzzy generator

Dapat dilihat pada tabel dan grafik ada peningkatan nilai ACR baik dari perhitungan maupun pendekatan logika fuzzy. Dari nilai yang telah didapat pada tahun 2019 untuk ACR generator berada di posisi *low risk*, sementara pada tahun 2020 dan 2021 berada di posisi *very high risk*.

Kemudian dari nilai MPI generator yang telah didapatkan dari pendekatan logika fuzzy serta perhitungan aktual memiliki perbedaan yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4.10 Grafik perbandingan nilai MPI perhitungan dan MPI fuzzy generator

Terlihat pada tabel dan grafik ada peningkatan nilai MPI baik dari perhitungan maupun pendekatan logika fuzzy. Akan tetapi dari nilai yang telah didapat pada tahun 2019 sampai tahun 2021 berada pada posisi prioritas sedang untuk dipelihara.

Dari nilai ACR dan MPI yang telah didapatkan maka diperoleh hasil yang berbeda antara nilai perhitungan matematis dan pendekatan logika fuzzy menggunakan *software* MATLAB. Setelah didapatkan nilai maka akan diberikan saran dalam penentuan *preventive maintenance* berdasarkan ranking MPInya. Sistematis pembuatan ranking MPI ini diurutkan berdasarkan tingkat persen dari 0-100. Sehingga beberapa aset ada yang memiliki nilai ranking yang sama. Untuk perbandingan ranking ACR perhitungan dan fuzzy dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Perbandingan nilai ranking ACR perhitungan dan logika fuzzy

	ACR lama	Rank ACR	ACR fuzzy	Rank ACR baru
Turbin uap	76,52	0,63	73,8	1,78
Governor	54,21	12,5	52,5	1,82
Main stop valve	52,6	16,25	50	20,2
Generator	71,32	1,25	72,3	16,14

Untuk perbandingan ranking MPI perhitungan dan fuzzy dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Perbandingan nilai ranking MPI perhitungan dan logika fuzzy

	MPI lama	Rank MPI	MPI fuzzy	Rank MPI baru
Turbin uap	120,99	6,67	121	6,6
Governor	121,22	5,71	151	0,51
<i>Main stop valve</i>	83,17	16,19	80,7	17,48
Generator	159,48	0,95	158	0,49

Dari berbagai literatur yang ada di jurnal atau internet ada banyak referensi pembagian jenis *maintenance* yang digunakan untuk kegiatan pemeliharaan pada suatu industri. Pada standar perusahaan yang digunakan ada beberapa jenis pemeliharaan yang digunakan. Secara garis besar terdapat dua jenis pemeliharaan yaitu pemeliharaan terencana dan tidak terencana. Pada pembahasan ini akan lebih difokuskan pada pemeliharaan pemeliharaan terencana, karena dengan harapan suatu aset akan dipelihara sebelum datang masa rusaknya. Untuk standar perusahaan yang digunakan dalam pemeliharaan terencana terdapat beberapa jenis juga yaitu pemeliharaan proaktif, prefentif, prediktif dan *run to failure*. Dari keempat komponen yang ditinjau baik dari turbin, governor, *main stop valve* dan generator merupakan peralatan yang terbilang biayanya cukup mahal. Meskipun keempat komponen ini memiliki biaya perawatan yang cukup besar berdasarkan data yang didapatkan dari buku SERP-MPI PLTU Jeranjang namun tidak membuat keempat peralatan ini dikategorikan sebagai peralatan yang dipelihara secara *run to failure*.

Selanjutnya dari penentuan ranking MPI yang telah dilakukan apabila komponen tersebut memiliki nilai ranking index antara 70 – 100 atau 30% teratas, maka akan diprioritaskan sebagai peralatan yang dilakukan kegiatan pemeliharaan prefentif berdasarkan standar perusahaan. Pemeliharaan prefentif disini pemeliharaan berdasarkan hari, minggu, bulan, jam operasi atau kali operasi yang berfungsi untuk mengurangi kemungkinan dari suatu peralatan mengalami kondisi yang tak diinginkan. Dari pendekatan fuzzy yang telah dilakukan, didapatkan nilai

baru dimana keempat peralatan tidak ada yang masuk ke top 30% teratas nilai MPI sehingga tidak direkomendasikan untuk masuk kategori dilaksanakan pemeliharaan preventif. Maka dari itu, untuk opsi yang dapat dijadikan pilihan yaitu keempat komponen tersebut dilaksanakan kegiatan pemeliharaan proaktif. Kegiatan pemeliharaan proaktif disini berfungsi untuk mengembalikan atau menambah kemampuan dan keandalan peralatan. Pemeliharaan proaktif juga bisa disebut dengan outage ataupun overhaul karena pada beberapa kondisi kegiatan pemeliharaan proaktif perlu ada koordinasi dan persetujuan dari kantor pusat untuk menyesuaikan kebutuhan listrik negara karena perlu adanya *shutdown* unit selama kegiatan pemeliharaan proaktif.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data, penulis memperoleh kesimpulan yang dapat diambil pada tahun 2021 sebagai referensi dari penelitian mengenai tugas akhir ini sebagai berikut:

- Dari perhitungan nilai *Asset Critically Ranking* (ACR) secara matematis dan pendekatan logika fuzzy untuk turbin uap dan generator berada di posisi *very high risk* dengan nilai masing-masing yaitu 76,52 dan 71,32 untuk perhitungan matematis serta 73,8 dan 72,3 untuk nilai fuzzynya. Sementara untuk governor dan *main stop valve* berada di posisi *high risk* dengan nilai masing-masing yaitu 54,21 dan 52,6 untuk perhitungan matematis serta 52,5 dan 50 untuk nilai fuzzynya.
- Dari perhitungan nilai *Maintenance Priority Index* (MPI) secara matematis dan pendekatan logika fuzzy untuk keempat komponen turbin uap, governor, *main stop valve* dan generator berada di luar diluar 30% teratas untuk dipelihara dengan nilai ranking masing-masing yaitu 6,6; 0,51; 17,48 dan 0,49.
- Menimbang dengan perhitungan yang telah dilakukan maka *maintenance strategy* yang layak digunakan untuk turbin uap-generator unit 1 yaitu pemeliharaan proaktif untuk mengembalikan atau menambah kemampuan dan keandalan peralatan dengan memperhatikan aspek-aspek yang dibutuhkan dalam kegiatan pemeliharaan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang telah didapat pada penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan yaitu penentuan dan perhitungan nilai keandalan pada masing-masing komponen yang dipilih dalam penentuan prioritas pemeliharaan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Department of Labor and Employment Manila. (1989). *Occupational Safety and Health Standards*. Manila: Occupational Safety and Health Standards Center, Department of Labor and Employment Manila.
- Hartini, E., Dibyo, S., & Pujiarta, S. (2018). Determination of Maintenance Priority Index (MPI) For Components on RSG-Gas Safety System. *Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir Tri Dasa Mega*, 77-88.
- Hasanah, A. W., Makkulau, A., & Fadhilah, Z. F. (2015). Perencanaan Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik di Pulau Jawa. *Jurnal Sutet*, V(1).
- Jatmiko, E. D. (2019). *Penentuan Interval Pemeliharaan Pencegahan dengan System Equipment Reliability Prioritization (SERP) dan Optimasi Keandalan pada Turbin Gas Seri M701D (Studi Kasus di PT. Z)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kusuma, A., & Supriyo. (2015). Analisa Generator 3 Fasa Tipe Magnet Permanen Dengan Penggerak Mula Turbin Angin Propeller 3 Blade Untuk PLTB. *Jurnal Teknik Energi*, XI(1), 12-17.
- Kusumadewi, S. (2002). *Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Jogjakarta: Graha Ilmu.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2020). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 159.K/90/MEM/2020*. Jakarta.
- Miller, B. G. (2011). *Clean Coal Engineering Technology*. United Kingdom: Butterworth-Heinemann.
- Priyanta, D. (2016). The Development of Equipment Criticality Analysis (ECA) Protocols of Offshore Carbon Steel Static Mechanical Equipment. *Asian Journal of Applied Sciences*, IV(6), 1258-1266.

- Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT. PLN. (n.d.). *Perencanaan, Pengendalian dan Evaluasi O&M Pembangkit*. PT. PLN (Persero).
- Sadono, S., Sihana, & Effendy, N. (2013). *Identifikasi Sistem Governor Control Valve Dalam Menjaga Kestabilan Putaran Turbin Uap PLTP Wayang Windu Unit 1*. Jogjakarta: Universitas Gajah Mada.
- Sidqi, M. A. (2020). *Powerful Asset Management*. Jakarta.
- Theoharidou, M., Kotzanikolaou, P., & Gritzalis, D. (2009). Risk-Based Criticality Analysis. *Critical Infrastructure Protection*, 35-49.
- Tim Perumus Standar Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan. (2004). *Standar Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan Bidang Pembangkitan Tenaga Listrik*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Tim PLTU Jeranjang OMU. (2021). *Laporan SERP-MPI*. Lombok Barat: PT Indonesia Power.
- Trojan, F., & Marçal, R. F. (2017). Proposal of Maintenance-types Classification to Clarify Maintenance Concepts in Production and Operations Management. *Journal of Business and Economics*, 560-572.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Surat Penerimaan Pengambilan Data



Nomor : 0189/070/JRJOMU/2021
 Lampiran : -
 Sifat Surat : Biasa
 Perihal : Balasan Permohonan Ijin Penelitian

Jeranjang, 15 Desember 2021

Kepada Yth:
**Kepala Departemen Teknik
 Fisika
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember**
 di-tempat

Dengan hormat,

Schubungan dengan adanya Surat No: B/70843/IT2.IX.2.1.3/PP/05/02/00/2021
 Perihal Permohonan Pengambilan Data Tugas Akhir atas nama:

Nama : Alif Firdausi
 NIM : 0231184000055
 Jurusan/Prodi : Teknik Fisika

Maka dengan surat ini kami memberikan ijin melaksanakan pelaksanaan penelitian sesuai dengan jadwal pelaksanaan **Program Kampus Merdeka (Oktober 2021-Februari 2022)**. Terkait hal tersebut perlu kami sampaikan beberapa hal berikut kepada peserta :

1. Mahasiswa wajib melaksanakan PCR – Swab Test dengan hasil Negatif dilakukan secara mandiri dan dibawa untuk keperluan memasuki lingkungan PLTU Jeranjang, dengan ketentuan:
 - a) **Bagi Mahasiswa domisili Luar Pulau Lombok**
 Wajib melaksanakan Isolasi Mandiri selama 3 (tiga) hari dengan melaksanakan PCR – Swab Test pada hari ke-3 setelah tiba di Lombok.
 - b) **Bagi Mahasiswa domisili Pulau Lombok**
 Wajib melaksanakan PCR – Swab Test pada H-1 Pelaksanaan Penelitian/PKL/Magang.
 - c) **Bagi Mahasiswa yang memulai periode Penelitian/PKL/Magang dari online/daring menuju offline/tatap muka.**
 Wajib melaksanakan PCR – Swab Test pada H-1 Pelaksanaan Penelitian/PKL/Magang offline.
2. Bersedia menyediakan dan memakai APD (Alat Pelindung Diri) yang terdiri Masker, Wearpack dan Safety Shoes.
3. Bersedia memberikan Surat Keterangan Permintaan Data terkait topik Penelitian dari Universitas.



4. Bersedia mematuhi jam kerja di PLTU Jeranjang OMU yaitu Pukul 07.30-16.30 WITA
5. Bersedia mematuhi seluruh ketentuan yang berlaku di Perusahaan.
6. Membawa Pas Foto Warna Ukuran 3 x 4 sebanyak 3 lembar.
7. Membawa Surat Balasan Permohonan PKL/Magang/Penelitian dari perusahaan.
8. Kooordinasi, Interaksi dan Permintaan data antara Mahasiswa dan User hanya diperbolehkan di luar ruangan kerja User.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih.

MANAJER UNIT

MELKY VICTOR BORSALINO
OPERATION & MAINTENANCE SERVICES UNIT
INDONESIA POWER
PLTU JERANJANG

Drawing P&ID Turbo Generating Unit Body System

MAA, MKA

The diagram illustrates the P&ID of the Turbo Generating Unit Body System. It features a central 'Turbine' block connected to a 'Generator' block. The turbine is supported by a 'Front bearing bracket' (前支承) and a 'Back bearing bracket' (后支承). Various piping and instrumentation points are shown, including flow lines with valves and control points. The drawing includes detailed annotations for each component and connection point.

说明:

1. 本图符号???, 2号制符号???
2. 2号制MKS???, *10xxxx, 2号 *20xxxx

Notes:

1. This drawing is the turbo-generating unit body system of machine group No.1, the machine group No.2 is same with the machine group No.1.
2. The MKS code will be changed from 10xxxx to 20xxxx for the machine group No.2.

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

DATE:	DRAWN:	CHECK:	DATE:	DRAWN:	CHECK:

LAMPIRAN C

Rentang *Membership Function*

Rentang *membership function* untuk input SCR (Fuzzy ACR)

$$a. \quad \text{SCR 1 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{2-x}{2-1} \rightarrow 1 < x < 2 \\ 0 \rightarrow x \leq 1 \text{ atau } x \geq 2 \end{array} \right\}$$

$$b. \quad \text{SCR 2 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-1}{2-1} \rightarrow 1 < x < 2 \\ \frac{3-x}{3-2} \rightarrow 3 < x < 2 \\ 0 \rightarrow x \leq 1 \text{ atau } x \geq 3 \end{array} \right\}$$

$$c. \quad \text{SCR 3 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-2}{3-2} \rightarrow 2 < x < 3 \\ \frac{4-x}{4-3} \rightarrow 3 < x < 4 \\ 0 \rightarrow x \leq 2 \text{ atau } x \geq 4 \end{array} \right\}$$

$$d. \quad \text{SCR 4 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-3}{4-3} \rightarrow 3 < x < 4 \\ \frac{5-x}{5-4} \rightarrow 5 < x < 4 \\ 0 \rightarrow x \leq 3 \text{ atau } x \geq 5 \end{array} \right\}$$

$$e. \quad \text{SCR 5 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-4}{5-4} \rightarrow 4 < x < 5 \\ \frac{6-x}{6-5} \rightarrow 5 < x < 6 \\ 0 \rightarrow x \leq 4 \text{ atau } x \geq 6 \end{array} \right\}$$

$$f. \quad \text{SCR 6 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-5}{6-5} \rightarrow 5 < x < 6 \\ \frac{7-x}{7-6} \rightarrow 6 < x < 7 \\ 0 \rightarrow x \leq 5 \text{ atau } x \geq 7 \end{array} \right\}$$

$$g. \quad \text{SCR 7 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-6}{7-6} \rightarrow 6 < x < 7 \\ \frac{8-x}{8-7} \rightarrow 7 < x < 8 \\ 0 \rightarrow x \leq 6 \text{ atau } x \geq 8 \end{array} \right\}$$

$$\text{h. SCR 8 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-7}{8-7} \rightarrow 7 < x < 8 \\ \frac{9-x}{9-8} \rightarrow 8 < x < 9 \\ 0 \rightarrow x \leq 7 \text{ atau } x \geq 9 \end{array} \right\}$$

$$\text{i. SCR 9 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-8}{9-8} \rightarrow 8 < x < 9 \\ \frac{10-x}{10-9} \rightarrow 9 < x < 10 \\ 0 \rightarrow x \leq 8 \text{ atau } x \geq 10 \end{array} \right\}$$

$$\text{j. SCR 10 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-9}{10-9} \rightarrow 9 < x < 10 \\ 0 \rightarrow x \leq 9 \text{ atau } x \geq 10 \end{array} \right\}$$

Rentang membership function untuk input ECR (Fuzzy ACR)

$$\text{a. ECR 1 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{2-x}{2-1} \rightarrow 1 < x < 2 \\ 0 \rightarrow x \leq 1 \text{ atau } x \geq 2 \end{array} \right\}$$

$$\text{b. ECR 2 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-1}{2-1} \rightarrow 1 < x < 2 \\ \frac{3-x}{3-2} \rightarrow 3 < x < 2 \\ 0 \rightarrow x \leq 1 \text{ atau } x \geq 3 \end{array} \right\}$$

$$\text{c. ECR 3 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-2}{3-2} \rightarrow 2 < x < 3 \\ \frac{4-x}{4-3} \rightarrow 3 < x < 4 \\ 0 \rightarrow x \leq 2 \text{ atau } x \geq 4 \end{array} \right\}$$

$$\text{d. ECR 4 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-3}{4-3} \rightarrow 3 < x < 4 \\ \frac{5-x}{5-4} \rightarrow 5 < x < 4 \\ 0 \rightarrow x \leq 3 \text{ atau } x \geq 5 \end{array} \right\}$$

$$\text{e. ECR 5 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-4}{5-4} \rightarrow 4 < x < 5 \\ \frac{6-x}{6-5} \rightarrow 5 < x < 6 \\ 0 \rightarrow x \leq 4 \text{ atau } x \geq 6 \end{array} \right\}$$

$$f. \quad \text{ECR 6 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-5}{6-5} \rightarrow 5 < x < 6 \\ \frac{7-x}{7-6} \rightarrow 6 < x < 7 \\ 0 \rightarrow x \leq 5 \text{ atau } x \geq 7 \end{array} \right\}$$

$$g. \quad \text{ECR 7 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-6}{7-6} \rightarrow 6 < x < 7 \\ \frac{8-x}{8-7} \rightarrow 7 < x < 8 \\ 0 \rightarrow x \leq 6 \text{ atau } x \geq 8 \end{array} \right\}$$

$$h. \quad \text{ECR 8 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-7}{8-7} \rightarrow 7 < x < 8 \\ \frac{9-x}{9-8} \rightarrow 8 < x < 9 \\ 0 \rightarrow x \leq 7 \text{ atau } x \geq 9 \end{array} \right\}$$

$$i. \quad \text{ECR 9 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-8}{9-8} \rightarrow 8 < x < 9 \\ \frac{10-x}{10-9} \rightarrow 9 < x < 10 \\ 0 \rightarrow x \leq 8 \text{ atau } x \geq 10 \end{array} \right\}$$

$$j. \quad \text{ECR 10 (x)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{x-9}{10-9} \rightarrow 9 < x < 10 \\ 0 \rightarrow x \leq 9 \text{ atau } x \geq 10 \end{array} \right\}$$

Rentang *membership function* untuk output ACR (Fuzzy ACR) dan input ACR (Fuzzy MPI)

$$k. \quad \text{Very Low Risk (x)} = \left\{ \begin{array}{l} 1 \rightarrow 0 < x < 4 \\ \frac{8-x}{8-4} \rightarrow 4 \leq x < 8 \\ 0 \rightarrow x \geq 8 \end{array} \right\}$$

$$l. \quad \text{Low Risk (x)} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow x \leq 6 \text{ atau } x \geq 20 \\ \frac{x-6}{13-6} \rightarrow 6 < x < 13 \\ \frac{20-x}{20-13} \rightarrow 13 < x < 20 \end{array} \right\}$$

$$m. \quad \text{Medium Risk (x)} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow x \leq 8 \text{ atau } x \geq 36 \\ \frac{x-22}{22-8} \rightarrow 8 < x < 22 \\ \frac{36-x}{36-22} \rightarrow 22 < x < 36 \end{array} \right\}$$

$$n. \quad \text{High Risk (x)} = \begin{cases} 0 \rightarrow x \leq 10 \text{ atau } x \geq 56 \\ \frac{x-33}{33-10} \rightarrow 10 < x < 33 \\ \frac{56-x}{56-33} \rightarrow 33 < x < 56 \end{cases}$$

$$o. \quad \text{Very High Risk (x)} = \begin{cases} 0 \rightarrow x \leq 40 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{x-70}{70-40} \rightarrow 40 < x < 70 \\ \frac{100-x}{100-70} \rightarrow 70 < x < 100 \end{cases}$$

Rentang membership function untuk input RMS (Fuzzy MPI)

$$p. \quad \text{Low (x)} = \{e^{-0.45(1-x)^2}\}$$

$$q. \quad \text{Medium (x)} = \{e^{-0.3185(2-x)^2}\}$$

$$r. \quad \text{High (x)} = \{e^{-0.45(3-x)^2}\}$$

Rentang membership function untuk output MPI (Fuzzy MPI)

$$a. \quad \text{High Priority (x)} = \{e^{-30(0-x)^2}\}$$

$$b. \quad \text{Medium Priority (x)} = \{e^{-30(120-x)^2}\}$$

$$c. \quad \text{Low Priority (x)} = \{e^{-40(300-x)^2}\}$$

LAMPIRAN D

Rules untuk Arsitektur Fuzzy ACR

1. If (SCR is Never) and (ECR is Never) then (ACR is Low_Risk) (1)
2. If (SCR is Never) and (ECR is VR) then (ACR is Low_Risk) (1)
3. If (SCR is Never) and (ECR is Rare) then (ACR is Low_Risk) (1)
4. If (SCR is Never) and (ECR is Infrequent) then (ACR is Low_Risk) (1)
5. If (SCR is Never) and (ECR is Occasional) then (ACR is Low_Risk) (1)
6. If (SCR is Never) and (ECR is CL) then (ACR is Minor_Risk) (1)
7. If (SCR is Never) and (ECR is SF) then (ACR is Minor_Risk) (1)
8. If (SCR is Never) and (ECR is Frequent) then (ACR is Managable_Risk) (1)
9. If (SCR is Never) and (ECR is VF) then (ACR is Managable_Risk) (1)
10. If (SCR is Never) and (ECR is CC) then (ACR is High_Risk) (1)
11. If (SCR is VR) and (ECR is Never) then (ACR is Low_Risk) (1)
12. If (SCR is VR) and (ECR is VR) then (ACR is Low_Risk) (1)
13. If (SCR is VR) and (ECR is Rare) then (ACR is Low_Risk) (1)
14. If (SCR is VR) and (ECR is Infrequent) then (ACR is Minor_Risk) (1)
15. If (SCR is VR) and (ECR is Occasional) then (ACR is Minor_Risk) (1)
16. If (SCR is VR) and (ECR is CL) then (ACR is Minor_Risk) (1)
17. If (SCR is VR) and (ECR is SF) then (ACR is Minor_Risk) (1)
18. If (SCR is VR) and (ECR is Frequent) then (ACR is Managable_Risk) (1)
19. If (SCR is VR) and (ECR is VF) then (ACR is Managable_Risk) (1)
20. If (SCR is VR) and (ECR is CC) then (ACR is High_Risk) (1)
21. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_1) then (ACR is Very_Low_Risk) (1)
22. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_2) then (ACR is Very_Low_Risk) (1)
23. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_3) then (ACR is Low_Risk) (1)
24. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_4) then (ACR is Low_Risk) (1)
25. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_5) then (ACR is Low_Risk) (1)
26. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_6) then (ACR is Low_Risk) (1)

27. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_7) then (ACR is Medium_Risk) (1)
28. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_8) then (ACR is Medium_Risk) (1)
29. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_9) then (ACR is High_Risk) (1)
30. If (SCR is SCR_3) and (ECR is ECR_10) then (ACR is High_Risk) (1)
31. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_1) then (ACR is Very_Low_Risk)
(1)
32. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_3) then (ACR is Very_Low_Risk)
(1)
33. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_4) then (ACR is Low_Risk) (1)
34. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_5) then (ACR is Low_Risk) (1)
35. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_6) then (ACR is Low_Risk) (1)
36. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_7) then (ACR is Medium_Risk) (1)
37. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_8) then (ACR is Medium_Risk) (1)
38. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_2) then (ACR is Very_Low_Risk)
(1)
39. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_9) then (ACR is High_Risk) (1)
40. If (SCR is SCR_4) and (ECR is ECR_10) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
41. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_1) then (ACR is Very_Low_Risk)
(1)
42. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_2) then (ACR is Low_Risk) (1)
43. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_3) then (ACR is Low_Risk) (1)
44. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_4) then (ACR is Low_Risk) (1)
45. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_5) then (ACR is Medium_Risk) (1)
46. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_6) then (ACR is Medium_Risk) (1)
47. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_7) then (ACR is Medium_Risk) (1)
48. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_8) then (ACR is High_Risk) (1)
49. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_9) then (ACR is High_Risk) (1)
50. If (SCR is SCR_5) and (ECR is ECR_10) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
51. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_1) then (ACR is Low_Risk) (1)
52. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_2) then (ACR is Low_Risk) (1)

53. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_3) then (ACR is Low_Risk) (1)
54. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_4) then (ACR is Medium_Risk) (1)
55. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_5) then (ACR is Medium_Risk) (1)
56. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_6) then (ACR is Medium_Risk) (1)
57. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_7) then (ACR is High_Risk) (1)
58. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_8) then (ACR is High_Risk) (1)
59. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_9) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
60. If (SCR is SCR_6) and (ECR is ECR_10) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
61. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_1) then (ACR is Low_Risk) (1)
62. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_2) then (ACR is Low_Risk) (1)
63. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_3) then (ACR is Medium_Risk) (1)
64. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_4) then (ACR is Medium_Risk) (1)
65. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_5) then (ACR is Medium_Risk) (1)
66. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_6) then (ACR is High_Risk) (1)
67. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_7) then (ACR is High_Risk) (1)
68. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_8) then (ACR is High_Risk) (1)
69. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_9) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
70. If (SCR is SCR_7) and (ECR is ECR_10) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
71. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_1) then (ACR is Low_Risk) (1)
72. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_2) then (ACR is Low_Risk) (1)
73. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_3) then (ACR is Medium_Risk) (1)
74. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_4) then (ACR is Medium_Risk) (1)
75. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_5) then (ACR is High_Risk) (1)
76. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_6) then (ACR is High_Risk) (1)
77. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_7) then (ACR is High_Risk) (1)
78. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_8) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)

79. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_9) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
80. If (SCR is SCR_8) and (ECR is ECR_10) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
81. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_1) then (ACR is Low_Risk) (1)
82. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_2) then (ACR is Medium_Risk) (1)
83. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_3) then (ACR is Medium_Risk) (1)
84. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_4) then (ACR is High_Risk) (1)
85. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_5) then (ACR is High_Risk) (1)
86. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_6) then (ACR is High_Risk) (1)
87. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_7) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
88. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_8) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
89. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_9) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
90. If (SCR is SCR_9) and (ECR is ECR_10) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
91. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_1) then (ACR is Medium_Risk) (1)
92. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_2) then (ACR is Medium_Risk) (1)
93. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_3) then (ACR is High_Risk) (1)
94. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_4) then (ACR is High_Risk) (1)
95. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_5) then (ACR is High_Risk) (1)
96. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_6) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
97. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_7) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
98. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_8) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)
99. If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_9) then (ACR is Very_High_Risk)
(1)

100.If (SCR is SCR_10) and (ECR is ECR_10) then (ACR is Very_High_Risk) (1)

Rules untuk Arsitektur Fuzzy MPI

1. If (ACR is Very_Low_Risk) and (RMS is Low) then (MPI is High_Priority) (1)
2. If (ACR is Very_Low_Risk) and (RMS is Medium) then (MPI is High_Priority) (1)
3. If (ACR is Very_Low_Risk) and (RMS is High) then (MPI is High_Priority) (1)
4. If (ACR is Low_Risk) and (RMS is Low) then (MPI is High_Priority) (1)
5. If (ACR is Low_Risk) and (RMS is Medium) then (MPI is High_Priority) (1)
6. If (ACR is Low_Risk) and (RMS is High) then (MPI is High_Priority) (1)
7. If (ACR is Medium_Risk) and (RMS is Low) then (MPI is High_Priority) (1)
8. If (ACR is Medium_Risk) and (RMS is Medium) then (MPI is High_Priority) (1)
9. If (ACR is Medium_Risk) and (RMS is High) then (MPI is High_Priority) (1)
10. If (ACR is High_Risk) and (RMS is Low) then (MPI is High_Priority) (1)
11. If (ACR is High_Risk) and (RMS is Medium) then (MPI is Medium_Priority) (1)
12. If (ACR is High_Risk) and (RMS is High) then (MPI is Medium_Priority) (1)
13. If (ACR is Very_High_Risk) and (RMS is Medium) then (MPI is Medium_Priority) (1)
14. If (ACR is Very_High_Risk) and (RMS is Low) then (MPI is Medium_Priority) (1)
15. If (ACR is Very_High_Risk) and (RMS is High) then (MPI is Low_Priority) (1)

LAMPIRAN E**Peralatan instrument komponen turbin uap-generator unit 1**

Tabel daftar peralatan instrumen komponen turbin uap-generator unit 1

KKS Number	Aplikasi	Nama	Jumlah	Lokasi Instalasi
10MAA10 CS104	<i>Turbonator Rotating Speed</i>	<i>Turbonator Rotating Speed / Impact Sub- monitoring</i>	<i>2 pieces</i>	<i>Local pressure gauge plate</i>
10MAA10 CZ201~202	<i>Impact Sub- action Instruction</i>	<i>Proximity Switch</i>	<i>4 pieces</i>	<i>Front bearing housing</i>
10MAA10 CS001~007	<i>Turbonator Rotating Speed</i>	<i>Rotating Speed</i>	<i>14 pieces</i>	<i>Front bearing housing</i>
10MAA10 CZ001~002	<i>Turbonator Axial Displacement</i>	<i>Electric Eddy Current Sensor</i>	<i>4 sets</i>	<i>Front bearing housing</i>
10MAA10 CY001	<i>Turbonator Front Axle Bearing Vibration</i>	<i>Vibration Speed Sensor</i>	<i>2 pieces</i>	<i>Turbonator Front Axle Bearing</i>
10MAA10 CP001	Steam turbine #1 control valve rear steam pressure	Pressure Transmitter	<i>2 units</i>	On the Spot
10MAA10 CP002	Steam turbine #2 control valve rear steam pressure	Pressure Transmitter	<i>2 units</i>	On the Spot
10MAA10 CP003	Steam turbine #3 control valve rear steam pressure	Pressure Transmitter	<i>2 units</i>	On the Spot
10MAA10 CP004	Steam turbine #4 control valve rear steam pressure	Pressure Transmitter	<i>2 units</i>	On the Spot
10MAA10 CP005	Steam turbine regulating stage rear steam pressure	Pressure Transmitter	<i>2 units</i>	On the Spot

Tabel daftar peralatan instrumen komponen turbin uap-generator unit 1 (lanjutan)

KKS Number	Aplikasi	Nama	Jumlah	Lokasi Instalasi
10MAA10 CP501	Steam turbine #1 control valve rear steam pressure	Pressure Gauge	<i>2 pieces</i>	Local pressure gauge plate
10MAA10 CP502	Steam turbine #2 control valve rear steam pressure	Pressure Gauge	<i>2 pieces</i>	Local pressure gauge plate
10MAA10 CP503	Steam turbine #3 control valve rear steam pressure	Pressure Gauge	<i>2 pieces</i>	Local pressure gage plate
10MAA10 CP504	Steam turbine #4 control valve rear steam pressure	Pressure Gauge	<i>2 pieces</i>	Local pressure gage plate
10MAA10 CT801	Steam turbine rear steam cylinder exhaust temperature	Resistance Temperature detector	<i>2 pieces</i>	Rear steam cylinder
10MAA10 CT001	Regulating stage rear steam temperature	Shrinkage fit thermocouple	<i>2 pieces</i>	Lower half of steam cylinder forepart
10MAA10 CT002~003	Metal temperature of upper half of steam cylinder	Sheathed Thermocouple	<i>4 pieces</i>	Lower half of steam cylinder forepart
10MAA10 CT004~005	Metal temperature of lower half of steam cylinder	Sheathed Thermocouple	<i>4 pieces</i>	Upper half of steam cylinder forepart
10MAA10 CT006~007	Stud temperature of steam cylinder forepart	Sheathed Thermocouple	<i>4 pieces</i>	Upper half of steam cylinder forepart

Tabel daftar peralatan instrumen komponen turbin uap-generator unit 1 (lanjutan)

KKS Number	Aplikasi	Nama	Jumlah	Lokasi Instalasi
10MAA10 CT008~011	Flange metal temperature of steam cylinder forepart	Sheathed Thermocouple	8 <i>pieces</i>	Front steam cylinder
10MAA10 CY001	Turbonator Front Axle Bearing Vibration	Vibration Speed Sensor	2 <i>pieces</i>	Turbonator Front Axle Bearing
10MAA10 CY002	Turbonator Back Axle Bearing Vibration	Vibration Speed Sensor	2 <i>pieces</i>	Turbonator Back Axle Bearing
10MKA10 CY001	Generator Front Axle Bearing Vibration	Vibration Speed Sensor	2 <i>pieces</i>	Turbonator Back Axle Bearing
10MKA10 CY002	Generator Back Axle Bearing Vibration	Vibration Speed Sensor	2 <i>pieces</i>	Generator Back Axle Bearing
10MAA10 DY001~002	Turbonator Thermal Expansion	Linear Differential Displacement Sensor	4 <i>pieces</i>	Front bearing housing
10MAA10 DY003	Turbonator Differential Expansion	Electric Eddy Current Sensor	2 <i>sets</i>	Front bearing housing
10MAA10 CT351~362	Thrust bearing-plate temperature	Resistance Temperature detector	24 <i>pieces</i>	Front bearing housing
10MAA10 CT363	Steam turbine front bearing-plate temperature	Resistance Temperature detector	2 <i>pieces</i>	Steam turbine front bearing
10MAA10 CT364	Steam turbine rear bearing-plate temperature	Resistance Temperature detector	2 <i>pieces</i>	Steam turbine rear bearing

Tabel daftar peralatan instrumen komponen turbin uap-generator unit 1 (lanjutan)

KKS Number	Aplikasi	Nama	Jumlah	Lokasi Instalasi
10MAA10 CT365	Steam turbine rear steam cylinder exhaust temperature	Resistance Temperature detector	2 <i>pieces</i>	Rear steam cylinder
10MKA10 CT361~366	Generator stator winding temperature	Resistance Temperature detector	12 <i>pieces</i>	Generator stator winding
10MKA10 CT367~372	Generator stator core temperature	Resistance Temperature detector	12 <i>pieces</i>	Generator stator core
10MKA10 CT381~382	Generator air-inletting temperature	Resistance Temperature detector	4 <i>pieces</i>	Generator air-inletting end
10MKA10 CT383~384	Generator outlet temperature	Resistance Temperature detector	4 <i>pieces</i>	Generator outlet end

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Tugas Akhir ini adalah Allif Firdausi. Penulis lahir di Sidoarjo pada tanggal 12 Maret 2000. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan formal yang sudah ditempuh oleh penulis, yaitu SD Negeri Jember Lor 3 (2006 - 2012), SMP Negeri 2 Jember (2012 - 2015); SMA Negeri 1 Jember (2015 – 2018). Selanjutnya penulis meneruskan ke jenjang perguruan tinggi di Kota Surabaya. Penulis mengikuti Ujian Seleksi Masuk melalui jalur SBMPTN dan diterima sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2018 dengan NRP 02311840000055. Dalam kegiatan non-akademik, penulis berperan aktif dalam organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa ITS (BEM ITS) menjabat sebagai Staff Kementerian Advokasi Kesejahteraan Mahasiswa (Adkesma) periode tahun 2020 - 2021 dan sebagai Wakil Menteri Kementerian Advokasi Kesejahteraan Mahasiswa pada periode tahun 2021 - 2022. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti beberapa kepanitiaan yang diadakan oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Penulis memiliki ketertarikan pada bidang instrumentasi, kontrol dan manajemen resiko oleh karenanya penulis tergugah untuk menuangkannya dalam Tugas Akhir ini.