

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN Indonesia Power merupakan salah satu Sub Holding PT PLN (Persero) dengan bisnis utama perusahaan yang fokus sebagai penyedia tenaga listrik melalui pembangkitan tenaga listrik dan sebagai penyedia jasa operasi dan pemeliharaan pembangkit listrik yang mengoperasikan pembangkit yang tersebar di Indonesia. PT PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Mrica (PT PLN Indonesia Power UBP Mrica) merupakan salah satu unit bisnis yang mengelola pembangkit listrik tenaga air yang dimiliki oleh PT PLN Indonesia Power. PT PLN Indonesia Power UBP Mrica memiliki 34 unit mesin pembangkit PLTA/PLTM yang tersebar di area Jawa Tengah dengan total kapasitas terpasang sebesar 333.78 MW dan total kapasitas maksimum operasi sebesar 324,22 MW. PLTA UBP MRICA memiliki pembangkit yang tersambung ke *system Grid* 150kV, *Grid* 30kV & *Embedded* 20kV. Reservoir yang digunakan adalah tipe waduk dan tipe *run of river* yang menggunakan kolam tando harian (KTH).

Dalam upaya menjaga ketersediaan pasokan energi listrik yang andal PT PLN Indonesia Power menerapkan salah satu kegiatan *preventif maintenance* berupa pemeliharaan overhaul (*inspection*). Pemeliharaan overhaul merupakan pemeliharaan preventif yang terjadwal pada suatu pembangkit listrik untuk meningkatkan kinerja unit pembangkit listrik. Tipe-tipe overhaul pada setiap pembangkit Listrik berbeda-beda, baik itu overhaul pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dan lain sebagainya. Terdapat tiga jenis overhaul pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yaitu pemeliharaan minor overhaul atau biasa disebut *annual inspection (AI)*, pemeliharaan medium overhaul atau biasa disebut *general inspection (GI)*, dan pemeliharaan major overhaul atau biasa disebut *major inspection (MI)*. Perbedaan mendasar pada masing-masing jenis overhaul diatas yaitu terletak pada Scope (*inspection task*) dan Durasi (waktu penyelesaian) dengan tujuan kualitas pekerjaan yang berbeda.

Berdasarkan ketentuan PT PLN Indonesia Power pada SK 098.K/010/IP/2021 Tentang Interval dan Durasi Pelaksanaan Overhaul (*Inspection*) Mesin Pembangkit

Direktorat Operasional I, salah satunya mengatur Interval Overhaul Pembangkit Listrik Tenaga Air. Unit PLTA dengan kapasitas terpasang lebih dari 50MW siklus overhaul major (major inspection) yaitu 50.000 jam s.d. 60.000 jam operasi. Sedangkan untuk unit PLTA dengan kapasitas terpasang kurang dari 50MW siklus overhaul major (major inspection) yaitu 40.000 jam s.d. 45.000 jam operasi.

Tabel 1. Operasi PLTA PT PLN Indonesia Power UBP Mrica

UNIT PEMBANGKIT	JUMLAH UNIT	TOTAL DTP (MW)	TOTAL DMN (MW)	POLA OPERASI	KETERANGAN
PLTA PB SOEDIRMAN 1,2,3	3	180.90	179.40	Peak Load	Mengikuti Pengaturan Beban oleh PLN UP2B
PLTA GARUNG 1,2	2	26.40	26.36	Peak Load	Mengikuti Pengaturan Beban oleh PLN UP2B
PLTA WADASLINTANG 1,2	2	18.00	17.96	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA PEJENGKOLAN 1	1	1.40	1.38	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA SEMPOR 1	1	1.00	0.98	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA TAPEN 1	1	0.75	0.73	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA SITEKI	1	1.20	1.18	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA PLUMBUNGAN	1	1.60	1.58	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA KEDUNGOMBO 1	1	22.50	22.33	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA SIDOREJO 1	1	1.40	1.38	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA KLAMBU 1	1	1.17	1.15	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA WONOGIRI 1,2	2	12.40	12.36	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh PJT
PLTA TULIS 1,2	2	12.40	12.00	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer
PLTA KETENGER 1,2,3,4	4	8.54	8.46	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer
PLTA JELOK 1,2,3,4	4	20.48	20.40	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer
PLTA TIMO 1,2,3	3	12.00	11.94	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer
PLTA GUNUNGWUGUL 1,2	2	3.32	3.10	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer
PLTA LAMBUR 1,2	2	8.32	7.80	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer
TOTAL		333.78	330.49		

Pola operasi untuk seluruh 34 unit mesin pembangkit PT PLN IP UBP Mrica, ada yang beroperasi menggunakan pola operasi *baseload* (beroperasi 24-jam terus menerus), pola operasi *peakload* (beroperasi sesuai kebutuhan jaringan sistem transmisi), dan terdapat juga pola operasi *intermediate load* (berdasarkan kesetersediaan energi primer). Perbedaan pola operasi memberikan dampak yang berbeda-beda pula pada jumlah jam operasi (*running hours*) suatu mesin pembangkit PLTA dalam satu tahun. Sehingga jika major overhaul (major inspection) dilaksanakan berdasarkan running hour, maka interval overhaul pada suatu unit pembangkit berbeda dengan unit pembangkit lainnya. Data tabel 2 terlihat jelas bahwa adanya perbedaan interval setiap mesin pembangkit berdasarkan jumlah jam operasi (*running hours*). Unit mesin pembangkit dengan pola operasi *base load* rata-rata interval major overhaul sekitar 6 s.d. 7 tahun. Untuk unit mesin pembangkit dengan pola operasi *intermediate load* rata-rata interval major overhaul sekitar 9 s.d. 10 tahun. Sedangkan untuk unit mesin pembangkit dengan pola operasi *peak load* rata-rata interval major overhaul sekitar 15 tahun bahkan ada yang mencapai 29 tahun.

Tabel 2. Rata-Rata Interval Overhaul Major (MI) PLTA PLN IP UBP Mrica

UNIT PEMBANGKIT	KAPASITAS				JAM OPERASI (RUNNING HOUR)	ESTIMASI INTERVAL OVERHAUL (MI)	
	TOTAL DTP (MW)	TOTAL DMN (MW)	POLA OPERASI	KETERANGAN	AVERAGE (Jam)	INTERVAL RATA-RATA	INTERVAL PEMBULATAN
PLTA PB SOEDIRMAN 1,2,3	180.90	179.40	Peak Load	Mengikuti Pengaturan Beban oleh PLN UP2B	3,305	15.1	16 Tahun
PLTA GARUNG 1,2	26.40	26.36	Peak Load	Mengikuti Pengaturan Beban oleh PLN UP2B	1,381	29.0	29 Tahun
PLTA WADASLINTANG 1,2	18.00	17.96	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	6,850	5.8	6 Tahun
PLTA PEJENGKOLAN 1	1.40	1.38	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	4,909	8.1	9 Tahun
PLTA SEMPOR 1	1.00	0.98	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	4,227	9.5	10 Tahun
PLTA TAPEN 1	0.75	0.73	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	6,621	6.0	6 Tahun
PLTA SITEKI	1.20	1.18	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	6,081	6.6	7 Tahun
PLTA PLUMBUNGAN	1.60	1.58	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	5,903	6.8	7 Tahun
PLTA KEDUNGOMBO 1	22.50	22.33	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	3,355	11.9	12 Tahun
PLTA SIDOREJO 1	1.40	1.38	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	4,117	9.7	10 Tahun
PLTA KLAMBU 1	1.17	1.15	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	2,076	19.3	20 Tahun
PLTA WONOGIRI 1,2	12.40	12.36	Intermediate Load	Mengikuti Pengaturan Energi Primer oleh Dinas PU	4,441	9.0	9 Tahun
PLTA TULIS 1,2	12.40	12.00	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer	3,927	10.2	11 Tahun
PLTA KETENGER 1,2,3,4	8.54	8.46	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer	7,574	5.3	6 Tahun
PLTA JELOK 1,2,3,4	20.48	20.40	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer	6,540	6.1	7 Tahun
PLTA TIMO 1,2,3	12.00	11.94	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer	6,856	5.8	6 Tahun
PLTA GUNUNGWUGUL 1,2	3.32	3.10	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer	5,774	6.9	7 Tahun
PLTA LAMBUR 1,2	8.32	7.80	Base Load	Mengikuti Ketersediaan Energi Primer			
TOTAL	333.78	330.49					

Perbedaan jumlah jam operasi antara unit mesin Pembangkit Listrik Tenaga Air di atas dan juga perbedaan ketentuan interval major overhaul (*major inspection*) memberikan dampak pola pemeliharaan yang berbeda-beda. Sehingga diperlukan analisis lebih lanjut dalam menentukan interval major overhaul pembangkit listrik tenaga air yang optimal. Interval major overhaul yang tidak tepat dapat menyebabkan permasalahan seperti downtime tidak direncanakan, penurunan efisiensi, peningkatan biaya pemeliharaan, serta potensi kegagalan yang lebih besar. Reliability Block Diagram (RBD) adalah salah satu metode yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis keandalan sistem secara keseluruhan berdasarkan hubungan antara komponen asset.

Penelitian sebelumnya pada sektor pembangkit listrik, Abbas et al. (2020) menerapkan reliability block diagram untuk mengevaluasi keandalan sistem boiler pada pembangkit berbasis bahan bakar fosil berhasil menunjukkan bahwa pemeliharaan berbasis keandalan secara signifikan meningkatkan *equivalent availability factor* (EAF). Penelitian lain oleh Wang et al. (2017) dan Zhang et al. (2019) pada sistem pembangkit tenaga air menunjukkan bahwa analisis struktur sistem dan identifikasi komponen kritis melalui RBD dan analisis kegagalan memberikan dasar kuantitatif yang lebih akurat dalam penentuan strategi pemeliharaan. Sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada aspek keandalan teknis dan peningkatan *availability*, tanpa mengintegrasikan analisis ekonomi jangka panjang secara komprehensif. Di sisi lain, beberapa studi di bidang asset management menunjukkan bahwa keputusan pemeliharaan

yang optimal seharusnya tidak hanya mempertimbangkan aspek reliability, tetapi juga dampaknya terhadap biaya siklus hidup asset (*life cycle cost*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan strategi penentuan interval major overhaul pada PLTA menggunakan integrasi metode *Reliability – R(t)* dengan *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA) dengan harapan mampu memberikan dampak pada peningkatan *equivalent availability factor* (EAF), peningkatan produksi listrik, serta optimalisasi biaya pemeliharaan sehingga mendukung efisiensi operasional secara keseluruhan dan mengembangkan praktik pemeliharaan yang lebih efektif di industri ketenagalistrikan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola interval major overhaul (*major inspection*) saat ini pada PLTA Wadaslintang berdasarkan jumlah jam operasi (*running hour*)?
2. Bagaimana memodelkan keandalan sistem pembangkit pada PLTA Wadaslintang menggunakan *Reliability Function* dan *Reliability Block Diagram* berdasarkan data historis gangguan dan pemeliharaan?
3. Bagaimana karakteristik pola kegagalan (*failure behavior*) pada Asset Overhaul PLTA Wadaslintang berdasarkan analisis *distribusi Weibull*?
4. Bagaimana penentuan interval major overhaul yang optimal dengan mengintegrasikan hasil *Reliability Analysis* dan *Life Cycle Cost Analysis* pada PLTA Wadaslintang?
5. Seberapa besar pengaruh penerapan interval major overhaul hasil penelitian terhadap ketersediaan pembangkit (*Equivalent Availability Factor*) dan aspek ekonomi (*Life Cycle Cost*) pada PLTA Wadaslintang?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pola interval major overhaul (*major inspection*) saat ini pada PLTA Wadaslintang berdasarkan jumlah jam operasi (*running hour*)
2. Memodelkan keandalan sistem pembangkit pada PLTA Wadaslintang menggunakan *Reliability Function* dan *Reliability Block Diagram* berdasarkan data historis gangguan dan pemeliharaan

3. Mengidentifikasi karakteristik pola kegagalan (*failure behavior*) pada Asset Overhaul PLTA Wadaslintang berdasarkan analisis *distribusi Weibull*
4. Menentukan interval major overhaul yang optimal dengan mengintegrasikan hasil *Reliability Analysis* dan *Life Cycle Cost Analysis* pada PLTA Wadaslintang
5. Mengukur dampak implementasi interval major overhaul hasil penelitian terhadap ketersediaan pembangkit (*Equivalent Availability Factor*) dan aspek ekonomi (*Life Cycle Cost*) pada PLTA Wadaslintang

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan berhasil dengan baik dan dapat mencapai tujuan penelitian secara optimal, mampu menghasilkan laporan yang sistematis dan bermanfaat secara umum, yaitu:

1. Menjadi salah satu referensi bagi perusahaan dengan jenis pembangkit dan tipe overhaul terkait.
2. Mengurangi risiko downtime yang tidak terencana akibat jadwal overhaul yang kurang optimal.
3. Memberikan solusi strategis bagi PT PLN Indonesia Power atau Perusahaan Pembangkit lainnya dalam menentukan jadwal overhaul PLTA yang lebih efisien dan berbasis data.
4. Mendukung pengelolaan operasi dan pemeliharaan pembangkit PLTA yang lebih ekonomis dan berkelanjutan.

1.5. Ruang Lingkup Masalah

Untuk membatasi permasalahan agar penelitian lebih terarah dan fokus, maka ruang lingkup penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Objek pada penelitian ini dilakukan pada PLTA Wadaslintang PT PLN Indonesia Power UBP Mrica, dengan fokus pada asset-asset utama yang terlibat dalam lingkup kegiatan *major overhaul*.
2. Analisis mencakup evaluasi interval *major overhaul* eksisting berbasis jam operasi (*running hour*), pemodelan keandalan sistem menggunakan *Reliability Function* dan *Reliability Block Diagram* (RBD), serta identifikasi Asset Pembangkit Overhaul.

3. Karakteristik kegagalan asset dan komponen dianalisis menggunakan *distribusi Weibull* dua parameter β (*shape parameter*) dan η (*scale parameter*), serta analisis *Estimated Time to Failure (ETTF)*.
4. Penentuan interval *major overhaul* optimal dilakukan melalui integrasi analisis keandalan sistem (*Reliability – R(t)*) dan *Life Cycle Cost Analysis (LCCA)*.
5. Evaluasi dampak penerapan interval *major overhaul* optimal dibatasi pada ketersediaan pembangkit *Equivalent Availability Factor (EAF)*, Peningkatan Produksi dan aspek ekonomi berbasis *Life Cycle Cost*.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini disusun dalam lima bab yang dirancang secara sistematis untuk mempermudah proses pengumpulan, pengolahan, analisis, serta penyajian data penelitian secara komprehensif dan terstruktur. Bab I Pendahuluan, memuat uraian umum penelitian yang mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori, menyajikan kajian literatur dan landasan teori yang relevan sebagai dasar konseptual serta pembentukan hipotesis awal penelitian. Bab III Metodologi Penelitian, menjelaskan rancangan penelitian yang meliputi lokasi dan waktu penelitian, prosedur pelaksanaan, metode analisis data, serta diagram alir penelitian. Bab IV Hasil dan Pembahasan, menguraikan hasil pengolahan dan analisis data yang diperoleh untuk menjawab rumusan masalah serta mengkaji implikasi teknis dan ekonomis dari hasil penelitian. Bab V Kesimpulan dan Saran, merupakan bagian penutup yang merangkum temuan utama penelitian serta menyajikan rekomendasi yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya maupun implementasi praktis.