

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan pada bidang pertambangan, industri, properti, teknologi serta semakin meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin bertambah sehingga diperlukan pengembangan pada sistem pembangkit dan juga pemanfaatan listrik secara efisien baik dari segi penggunaan maupun pada proses pembangkitan energi listrik itu sendiri. Kebutuhan pasokan energi listrik pada perusahaan-perusahaan saat ini, terutama perusahaan PT. ABC yang menggunakan energi listrik yang sangat besar dalam pengoperasiannya. Kebutuhan energi tersebut disediakan oleh pembangkit listrik PT. XYZ yang ditunjuk sebagai perusahaan operasi dan perawatan yang mengoperasikan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel dan Pembangkit Listrik Tenaga Minyak Gas milik PT. ABC.

PLTU PT. XYZ merupakan pembangkit listrik tenaga uap dengan kapasitas 3 x 75 MW yang menyuplai 65% dari total kebutuhan listrik PT. ABC. PLTU ini terletak di Pulau Amamapare Distrik Mimika Timur Jauh, Kabupaten Mimika Provinsi Papua Tengah. Di dalam pembangkit listrik terdapat peralatan utama dan peralatan bantu. Peralatan utama antara lain generator, turbin, kondensor, *pulverizer*, boiler, FD fan, PA fan, dan ID fan, sedangkan peralatan bantu meliputi sistem minyak pelumas, sistem penanganan batubara, sistem air pendingin, sistem penanganan abu, sistem gas buang, sistem air *demin* dan sistem pengolahan air.

Peralatan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tentunya memiliki fungsi masing-masing, antara lain turbin yang berfungsi untuk membantu dalam mengubah energi panas dalam uap menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Uap yang masuk ke dalam turbin digunakan untuk memutar turbin sesuai dengan besar daya yang akan dihasilkan, kemudian dihubungkan dengan generator dan menghasilkan energi listrik.

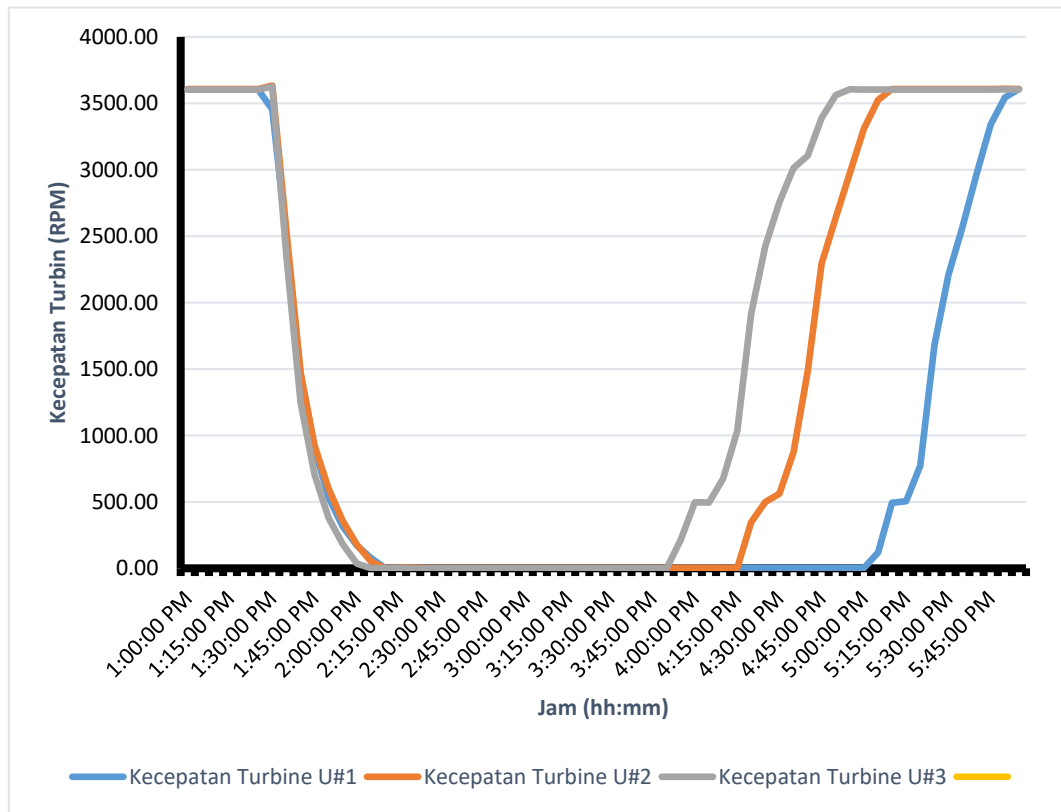
Ketika turbin berputar maka akan terjadi gesekan antara poros turbin dengan bantalan atau *bearing*, hal ini akan menimbulkan gesekan dan panas yang apabila berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan material. Untuk mengurangnya maka

diperlukan sistem pelumasan pada turbin uap. Sistem pelumasan pada turbin uap ini tidak hanya berfungsi untuk mengurangi gesekan saja, namun juga berfungsi untuk memindahkan panas, memindahkan kotoran, dan mendinginkan bantalan turbin dan generator (Mustangin, 2018).

Pada peralatan utama turbin dan generator terdapat peralatan bantu yaitu sistem pelumasan yang terdiri dari pompa oli utama, pompa oli cadangan, pompa oli darurat berpenggerak daya baterai (DC) dan tanki oli pelumasan. Sistem ini akan menyediakan pelumasan ke bantalan turbin dan generator yang di pompa oleh pompa oli utama berpenggerak motor AC. Ketika terjadi kondisi padam total, yang mengakibatkan suplai daya AC tidak ada, maka pompa oli utama tidak dapat menyuplai minyak pelumasan ke bantalan turbin dan generator. Permasalahan ini dapat dicegah dengan melengkapi sistem pelumasan darurat. Pompa oli pelumas DC akan dihidupkan saat pompa oli pelumas AC gagal atau sistem oli turbin tidak normal (Ruicai dkk., 2021). Akan tetapi, pompa pelumasan darurat ini sering kali gagal sehingga sangat diperlukan peralatan cadangan darurat tambahan yang lebih dapat diandalkan ketika terjadi padam total. Pada pembangkit listrik tenaga uap, turbin tekanan tinggi dan turbin tekanan rendah harus dilumasi secara terus menerus, untuk mencegah keausan antara poros dan bantalan turbin dan generator. Oli pelumas akan dialirkan ke bantalan membentuk lapisan minyak pada bantalan turbin dan generator, untuk mencegah gesekan poros (Priya dan Jeyalakshmi, 2020). Deteksi anomali turbin uap sangat penting untuk operasi normal dan keandalannya (Yao dkk, 2022). Keandalan sistem minyak pelumas adalah penting karena insiden kehilangan pelumas merupakan peristiwa yang sering terjadi dan parah bagi semua turbin (Latcovich dkk, 2005).

Pada saat terjadi padam total pada suatu pembangkit listrik PLTU, turbin dan rotor generator masih berputar dengan kecepatan yang masih sangat tinggi terlihat pada gambar 1.1. kecepatan turbin pada PT. XYZ ketika terjadi padam total kecepatannya mengalami lonjakan kenaikan sesaat > 3600 RPM sampai kecepatannya menurun seiring waktu hingga 3 RPM, sehingga gesekan antara bantalan dan poros rotor turbin dan generator dapat mengakibatkan kerusakan fatal. Di samping itu, untuk melakukan pembangkitan kembali diperlukan waktu yang cukup lama karena harus menunggu daya dari pembangkit lain, untuk menjalankan

peralatan *auxiliary* dari pembangkitan, belum lagi jika ada kendala lain yang mengakibatkan lambatnya pemulihan daya.



Gambar 1.1. Kecepatan Turbin Ketika Terjadi Padam Total
Sumber: PID Ruang Kontrol PT. XYZ

Pada pembangkit listrik tenaga uap PT. XYZ memerlukan waktu sekitar 2 sampai 6 jam menjalankan kembali pembangkitnya. Pada saat terjadi padam total, uap dalam pipa-pipa boiler dan *drum* uap masih menyimpan energi yang besar yang seiring waktu akan terkondensasi, energi ini kemudian dimanfaatkan untuk memutar turbin kecil yang digunakan untuk memutar pompa untuk menyuplai pelumasan yang lebih handal dalam menyuplai pelumasan ketika situasi padam total.

Dasar pemikiran ini yang membuat peneliti tertarik untuk melakukan penelitian ini, dalam menganalisis secara teknik dan ekonomi dari pemasangan sistem ini.

1.2. Perumusan Masalah

Padam total berpotensi menyebabkan kehilangan energi yang signifikan dan kerusakan pada peralatan vital seperti sistem pelumasan. Untuk itu, penelitian ini diarahkan pada identifikasi potensi pemanfaatan energi sisa uap, efektivitas sistem

pelumasan darurat, serta analisis ekonomis dalam memitigasi risiko yang ditimbulkan.

Perumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana potensi energi sisa pada uap di dalam drum uap setelah padam total dapat dimanfaatkan atau dikendalikan secara efisien untuk mencegah kehilangan energi dan mengurangi risiko kerusakan peralatan?
2. Bagaimana dampak dari kegagalan sistem pelumasan saat terjadi padam total terhadap kinerja dan ketahanan komponen-komponen utama seperti bantalan, poros turbin, dan rotor generator?
3. Sejauh mana keandalan dan efektivitas pompa pelumasan darurat penggerak motor DC dalam mempertahankan suplai pelumasan pada kondisi padam total, serta faktor apa saja yang memengaruhi kinerjanya?
4. Berapa besar biaya yang dapat dihemat dengan adanya sistem pelumasan darurat yang andal dibandingkan dengan risiko kerugian akibat kerusakan komponen turbin dan generator pada kondisi padam total?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan memaksimalkan pemanfaatan energi yang tertinggal pada uap drum pada PLTU XYZ saat padam total. Fokus penelitian ini adalah :

1. Menghitung dan menganalisis potensi energi uap yang masih tersedia di boiler drum saat terjadi padam total untuk mengoperasikan pompa pelumasan darurat.
2. Mengevaluasi kinerja pompa pelumasan darurat pada saat terjadi padam total
3. Mengevaluasi dampak pemasangan pompa minyak darurat penggerak turbin uap mini terhadap waktu *start-up* PLTU *pasca* pemadaman total.
4. Menganalisis biaya investasi dan operasional yang diperlukan untuk pemasangan pompa pelumasan darurat penggerak turbin uap mini.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian menganalisis pemanfaatan sisa uap pada saat padam total sebagai sumber energi pompa pelumasan oli darurat berpenggerak turbin uap mini pada PLTU PT. XYZ adalah sebagai berikut :

1. Peningkatan keandalan sistem pelumasan darurat bantalan turbin dan generator melalui pemanfaatan energi uap yang tersimpan dalam *drum* uap pada kondisi padam total.
2. Mencegah kerusakan bantalan turbin dan generator melalui ketersediaan pelumasan yang berkelanjutan saat terjadi padam total.
3. Meningkatkan keandalan sistem pelumasan darurat tanpa mengganggu waktu *start-up*.
4. Mengetahui biaya investasi dan operasional yang diperlukan untuk pemasangan pompa pelumasan oli darurat penggerak turbin uap mini serta kerugian yang ditimbulkan akibat gagalnya suplai pelumasan ke bantalan turbin dan rotor generator sehingga kita mengetahui apakah sistem ini layak untuk dipasang.
5. Mengoptimalkan pemanfaatan energi sisa yang ada dalam sistem, sehingga mengurangi kebutuhan energi tambahan dan mendukung operasional yang lebih hemat energi.
6. Dengan tersedianya sistem pelumasan yang andal, risiko kecelakaan atau kegagalan sistem yang bisa membahayakan lingkungan dan keselamatan kerja selama kondisi padam total dapat diminimalisir.

1.5. Originalitas Penelitian

Beberapa penelitian terkait pemanfaatan sisa uap pada saat padam total untuk menjalankan pompa pelumasan oli darurat penggerak turbin uap pada PLTU. Pada penelitian ini dilakukan analisis kinerja pompa pelumasan darurat penggerak turbin uap PLTU melalui pendekatan yang bersifat universal. Ringkasan penelitian-penelitian sebelumnya terkait dengan pemanfaatan sisa uap pada saat padam total untuk menjalankan turbin uap mini yang dikopling dengan pompa pelumasan darurat pada PLTU dapat dilihat dalam tabel 1.1.

Tabel 1.1. Ringkasan Penelitian-Penelitian Sebelumnya

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
1.	R. Sathya Priya dan V. Jeyalakshmi, 2020	Pemantauan dan pengendalian sistem oli pelumas turbin uap	Membahas tentang skema penggantian pompa oli pelumas berdasarkan logika perangkat keras.	Penelitian ini membahas penelitian terkait pelumasan darurat
2.	Goodarzvand-Chegini, Fatemeh dkk 2023	Studi kasus industri: Penghematan energi dari pemulihan <i>flash steam</i>	Karena uap air merupakan faktor transfer energi yang paling penting dalam sistem uap yang digunakan pada berbagai tingkat temperatur dan tekanan, maka mendaur ulang dan mencegah kehilangan uap, terutama <i>flash steam</i> yang dihasilkan di saluran kondensat balik, dapat dianggap sebagai solusi yang ekonomis dan menarik.	Pemanfaatan uap untuk memutar turbin mini
3.	Beibei Xu dkk, 2019	Analisis prioritas faktor risiko peralatan pada unit generator turbin hidrolik	Penelitian ini memaparkan analisis prioritas faktor-faktor resiko yang menyebabkan kegagalan peralatan unit turbin generator hidrolik.	Pengamatan keberhasilan pompa darurat pelumasan untuk mencegah terjadinya kerusakan bantalan turbin generator

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
4.	L.A. Porto Hernandez dkk, 2023	Optimalisasi mendasar pembangkit listrik tenaga uap berdasarkan siklus Rankine.	Penelitian memaparkan model matematika untuk desain optimalisasi yang mendasar dalam siklus Rankine pembangkit listrik.	Penelitian energi sisa dalam <i>drum</i> uap untuk memutar turbin dengan menghitung perbedaan eltalphi
5.	Said A. Kotb dkk, 2023	Penerapan energi terbarukan hibrida untuk memasok sistem pasokan listrik darurat jika terjadi pemadaman stasiun di pembangkit listrik tenaga nuklir.	Penelitian membuktikan dimana energi terbarukan dapat digunakan untuk memastikan fungsi keselamatan dan melindungi tenaga nuklir jika terjadi pemadaman total.	Menggunakan energi yang tertinggal di <i>drum</i> uap untuk memutar turbin mini
6.	Ruicai Si dkk, 2021	Pembahasan dan Analisa Keandalan Pengoperasian Pompa Minyak DC pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Panas	Menganalisis keandalan pompa oli pelumas DC dari banyak unit daya termal, masalah pompa, dan menjelaskan masalah terkait dan menjelaskan langkah-langkah yang layak.	Menganalisis keandalan pompa darurat pelumasan dengan penggerak turbin mini
7.	Hang Zhou dkk, 2020	Prediksi Kegagalan Pompa Minyak Pelumas Tambahan di Turbin Gas : Menerapkan Jaringan Neural Monte Carlo pada Kumpulan Data yang Tidak Seimbang.	Penelitian ini menyajikan metodologi yang menargetkan prediksi potensi kegagalan dalam sistem oli pelumas dalam turbin gas.	Menganalisis kegagalan pompa pelumasan darurat pada Turbin Uap

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
8.	M. Sabri dkk, 2019	Investigasi keandalan komponen penting turbin uap	Penelitian memaparkan tentang analisis kegunaan distribusi probabilitas untuk berbagai komponen turbin uap sebagai pengidentifikasi potensi jalur kegagalan komponen dalam turbin uap.	Menganalisis waktu startup ketika terjadi padam total hubungannya dengan kerusakan yang ditimbulkan akibat kegagalan pompa darurat pelumasan

