

ANALISA KERUSAKAN KONDENSOR UNIT 1- 4 PLTU - XYZ BANTEN (AN ENGINEERING REPORT CASE STUDY)

Tatan Zakaria¹, Trian Suryaman²

*^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Banten Jaya
Jl. Ciwaru Raya II No. 73, Kel. Cipare, Kec. Serang, Kota Serang 42117*

tizet.tasmal@gmail.com¹, suryamantrian@gmail.com²

ABSTRACT

Steam power Plant (PLTU) is one type of power plant where the process as an energy conversion system. The potential energy from coal is converted to heat energy in its combustion to change the boiler feed water to be a compressed steam. Furthermore the potential energy of vapor pressure transforms into kinetic energy for rotating the steam turbine shaft via blades into the mechanical energy of the rotation of turbine shaft and then finally the mechanical rotating energy to be converted into electrical energy through the generator. The steam power plant consists of main equipment and various accessories, such as boiler, steam turbine, generator, fuel system, combustion air system, coal ash system, boiler water system, cooling water system (cooling water system). All equipment must have the quality and reliability for the power system to operate without interruption. The abnormality of supporting tools can be a distraction to the main tools. Steam turbine condensers are one of the supporting tools of a steam turbine. From the data during the six-months study obtained the cause of condenser problem are: condenser pipe leaks with a total of 142 occurrences or 31%, the cause of the second problem is on the problematic equipment (CWP, CEP, LP Drain Pump, GSC Exhaust Fan, Venting Pump) with the amount of 88 occurrences or 19%, the third is the vacuum system ejector with the amount of 64 occurrences or 14%, the fourth is an abnormal 56, the fifth is a condenser test with a total of 56 occurrences or 12%, as well as the possible cause of the sixth condenser problem of CL-high filler water with 55 occurrences or 12%.

Keywords: *Steam Power Plant, Condensor, Steam Turbine*

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah salah satu jenis pembangkit listrik dimana prosesnya sebagai sistem konversi energi. Energi potensial kimiawi bahan bakar batubara dikonversi energi panas pembakarannya untuk merubah air umpan ketel uap menjadi uap bertekanan. Selanjutnya energi potensial tekanan uap berubah menjadi energi kinetik yang memutarakan sudu-sudu turbin uap menjadi energi mekanik rotasi as turbin, yang selanjutnya energi mekanik putaran as dirubah menjadi energi listrik melalui generator. Pembangkit Listrik Tenaga Uap terdiri dari alat utama (main equipment) dan berbagai alat pendukung (accessories), seperti ketel uap (boiler), turbin uap (steam turbine), generator, sistem bahan bakar, sistem udara pembakaran, sistem abu batu bara, sistem air ketel uap, sistem air pendinginan (cooling water system). Semua peralatan harus mempunyai kualitas dan reliabilitas agar sistem pembangkit beroperasi tanpa gangguan. Sistem gangguan alat-alat pendukung bisa menjadi gangguan pada alat-alat utama. Kondensor turbin uap merupakan salah satu alat pendukung turbin uap. Dari data selama

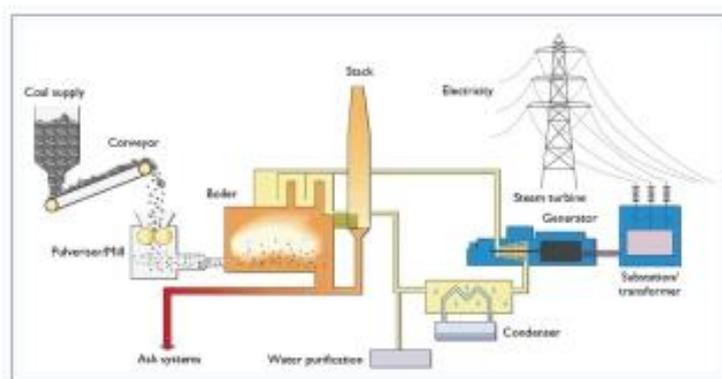
penelitian enam bulan didapatkan penyebab kerusakan kondensor adalah kebocoran pipa kondensor dengan jumlah 142 kejadian atau 31 %, penyebab masalah kedua yaitu pada peralatan bermasalah (CWP, CEP, LP Drain Pump, GSC Exhaust Fan, Venting Pump) dengan jumlah 88 kejadian atau 19 %, ketiga yaitu sistem vakum ejector dengan jumlah 64 kejadian atau 14 %, keempat yaitu transmiter abnormal dengan jumlah 56 atau 12 %, kelima yaitu pengujian kondensor dengan jumlah 56 kejadian atau 12 %, serta terakhir penyebab masalah kondensor keenam yaitu CL- air pengisi tinggi dengan jumlah 55 kejadian atau 12 %.

Kata kunci : PLTU, Kondensor, Turbin Uap

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah salah satu dari sekian banyak pembangkit listrik. Semua pembangkit listrik dituntut kehandalan operasinya tanpa ada kendala atau gangguan, terlebih hal itu menyebabkan berhentinya sistem pembangkitan (*shutdown*). Berhentinya unit pembangkit sama artinya sama dengan terhentinya pasokan energi listrik kepada konsumen, baik masyarakat, industri dan banyak konsumen lainnya. Hal ini tentunya mengakibatkan kerugian.

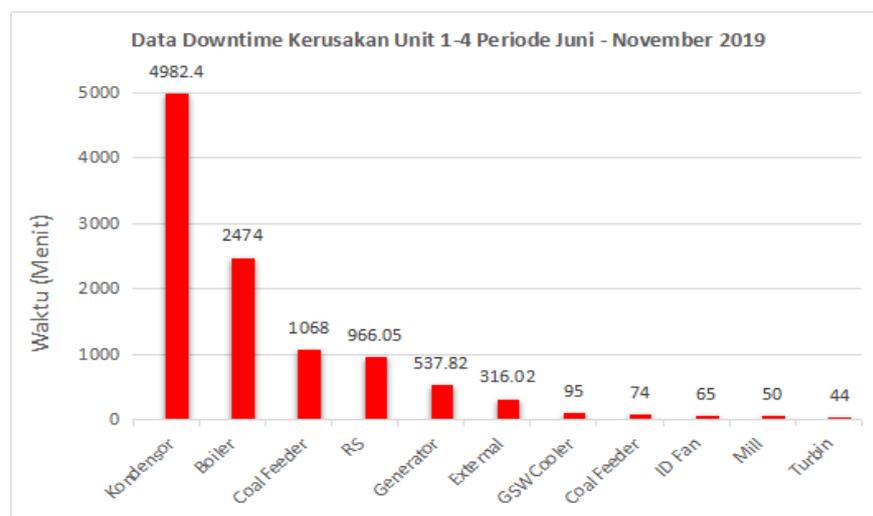
Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan suatu sistem yang sangat kompleks dengan menggunakan peralatan-peralatan konversi energi seperti *boiler*, turbin, generator, transformator dan sebagainya. Pada zaman ini kebutuhan akan energi listrik sudah menjadi kebutuhan yang sangat penting untuk manusia agar dapat melakukan kegiatan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, kontinuitas operasi serta keandalan sistem menjadi syarat mutlak dari suatu sistem tenaga listrik agar dapat membangkitkan dan menyalurkan energi listrik sampai ke konsumen.



Gambar 1. Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Uap
(<https://imambudiraharjo.wordpress.com/2009/03/06/teknologi-pembakaran-pada-pltu-batubara/>)

Untuk menjaga kualitas operasi PLTU maka perawatan dan pemeliharaan setiap peralatan, unit, mesin sangat diperlukan. Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan guna menjaga atau mempertahankan kualitas operator agar tetap berfungsi dan beroperasi dengan baik. Perawatan atau *maintenance* merupakan salah satu fungsi dari proses produksi. Fungsi perawatan harus berjalan dengan baik, karena dengan dijalankannya fungsi perawatan dengan baik maka fasilitas produksi akan terjaga kondisinya. Perawatan sangat berpengaruh bagi kelancaran proses produksi suatu industri, sehingga perlu mendapat perhatian yang cukup besar.

PLTU XYZ adalah salah satu Pembangkit Listrik milik negara, dibawah PLN yang berlokasi di Banten. PLTU ini memiliki beberapa unit pembangkit sehingga penanggung jawab pemeliharaan dibagi menjadi dua, yaitu untuk unit 1-4 dan untuk unit 5-7. Menurut data dari PLTU Suralaya Unit 1-4 pada periode bulan Juni hingga November 2019, mesin mengalami *downtime* yang cukup banyak karena adanya gangguan atau permasalahan, sehingga mengakibatkan terganggunya proses produksi. Maka dari itu perlu dilakukan analisa pada sistem pemeliharaan untuk mengurangi kerusakan pada *asset critical* serta nilai kerugian produksi dapat seminim mungkin. Data *downtime* permasalahan pada *asset critical* terutama pada Kondensor di Unit 1-4 selama bulan Juni hingga November 2019 dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. Downtime PLTU Unit 1-4 pada bulan Juni - November 2019

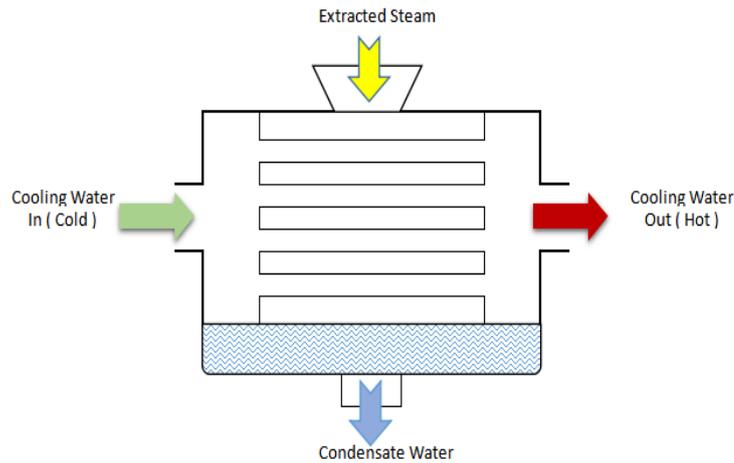
Dari data tersebut diketahui permasalahan sering terjadi pada bagian kondensor. Pada bagian inilah peneliti merasa tertarik untuk lebih lanjut menganalisa kerusakan, identifikasi penyebab kegagalannya, agar mendapatkan rekomendasi perancangan kegiatan pada setiap komponen untuk menurunkan tingkat *breakdown* mesin dan *downtime* produksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondensor (*Condenser*)

Kondensor adalah salah satu alat perlekapan turbin uap (*steam turbine accessory*). Kondensor adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mengubah uap bekas dari turbin uap hingga menjadi air dengan bantuan dari air pendingin utama. Uap bekas (*extraction steam*) dari turbin uap yang panas dimasukkan kedalam kondensor yang mendapat pendinginan dari air pendingin utama, sehingga terjadi perpindahan panas. Oleh karena itu kondensor termasuk peralatan penukar kalor (*heat exchanger*).

Uap yang panas terkena pendinginan akan terkondensasi, yang disebut air kondensat. Karena air pendingin menyerap panas dari uap bekas turbin, maka temperaturnya akan naik. Selanjutnya air kondensat dipompakan kembali oleh pompa kondensat (*condensate pump*), diteruskan kembali ke *boiler* melalui sistem pemanas air. Fungsi kondensor dapat dilihat dengan prinsip kerja sebagai media pemindah panas (*heat exchanger*) dapat dijelaskan dengan gambar berikut :



Gambar 3. Prinsip Kerja Kondensor

Fungsi kondensor turbin uap, sebagai alat kondensasi uap bekas dari turbin dan sebagai alat meningkatkan efisiensi kerja PLTU yaitu dengan mensirkulasi ulang uap bekas menjadi energi potensial air kondensat yang digunakan kembali sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

2.2 Jenis Kondensor

Secara umum, terdapat 2 jenis kondensor yaitu *direct-contact condenser* dan *surface condenser*. *Surface condenser* adalah jenis yang paling banyak digunakan di *powerplant*. Seperti namanya, *direct-contact condenser* mengkondensasikan uap dengan mencampurnya langsung dengan air pendingin. *Surface condenser* merupakan jenis yang paling banyak digunakan di *powerplant*. Jenis ini merupakan *heat exchanger* tipe *shell and tube*, dimana mekanisme perpindahan panas utamanya adalah kondensasi *saturated steam* pada sisi luar *tube* dan pemanasan secara konveksi paksa dari *circulating water* didalam *tube*. Tipe kondensor yang digunakan PLTU - XYZ Banten Unit 1-4 adalah kondensor permukaan (*surface condenser*) dengan aliran ganda (*double flow*), seperti pada gambar 4 di bawah ini :

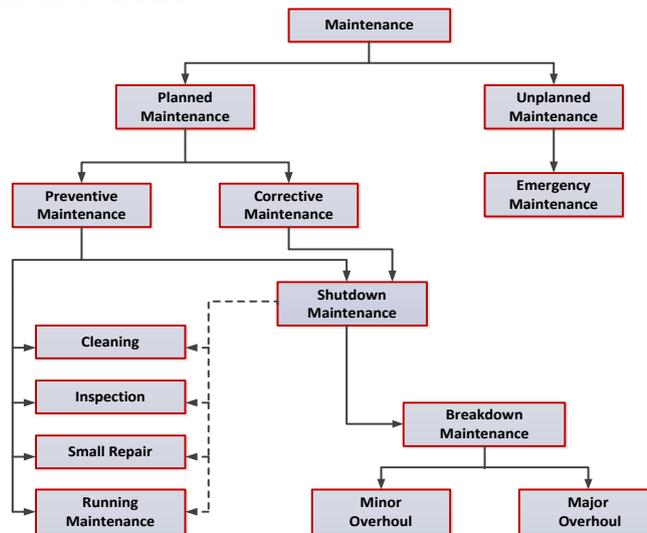


Gambar 4. Surface Condensor Unit 1 - 4 PLTU-XYZ
(Sumber : Trian,2020)

2.3. Pemeliharaan dan Perawatan Kondensor

Pemeliharaan pada kondensor unit 1-4 PLTU XYZ, terbagi atas pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tidak terencana (*unplanned*

maintenance). Pemeliharaan terencana termasuk didalamnya adalah *preventive maintenance* dan *corrective Maintenance*, sedangkan pemeliharaan tidak terencana *unplanned maintenance* dikategorikan sebagai *emergency maintenance*. Pada *corrective maintenance* disebut juga sebagai *shutdown maintenance*, dijadwalkan rutin *stop* yang masuk kedalam kategori *overhaul minor* dan *overhaul major*, sedangkan pada *preventive maintenance* dikenal sebagai inspeksi, perbaikan ringan, pembersihan, pemeliharaan sambil jalan. Berikut ini adalah bentuk kategori sistem pemeliharaan pada kondensor, mengikuti standar pemeliharaan PLTU :



Gambar 5. Sistem Perawatan PLTU-XYZ (Kondensor)
 (Sumber : Trian, 2020)

2.4 Permasalahan pada Kondensor

Masalah umum yang sering ditemukan di kondensor pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah turunnya vakum (*vacuum drop*), yang ditandai dengan :

- Tekanan kondensor akan naik ke arah positif, contoh: tekanan dari -90 Kpa menjadi -70 Kpa.
- Temperatur di kondensor naik, *steam temperature turbine exhaust* naik juga akan mengakibatkan temperatur air kondensat juga naik.

Beberapa penyebab turunnya kualitas vakum kondensor antara lain disebabkan oleh beban turbin terlalu tinggi, kebocoran *tube*, uap perapat kurang, sistem ejektor masalah, kurang air pendingin, kondensor kurang rapat atau instrumen masalah.

Selain itu penyebab kerusakan *tube* atau *tube* kondensor bocor banyak disebabkan karena terdapat korosi dari bagian dalam *tube* yang diakibatkan karena pada sebagian besar air pendingin dari laut, penyebab karat. Sedangkan masalah lain juga terjadi efisiensi pendinginan uap menjadi kondensat terkadang menurun disebabkan karena di dalam *tube* terdapat *scale*, *fouling* sebagai endapan kotoran yang menghambat pertukaran panas.

Laju perpindahan panas yang terjadi pada kondensor akan berkurang sehingga laju proses kondensasi uap menjadi *condensate water* pun akan turun. Pencegahan *fouling* kondensor sangatlah penting karena secara natural kondensor akan memiliki kecenderungan terjadi *fouling*, hal ini karena *cooling water* yang digunakan yaitu air laut yang banyak terdapat endapan dan kotoran-kotoran lainnya.

Pada beberapa pembangkit banyak material yang digunakan sebagai bahan untuk

tube pada kondensor bergantung pada air pendinginannya. Diantaranya adalah aluminium, tembaga, nikel, baja, titanium, dan lain sebagainya. Air pendinginnya bisa berupa air segar, air laut, dan air bor. Dari sana *tube* banyak mengalami kegagalan material seperti korosi dan erosi. Korosi ini disebabkan karena adanya zat dari lingkungan, dalam hal ini adalah air pendingin. Zat garam yang dibawa air laut misalnya dapat berinteraksi dengan logam pada bahan material *tube* dan nantinya menjadi kerak yang lama-kelamaan dibiarkan akan menjadi karat (korosi). Sedangkan erosi pada *tube* disebabkan karena terkikisnya material *tube* yang semakin hari akan menimbulkan penipisan pada *tube* dan dapat berakibat kebocor pada *tube* kondensor tersebut. Gambar berikut adalah contoh kerusakan *tube* kondensor :



Gambar 6. Kerusakan pada *Tube* Kondensor
(Sumber : Trian,2020)

3. DATA INSPEKSI MASALAH KONDESOR PLTU UNIT 1-4

Berdasarkan studi dokumentasi yang penulis lakukan, terdapat beberapa permasalahan terjadi pada kondensor turbin uap Unit 1-4 PLTU-XYZ , selama periode Juni - November 2019, yaitu :

- Kebocoran Pipa Kondensor (Korosi)
- Transmitter Abnormal
- Peralatan Bermasalah (CWP, CEP, LP *Drain Pump*, *Gland Steam*)
- Kadar *Chlorida* Air Pengisi Tinggi (CL)
- Sistem *Vacuum Ejector* Bermasalah
- Pengujian / Rutin Kondensor

Frekuensi kejadian dari keenam masalah pada Unit 1-4 tersebut dicatat dalam tabel 1 dibawah ini :

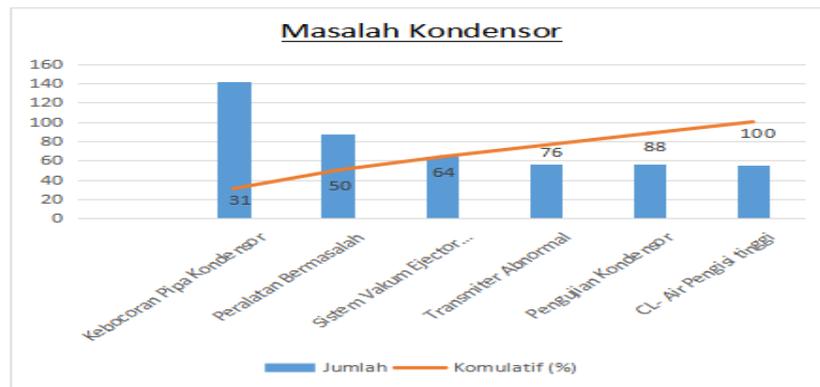
Tabel 1. Rekapitulasi Kerusakan Kondensor Unit 1-4

No	Masalah Kondensator	Jumlah	Persentase	Kumulatif
1	Kebocoran Pipa Kondensor	142	31	31
2	Peralatan Bermasalah	88	19	50
3	Sistem <i>Vacuum Ejector</i> Bermasalah	64	14	64
4	Transmitter <i>Abnormal</i>	56	12	76
5	Pengujian Kondensor	56	12	88

6	CL Air Pengisi Tinggi	55	12	100
Total		461	100	

(Sumber : Trian, 2020)

Dari keenam penyebab masalah pada kondensor, kebocoran pipa menduduki penyebab tertinggi sebanyak 31% dari masalah-masalah lainnya seperti peralatan pendukung, sistem vakum ejektor, abnormal transmitter, pengujian kondensor dan kualitas pengisi air. Hal tersebut digambarkan pada gambar 7 dibawah ini :



Gambar 7. Penyebab Masalah pada Kondensor
 (Sumber : Trian,2020)

3.1. Kebocoran Pipa Kondensor

Korosi merupakan proses tergradasinya logam atau proses perusakan logam karena berinteraksi dengan lingkungan yang korosif. Korosi didalam kondensor merupakan jenis korosi pada material yang berada dalam lingkungan fasa cair karena media pendingin kondensor dialiri oleh air laut yang dipasok menggunakan pompa CWP (*Circulating Water Pump*).

Condenser tube yang bocor akan menyebabkan air pendingin mengalir kedalam ruang kondensor. Jika kebocoran sudah besar maka akan menyebabkan *level hotwell* naik hingga merendam pipa-pipa kondensor. Uap bekas turbin (*turbine extracted steam*) tidak bisa mengalirkan panasnya ke pipa kondensor tersebut karena ruangan kondensor sudah terendam air pendingin. Akibatnya vakum akan turun karena ruangan kondenser terisi penuh air dan uang panas yang gagal terkondensasi.

3.2. Peralatan Bermasalah

Peralatan kondensor adalah alat-alat atau sistem pendukung kinerja kondensor, seperti pompa kondensat, *vacuum ejektor* dan lain-lainnya. Pompa kondensat tidak boleh mati atau bekerja dalam kondisi tidak maksimal. Kerusakan pada pompa kondensat akan menyebabkan *level hotwell* tinggi hingga merendam pipa-pipa pendingin dan memenuhi ruang kondensor. Bahkan air kondensat yang penuh tersebut sampai terhisap *ejector vacuum pump*. Hal tersebut bisa menyebabkan pertukaran panas uap ke pipa-pipa pendingin kondensor berkurang dan mengakibatkan vakum turun. Untuk mengatasinya bila satu pompa *condensat* mati segera pastikan pompa yang *standby* untuk segera dinyalakan, karena biasanya, karena suatu hal pompa kondensat tidak bisa *auto start* pada saat pompa yang sedang jalan tiba-tiba mati.

3.3. Sistem Vakum Ejektor

Sistem vakum ejektor adalah alat yang berfungsi mengkondisikan kondensor dalam keadaan tekanan negatif. Dalam kondisi normal semua uap yang masuk kedalam kondensor akan terkondensasi seluruhnya. Sedangkan pada temperatur operasional kondensor, udara/gas yang terbawa oleh uap tidak dapat mengembun dan akan mengakibatkan naiknya tekanan kondensasi. Udara/gas yang tidak mengembun ini akan dihisap dan dibuang oleh peralatan pembuat vakum (*steam ejektor atau vakum pump*). Udara/gas yang terlalu banyak atau kemampuan peralatan pembuat vakum yang tidak optimal akan menyebabkan tekanan kondensasi naik.

3.4. Transmitter Abnormal

Pembacaan parameter baik tekanan dan temperatur kadang-kadang bisa *error*, untuk itu pastikan *gauge, control instrument* dalam kondisi bagus, terkalibrasi secara rutin. Bila terjadi masalah maka operator yang bertugas harus cepat memeriksa kondisi peralatan. Misalnya jika tekanan kondenser turun tapi temperatur uap kondensor tidak turun maka bisa dipastikan *pressure gauge* atau alat kontrol instrumennya saja yang bermasalah, sedangkan kondisi tekanan vakum sebenarnya masih bagus. Operator Turbin DCS yang berjaga bisa memposisikan *protection vacuum disable* dan segera menghubungi pihak pemeliharaan untuk memperbaiki peralatan ukur.

3.5. Pencucian Kondensor

Pencucian *tube* kondensor dalam hal ini adalah pada saat *bacwash condensor system, ball cleaning condensor system*, dan injeksi kimia. Adapun pengujian peralatan lain yang berhubungan dengan kondensor yaitu *freedom test turbin & protective device turbin*. Pada saat melaksanakan pencucian kondensor beberapa kali terdapat peralatan abnormal seperti *MOV Inlet & Outlet* yang belum *Close/Open* (Normal) sehingga dapat menurunkan vakum kondensor secara cepat bahkan membuat pipa-pipa kondensor menjadi bocor.

3.6. CL-Air Pengisi Tinggi

Cl (*Chlorida*) termaksud adalah kadar *chlorine* pada air pengumpan (*make-up water*) terlalu tinggi . Cl merupakan unsur yang sangat mudah bereaksi (reaktif) terhadap unsur lainnya dan klorida membuat terciptanya lingkungan korosif atau terjadinya reaksi korosi atau pengkaratan terhadap material logam dan bisa menimbulkan pipa kondensor menjadi bocor.

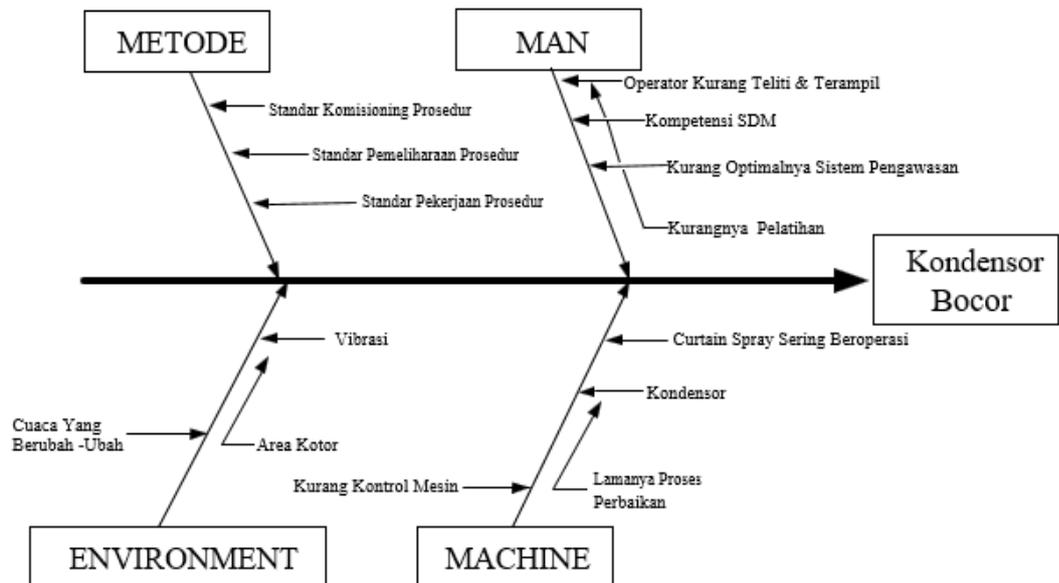
Sumber penyebab kenaikan *chloride* kemungkinannya adalah air pelarut tangki injeksi tercemar uap garam dari udara laut, sodium pada *feedwater* sudah cukup tinggi dapat berasal dari *make up water* yang jelek atau kondensor yang bocor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tabel 1 diatas, faktor penyebab masalah mesin kondensor unit 1-4 PLTU - XYZ dari bulan Juni sampai dengan November 2019 memperlihatkan penyebab masalah kondensor tertinggi yaitu faktor kebocoran pipa kondensor yaitu 142 kejadian atau 31 %, penyebab masalah kedua yaitu pada peralatan bermasalah (*CWP, CEP, LP Drain Pump, GSC Exhaust Fan, Venting Pump*) dengan jumlah 88 kejadian atau 19 %, ketiga yaitu sistem vakum ejector dengan jumlah 64 kejadian atau 14 %, keempat yaitu transmitter abnormal dengan jumlah 56 atau 12 %, kelima yaitu pengujian kondensor dengan jumlah 56 kejadian atau 12 %, serta terakhir penyebab masalah kondensor keenam yaitu CL- air pengisi tinggi dengan jumlah 55 kejadian atau 12 % .

4.1. Analisa Tulang Ikan (Penyebab Masalah)

Tingginya penyebab masalah kondensor unit 1-4 yang disebabkan pipa kondensor bocor sangat berpengaruh terhadap target produksi yang tidak tercapai. Untuk itu perlu analisa kenapa hal tersebut terjadi agar hal serupa di kemudian hari tidak terjadi lagi. Berikut diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) pipa kondensor bocor dilihat pada analisa sebab akibat tulang ikan (*fishbone*) seperti pada gambar 8 dibawah ini :



Gambar 8. Diagram Sebab Akibat Penyebab Kondenspr Bocor
 (Sumber : Trian , 2020)

4.2. Analisa Kerusakan

Berdasarkan data pada laporan perbaikan kondensor, pipa kondensor bocor yang terjadi pada mesin kondensor Unit 1 – 4 PLTU XYZ adalah sebagai berikut :

a. Mesin

- 1) Kondensor
 Kebocoran pada kondensor karena material kondensor dan juga tidak cukup kuat menahan tumbukan patahan LP turbin.
- 2) *Curtain Spray LP Turbine*
 Kebocoran disebabkan tumbukan dari *supporting* material pipa *curtain spray LP turbine* terhadap permukaan tubing kondensor. Kemungkinan penyebab tumbukan pipa *curtain spray LP turbine* karena material *support* tidak maksimalnya proses pengelasannya.
- 3) Kurang Kontrol Mesin
 Kurangnya ketelitian dan terampil dalam melakukan pengecekan pada kontrol mesin kondensor dapat berakibat fatal dan merugikan dalam segala hal, oleh karena itu pada saat melakukan *patrol check* rutin harus lebih ekstra teliti dalam melakukan pengecekan peralatan terutama pada kontrol mesin kondensor PLTU XXX.

4) Lamanya Proses Perbaikan

Dalam proses perbaikan ada saja kendala dalam segala aspek seperti menunggu material datang karena *indent* dan kondisi material atau *spare part* khusus yang mungkin lebih sulit dan lama proses pekerjaannya. Selain itu juga pada saat mengetahui kondisi kondensor bocor harus meminta ijin keada pihak P2B (Pusat Pengatur Beban) PLN, karena unit pembangkit akan melakukan *stop* unit (*shutdown*) untuk melakukan perbaikan kebocoran yang besar.

b. Metoda

Kebocoran sebagai akibat dari metode adalah prosedur pekerjaan, prosedur komisioning, dan prosedur pemeliharaan, yaitu sistem pengawasan yang tidak optimal disaat proses pekerjaan pengelasan *curtain spray* LP turbin. Sistem komisioning yang tidak optimal dapat mengakibatkan ketidaksempurnaan proses pengelasan, sehingga hasil pengelasan patah atau lepas.

c. Manusia

1) Kurang Teliti dan Terampil

Pengecekan yang kurang maksimal akan mengakibatkan kesalahan dalam memasukkan data sehingga data aktual motor tidak sesuai dengan data yang ditulis. Seharusnya motor dinyatakan dalam kondisi tidak normal dan perlu adanya perbaikan, ini tidak ada perbaikan yang menyebabkan motor rusak tanpa adanya tindakan.

2) Kompetensi SDM

Kompetensi dan resposibilitas SDM kurang. Hal ini sangat berpengaruh pada saat proses pekerjaan pengelasan. Sehingga dari pihak kontraktor perlu lebih ditingkatkan kembali agar proses penngelasan bisa optimal dan sempurna.

3) Kurang Optimalnya Sistem Pengawasan

Lemahnya sistem pengawasan. Pengawasn saat proses pengelasan pipa atau bagian lain kondensor yang bocor yang kurang optimal dari pihak kontraktor menyebabkan ketidaksempurnaan proses pengelasan dalam perbaikan kondensor yang bocor masih perlu ditinjau ulang kembali.

d. Lingkungan

1) Cuaca yang Berubah-ubah

Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap munculnya kebocoran kondensor, jika terjadinya hujan atau suhu air laut rendah maupun sebaliknya jika terjadi panas atau suhu air laut tinggi maka akan menimbulkan deposit atau korosi yang menyebabkan pipa kondensor mulai bocor.

2) Kotor

Kondisi kotor disebabkan oleh kotoran dari debu yang menempel pada sensor kondensor sehingga sensor tidak berfungsi dengan baik dan mengakibatkan pipa kondensor bocor.

3) *Vibrasi*

Material *curtain spray* yang patah atau lepas yang menyebabkan kebocoran sebagai akibat dari ggerakan dinamis fluida didalam pipa *curtain spray* LP turbin.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data pada bulan Juni – November 2019, ditemukan abnormal pada kondensor turbin uap PLTU-XYZ unit 1 -4 yang menyebabkan terganggunya sistem perasional pembangkit unit 1-4 adalah sebagai berikut :

- a. Kebocoran pipa kondensor dengan jumlah 142 kejadian. atau 31 %
- b. Peralatan bermasalah (*CWP, CEP, LP Drain Pump, GSC Exhaust Fan, Venting Pump*) dengan jumlah 88 kejadian atau 19 % .
- c. Sistem *vacuum ejector* dengan jumlah 64 kejadian atau 14 % .
- d. Abnormal pada *transmitter* dengan jumlah kejadian 56 atau 12 % .
- e. Pengujian atau sistem pencucian kondensor dengan jumlah 56 kejadian atau 12 %
- f. Konsentrasi Cl pada air pengisi tinggi dengan jumlah 55 kejadian atau 12 %

DAFTAR PUSTAKA

Babcock & Wilcox International. Steam 40th Edition 1992. USA : Babcock & Wilcox a Mc Dermott Company.

<https://produksielektronik.com/pengertian-alat-pelindung-diri-apd-k3-jenis-apd/>

<http://www.info-elektro.com/2019/05/prinsip-kerja-boiler-ketel-uap-pada.html>

<https://imambudiraharjo.wordpress.com/2009/03/06/teknologi-pembakaran-pada-pltu-batubara/>

<https://mhdhafizhalfauzi.blogspot.com/2019/01/kondensor-pada-pembangkit-tenaga-listrik.html>

<http://bicaratentangpembangkit.blogspot.com/2018/01/sistem-kondensor-dan-pemvakuman.html>

<https://mukhlason.wordpress.com/2010/01/07/sekilas-pembangkit-listrik-batu-bara/>

Monenco Associates Limited. 1984. Design Manual unit 1-4 Volume TD 2. *Steam Turbine, Main Condensor, Cooling Water.*

Monenco Associates Limited,1984. Design Manual unit 1-4 Volume TM 2. *Main Condenser and Feed Water System.*

Maintenance Manual : Turbine Design-TD-01,1984. *Steam Turbine and Auxiliary Plant.*

Maintenance Manual : Turbine Design-TD-01,1984. *Steam Turbine, Main Condenser, and Cooling Water.*

Suralaya Steam Power Plant,1989,*Report on Turbine Performance Test.* Mitsubishi Heavy Chemical