

## PENCEGAHAN KERAK DAN KOROSI UMPAN KETEL UAP DI PG MOJO SRAGEN

Santhi Wilastari<sup>1\*</sup>, Tofiq Nur Hidayat<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Politeknik Bumi Akpelni

\*Email: [swilastari@gmail.com](mailto:swilastari@gmail.com)

Email: [TofiqNur54@yahoo.com](mailto:TofiqNur54@yahoo.com)

### ABSTRACT

*Steam boiler feed water is water supplied to the boiler to be converted into steam. Boiler Feed Water In general, what will be used is water that doesnt contain calcium (Ca) which can cause sediment to form a scale in the boiler, water that doesnt contain elements that can corrode the boiler and its supporting system. and also doesnt contain elements that can cause foaming of steam boiler water. The purpose of this study was to determine the prevention of scale and corrosion of boiler feed water in supporting the sugar production process so that the production process can run effectively at the Mojo Sragen sugar factory using scale prevention and corrosion by internal water treatment and external water treatment. The results obtained from this study indicate that the cause of the problem in the yoshimine boiler with a working pressure of 17kg / hour is due to the formation of scale in the kettle which is mainly caused by calcium (Ca) and magnesium (Mg) on the pipe walls which can inhibit the delivery process. heat and the occurrence of corrosion of boiler metal, along the feed water flow and condensate flow caused by oxygen gas dissolved in water and the solution with external water treatments is a treatment that is carried out on water before it enters the boiler to remove certain mineral and gas content in the water. and internal water treatments to enhance what external treatments have done, so that problems that may occur in the boiler and condensate line are minimized.*

*Key words: steam boiler maintenance, external water treatment, internal water treatment.*

### ABSTRAK

Air umpan ketel uap adalah air yang disuplai ke dalam ketel untuk di rubah menjadi uap. Air Umpan Ketel (*Boiler Feed Water*) Secara umum yang akan digunakan adalah air yang tidak mengandung unsur kalsium (Ca) yang dapat menyebabkan terjadinya endapan yang dapat membentuk kerak pada ketel uap, air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan korosi terhadap ketel dan sistem penunjangnya dan juga tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya pembusaan terhadap air ketel uap. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pencegahan kerak dan korosi air umpan ketel uap dalam mendukung proses produksi gula agar proses produksi dapat berjalan dengan efektif di pabrik gula mojo sragen menggunakan cara pencegahan kerak dan korosi dengan *internal water treatment* dan *external water treatment*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa penyebab dari masalah pada ketel uap yoshimine dengan tekanan kerja 17kg/jam yaitu karena terbentuknya kerak di dalam ketel yang di sebabkan terutama oleh kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) pada dinding pipa yang dapat menghambat proses penghantaran panas serta terjadinya korosi terhadap logam ketel, sepanjang aliran air umpan dan aliran kondensat yang disebabkan oleh gas oksigen yang terlarut dalam air dan solusinya dengan *external water treatmen* merupakan perawatan yang dilakukan terhadap air sebelum masuk kedalam ketel uap untuk menghilangkan kandungan mineral dan gas tertentu pada air dan *internal water treatmen* untuk menyempurnakan apa yang telah dilakukan oleh perawatan eksternal, sehingga masalah yang mungkin terjadi didalam ketel uap dan jalur kondensat dapat diminimalkan.

**Kata kunci :** perawatan ketel uap, *external water treatment*, *internal water treatment*.

## PENDAHULUAN

Pabrik gula Mojo Sragen terletak di jantung kota Sragen. Pabrik gula Mojo adalah salah satu pabrik gula yang pernah berdiri di Kabupaten Sragen selain Pabrik Gula Kedungbanteng. Pabrik gula yang terletak di Jalan Kyai Mojo No.1 Sragen Kulon tersebut hingga kini masih aktif memproduksi gula. Bahkan pabrik gula ini adalah salah satu dari tiga pabrik gula yang masih bertahan hingga kini di wilayah Karesidenan Surakarta selain PG Tasikmadu di Karanganyar dan PG Gondang Baru di Klaten.

Pengolahan air umpan ketel uap yang tidak memenuhi syarat dapat dilakukan dengan penambahan bahan kimia pada air mentah sebelum dimasukkan kedalam ketel uap dan melakukan demineralisasi yang berfungsi untuk membebaskan air dari unsur silika, sulfat, klorida dan karbonat. Untuk kebutuhan air umpan boiler dibutuhkan air yang kualitasnya baik atau air bebas mineral (*Demineralized water*) dengan tujuan untuk mencegah terbentuknya endapan dan terjadinya perkaratan dalam sistem ketel uap. Biasanya ion yang terlarut dalam air sebagai garam karbonat, sulfat, bikarbonat dan klorida. Kelarutan makin kecil/ rendah apabila suhu makin tinggi. Sehingga ketika memasuki ketel uap, air ini merupakan masalah yang harus segera diatasi. Air yang sadah ini akan menimbulkan kerak (*scalling*) dan tentu saja akan mengurangi kinerja dari ketel uap itu sendiri akibat dari hilangnya panas akibat adanya kerak tersebut. Jika kelarutan komponen spesifik dalam air terlewati, maka akan terjadi pembentukan kerak dan endapan lumpur. Air ketel uap harus cukup bebas dari pembentukan endapan padat supaya terjadi perpindahan panas yang cepat dan harus tidak korosif terhadap logam ketel uap.

Bahan baku air yang digunakan harus diusahakan sebersih mungkin dari faktor-faktor yang mempercepat kerusakan atau pengotoran ketel uap. Selain dari itu, beberapa jenis pengotor dan korosi yang parah pada komponen ketel uap juga dapat membahayakan mengingat ketel uap beroperasi pada tekanan dan suhu yang tinggi. Dalam prakteknya, kesulitan utama proses generasi uap terletak justru pada persiapan bahan baku yakni air yang akan diuapkan. Hal ini terutama disebabkan ketel uap dan pipa-pipa uap harus kedap dan tahan tekanan selama proses produksi.

Masalah yang sering terjadi dalam pengoperasian air umpan ketel uap yaitu berasal dari air umpan ketel uap itu sendiri, untuk menghindari masalah tersebut tujuan penelitian mengetahui masalah yang disebabkan oleh air umpan dalam ketel dan pemecahan dari masalah terhadap air umpan ketel uap. Rusnoto (2006) membahas tentang kerusakan ketel pada kebanyakan diakibatkan oleh korosi dan endapan kerak air isian ketel. Sehingga bagi operator ketel harus benar-benar teliti dan rajin dalam perawatan ketel. Untuk mencegah kerusakan ketel yang disebabkan oleh endapan kerak dan korosi bisa dilakukan dengan cara *external water treatment*, *internal water treatment* dan untuk korosi yaitu dengan cara memisahkan O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dari air ketel.

Air umpan ketel uap adalah air yang disuplai ke dalam ketel untuk di rubah menjadi uap. Air Umpan Ketel (*Boiler Feed Water*) Secara umum yang akan digunakan adalah air yang tidak mengandung unsur kalsium (Ca) yang dapat menyebabkan terjadinya endapan yang dapat membentuk kerak pada ketel uap, air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan korosi terhadap ketel dan sistem penunjangnya dan juga tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya pembusaan terhadap air ketel uap. Oleh karena itu untuk dapat digunakan sebagai air umpan ketel uap maka air baku dari sumber air harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu yang bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur atau padatan yang terkandung didalam air baik dalam bentuk tersuspensi, terlarut, ataupun koloid yang dapat menyebabkan terjadinya kerak, korosi dan pembusaan dalam ketel uap. Disamping itu senyawa organik pembentuk kerak misalnya kalsium

(Ca) dapat menyebabkan berbagai masalah dalam operasi ketel uap. Kualitas air umpan ketel uap juga dipengaruhi oleh kondisi operasi ketel uap, dimana semakin tinggi tekanan dan temperatur operasi maka semakin murni kualitas air umpan yang diperlukan. Dalam istilah lain biasa disebut ketel uap yaitu alat untuk menghasilkan uap, yang terdiri dari dua bagian utama yaitu sisi api sebagai penyedia panas dan sisi air sebagai bagian untuk proses penguapan air menjadi uap. Uap kemudian keluar dari ketel uap untuk digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemanas, turbin ,dll.

*Boiler feed water* merupakan campuran dari Air Make-up (Air Baku Yang Telah Diolah) dengan Air kondensat yang merupakan hasil kondensasi uap yang telah dipakai. Air make-up adalah air baku yang telah diolah melalui suatu proses. Kondensat adalah hasil kondensasi uap (*steam*) yang telah dipakai dan kualitas kondensat relatif murni. Pada proses penguapan dalam ketel uap, air menjadi uap. Uap yang dihasilkan adalah air murni dalam fasa uap ( $H_2O$ ) dimana ion yang terkandung dalam air boilternya tidak turut menguap.

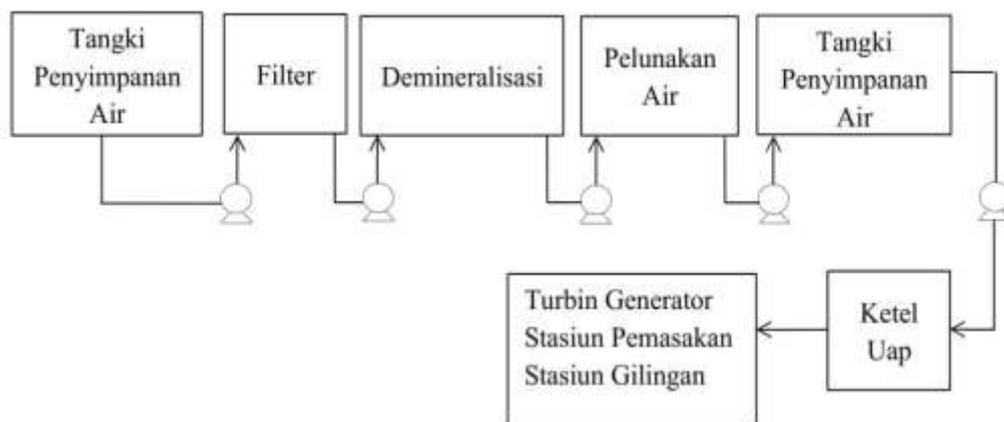
Korosi berasal dari bahasa latin "*Corrodere*" yang artinya perusakan logam atau berkarat. Definisi korosi adalah proses perusakan material yang terjadi disebabkan oleh lingkungan sekelilingnya dan umumnya di dalam ketel dipengaruhi oleh senyawa dalam air.

Efek yang ditimbul dari terjadinya korosi :

- a. Korosi dapat mengakibatkan penipisan pada pipa-pipa maupun tangki penyimpanan air.
- b. Korosi membuat pipa air mengalami kebocoran yang tentunya membuat kinerja dariketel menjadi tidak maksimal.
- c. Korosi juga dapat menghambat aliran air.

### 1. Sistem Kerja Air Umpan Ketel

Air yang telah diproses akan digunakan sebagai umpan ketel. Air tersebut akan menuju ketel uap dan kemudian berubah menjadi uap bertekanan tinggi. Energi uap bertekanan tinggi tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin generator yang berperan sebagai pembangkit listrik, dan sisa energinya berupa *steam* bertekanan rendah atau sedang digunakan sebagai pemanas di unit pemasakan tetes tebu. Kegunaan air di dalam suatu proses industri mempunyai banyak manfaat, selain sebagai air baku industri produksi air minum juga sebagai bahan pembuatan kertas, selain itu juga bermanfaat sebagai alat kerja suatu proses industri. Ada juga manfaat selain dari bahan baku industri air minum, air umpan juga digunakan sebagai sarana pembersihan (*cleaning*).



Gambar 2.1 Sistem Kerja Air Umpan Ketel UAP

Sistem kerja air umpan ketel merupakan bagian dari produksi Pabrik Gula Mojo Sragen, dimana sistem tersebut tidak dapat dikesampingkan keberadaannya. Gambar diatas menggambarkan

secara keseluruhan proses kerja air umpan ketel dimana awal dari sistem kerja air umpan ini berasal dari *Original Storage Tank* dan berakhir pada *Steam Boiler*. Penelitian yang dilakukan Rusnoto pada Pencegahan Kerak dan Korosi Pada Air Isian Ketel Uap tahun 2006 tentang kerusakan ketel pada kebanyakan diakibatkan oleh korosi dan endapan kerak air isian ketel. Sehingga bagi operator ketel harus benar-benar teliti dan rajin dalam perawatan ketel.

Untuk mencegah kerusakan ketel yang disebabkan oleh endapan kerak dan korosi bisa dilakukan dengan cara *external water treatment*, *internal water treatment* dan untuk korosi yaitu dengan cara memisahkan  $O_2$  dan  $CO_2$  dari air ketel. Segala sesuatu yang digunakan pasti akan mengalami kerusakan, hal ini juga berlaku pada semua jenis sistem kerja apapun termasuk sistem kerja air umpan ketel uap jika digunakan terus-menerus. Namun ada juga beberapa sebab yang dapat mengakibatkan kerusakan ketel atau cacat saat pengoperasiannya, misalnya perawatan yang kurang memenuhi syarat atau juga kesalahan pengoperasiannya dalam jangka waktu tertentu sehingga menimbulkan kerusakan pada ketel uap tersebut. Jadi untuk membantu proses produksi uap pada ketel uap perlu adanya pemeliharaan dan pencegahan semua komponen.

## METODE

Penelitian ini digunakan dengan menggunakan desain penelitian kasus untuk menganalisa permasalahan yang ada. Desain penelitian kasus dilakukan apabila pertanyaan “Bagaimana” menjadi permasalahan utama penelitian dengan keharusan membuat deskriptif atau analisis yang terbatas pada kasus tertentu untuk menjawab permasalahan tersebut agar dapat menjadi pertanyaan yang terdapat dalam rumusan masalah penulis melakukan pengamatan terhadap proses produksi gula dan perawatan ketel sebagai pendukung proses produksi gula agar mencapai hasil yang seefektif mungkin. Penelitian ini dilakukan pada PG Mojo yang terletak di Jalan Kyai Mojo No. 1 Po Box 104, Sragen, Jawa Tengah, Kabupaten Karanganyar.

Jenis data yang diperoleh adalah Primer dan Sekunder dengan menggunakan teknik pengumpulan data dari Interview, Observasi, dan Studi Pustaka. Kemudian Teknik Pembahasan dalam penelitian ini adalah pembahasan diskriptif yaitu tehnik untuk membuat gambaran atau deskripsi secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai suatu obyek yang diteliti.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas air umpan harus diperhatikan dengan cermat untuk mencegah kecelakaan, kerusakan, dan kerugian yang timbul serta untuk meningkatkan atau mengoptimalkan kinerja ketel.

Masalah-masalah yang disebabkan oleh air umpan dalam ketel adalah :

1. Pembentukan kerak pada dinding ketel dan pipa

Kerak ketel adalah permasalahan yang umum sering terjadi. Kerak merupakan deposit yang memberikan dampak negatif terhadap sistem ketel uap. Penyebab pembentukan kerak dikarenakan terbentuknya kerak di dalam ketel yang di sebabkan terutama oleh kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) pada dinding pipa yang dimana itu dapat menghambat proses penghantaran panas.

Efek yang ditimbulkan dari terjadinya kerak :

- a. Kerak dapat mempertebal dinding pipa yang dimana hal itu dapat menghambat proses penghantaran panas.
- b. Kerak menghambat aliran air karena diameter pipa yang di lewati air terjadi penyempitan.
- c. Apabila kerak yang timbul cukup banyak maka dapat terjadi penyumbatan yang membuat produksi uap menjadi tidak maksimal.

2. Korosi pada dinding ketel dan pipa-pipa

Terjadinya korosi terhadap logam ketel, sepanjang aliran air umpan dan aliran kondensat yang disebabkan terutama oleh gas oksigen yang terlarut dalam air. Ada beberapa cara yang dilakukan pada pencegahan eksternal, diantaranya pelunakan kapur, dearasi yang berfungsi menghilangkan gas secara mekanikal dengan dearator dan secara kimiawi.

Solusi dari masalah terhadap air umpan ketel uap ada dua macam yaitu dapat dilakukan dengan :

1. *External water treatment*

Merupakan perawatan yang dilakukan terhadap air sebelum masuk kedalam ketel uap. Perawatan eksternal ditujukan untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan-kandungan mineral dan gas-gas tertentu pada air. Kemudian ada dua macam perawatan eksternal yang dapat dilakukan, yaitu :

- a. Pertukaran ion memakai tangki berisi media resin kation (biasa disebut *water softener*) dan proses regenerasi memakai larutan garam dapur ( $\text{NaCl}$ ). Pertukaran ion dalam proses pelunakan air bertujuan untuk menghasilkan air lunak (air *soft*), dengan kandungan kesadahan serendah mungkin.
- b. Dearasi yaitu pengurangan gas oksigen yang terlarut di dalam air umpan. Ada dua cara yaitu pertama secara kimiawi memakai bahan kimia pengikat oksigen, yaitu soda sulfit ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). Cara kedua dengan Dearator bekerja dengan prinsip menghasilkan kontak sebaik mungkin antara butiran air yang dingin (mengandung banyak oksigen terlarut) dengan uap dan kondensat yang panas, sehingga oksigen yang terlarut akan terlepas dari air.

2. *Internal water treatment*

- a. Pengikatan sisa gas oksigen yang terlarut dalam air umpan  
Pabrik Gula Mojo sragen memakai *dearator* yang telah menghilangkan sebagian gas oksigen yang terlarut didalam air umpan, sehingga kandungan oksigen tersatu pada jumlah yang relatif kecil didalam air umpan gas oksigen terlarut selalu ada di dalam air alam yang jumlahnya dalam kesetimbangan suhu air semakin tinggi tersebut, oksigen harus dihilangkan hingga ke titik nol sebelum masuk ke dalam ketel uap, karena oksigen di dalam air akan menyebabkan terjadinya korosi. Permukaan besi yang terkorosi karena oksigen, memiliki ciri khas yang mudah terlihat yaitu terjadinya lubang cekungan dan sekitar lubang tertimbun tumpukan korosi sehingga terlihat permukaan logam menjadi berkarat. Korosi karena oksigen yang berlanjut terus-menerus dapat menembus logam hingga menyebabkan kebocoran. Bila tidak ada oksigen di dalam air, maka korosi tersebut tidak akan terjadi.
- b. Pengikat kesadahan yang tersisa dalam air umpan  
Kesadahan yang masih tersisa dalam air umpan adalah senyawa kalsium ( $\text{Ca}$ ) dan magnesium ( $\text{Mg}$ ) dalam bentuk bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) yang terlarut atau tidak kasat mata yang dikarenakan panas akan terurai menjadi senyawa karbonat ( $\text{CO}_2^{-3}$ ) yang tidak larut (endapan yang kasat mata).
- c. Pengendalian padatan tersuspensi dalam air ketel  
Dalam pengoperasian ketel uap telah ditentukan parameter yang disebut TDS (Total Dissolved Solids). TDS adalah singkatan dari Total Dissolve Solid yang dalam Bahasa Indonesia berarti Jumlah Zat Padat Terlarut. TDS merupakan indikator dari jumlah partikel atau zat tersebut.

- d. Penetralkan asam karbonat dalam air kondensat  
Seperti kita ketahui kondensat merupakan alat yang dipakai untuk mengolah uap bekas dari turbin yang menjadi air. Perubahan uap bekas menjadi air kondensasi terjadi pada proses pemasakan air tebu. Dan hasil pengolahan tersebut adalah Air kondensat atau air embun. Pemakaian air ini sangat menguntungkan karena selain sudah bersuhu panas tentunya juga air kondensat ini lebih bersih untuk menjadi umpan ketel.

Ketel uap yang bekerja terus-menerus akan mengalami kerusakan atau penurunan kinerja oleh karena itu untuk memperpanjang umur dan menjaga kinerja ketel uap perlu ada perawatan.

Adapun jenis perawatan tersebut ada 2 macam yaitu perawatan pada saat ketel bekerja dan ketel dalam masa istirahat atau tidak bekerja :

1. Perawatan pada waktu bekerja.
  - a. Setiap hari dilakukan pengecekan dan pengontrolan pada seluruh ketel, memberi umpan ketel uap dengan kualitas air yang baik, karena dengan umpan ketel dengan air yang baik akan mengurangi endapan dan kerak jika endapan dan kerak terlalu tebal maka akan mengganggu proses penyaluran panas dari dinding pemanas menuju air.
  - b. Selalu mengecek dan memeriksa pompa pengisi air isian memeriksa apakah pompa bekerja dengan baik atau tidak, serta pengontrolan air umpan ketel dijaga dengan kapasitas yang telah ditentukan.
  - c. Memeriksa saluran air umpan dari sumbatan atau kotoran yang akan menghalangi jalannya aliran air umpan.
  - d. Memasukkan atau menggunakan bahan bakar dengan kualitas yang baik, sehingga proses pembakaran akan berlangsung dengan baik dan lebih sempurna, bahan bakar disini menggunakan ampas tebu.
  - e. Katub pengaman dijaga dan distel pada tekanan yang sudah ditentukan.
2. Perawatan pada masa ketel uap tidak bekerja.
  - a. Pada saat akan dihentikannya penggilingan maka air isian ketel dicampur soda api agar kerak yang ada dalam ketel menjadi lunak dan mudah dibersihkan.
  - b. Pipa uap induk ditutup agar uap yang dihasilkan yang mengandung butiran-butiran air tidak masuk ke pipa-pipa penyaluran uap.
  - c. Ketel dikosongkan kemudian dibersihkan dari lumpur dan kotoran yang ada di dalam ketel uap.
  - d. Ketel dibiarkan dingin kemudian ketel dibersihkan dengan sikat kawat.
  - e. Pembersihan ruang bakar.

Komponen-komponen yang memerlukan perawatan yaitu :

- a. Pipa-pipa air  
Untuk ketel yang menggunakan pipa air yang perlu diperhatikan adalah membersihkan bagian dalam pipa dari endapan kapur mineral, Karena jika endapan terlalu tebal akan menyebabkan ketel uap bekerja tidak efektif, karena panas tidak tersalurkan dengan baik.
- b. Pipa superheater  
Pipa superheater berfungsi memanasi uap lanjut. Perawatannya adalah pembersihan kerak dan endapan dan pengukuran ketebalan bahan.
- c. Pipa air heater  
Membersihkan dan mengukur ketebalan bahan.
- d. Tangki air  
Pada ketel pipa air di dalam tangki air harus dibersihkan dari kerak dan endapan.

e. Pompa

Untuk menjaga kinerja pompa agar tetap optimal maka harus dilakukan pengecekan pada *impeller* karena dibagian tersebut bisa timbul kerak akibat air umpan yang kurang baik

Tabel 1. Syarat Mutu Air Umpan  
Syarat Mutu Standart Internasional

Boiler Feed Water/ Air Pengisi Boiler			
Parameter	ABMA (310 -450 psig)	British Std (20 - 40 bar)	JIS (20 -30 bar)
pH (unit)	-	8.5 - 9.5	7.0 - 9.0
T. Hardness (ppm CaCO <sub>3</sub> )	0.3	2	0
T. Iron (ppm Fe)	< 0.1	-	< 0.1
Dissolved Oxigen (ppm O <sub>2</sub> )	-	< 0.02	-
Oil	0	0	0
pH (unit)	-	8.5 - 9.5	7.0 - 9.0

Semua komponen harus sesuai dengan persyaratan mutunya untuk menghindari keburukan yang terjadi pada boiler

Syarat air umpan ketel yang ditetapkan pada tabel diatas harus di penuhi dalam pengoperasian ketel. Air umpan ketel harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak menimbulkan masalah pada pengoperasian ketel. Air tersebut harus bebas dari mineral yang tidak diinginkan serta pengotor-pengotor lainnya yang dapat menurunkan kinerja dari ketel uap.

## KESIMPULAN

1. Permasalahan yang ditimbulkan oleh air umpan dalam ketel yaitu terjadinya pembentukan kerak dan korosi pada dinding ketel.
2. Pemecahan dari masalah terhadap air umpan ketel uap adalah perawatan *External water treatment* dan *Internal water treatment*

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Aliyin Musyafa, I. H. 2015. *Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas*.
- Apriliya. 2019. *Pabrik gula Mojo Sragen*. <https://situsbudaya.id/pabrik-gula-mojo-sragen>
- Ariyanti, M. D. 2004. *Filtrasi Air Limbah*.
- Harry Christian Hasibuan, F. H. 2013. *Analisa Pemakaian Bahan Bakar dengan melakukan Treatment*.
- Patrick. 2018. Retrieved januari 06, 2020, *Demineralisasi air, Definisi, Proses dan Manfaat*. <https://www.tanindo.net/demineralisasi-air-definisi-proses-dan-manfaat/>,
- Putra, R. H. 2018. *Karakteristik Pada Logam Baja Paduan Dengan Menggunakan Metode X-Ray Fluorescence (XRF) Dan Optical Emmision Spectroscopy (OES)*. [eprints.uny.ac.id](http://eprints.uny.ac.id), 34.
- Widyasih, K. 2016. *Pengolahan Air Boiler Dan Air Pengisi Boiler*