



P-ISSN 0126-3188

E-ISSN 2443-3926

METALURGI

MAJALAH ILMU DAN TEKNOLOGI

VOLUME 35 Nomor 1, APRIL 2020

AKREDITASI JURNAL ILMIAH NO.3/E/KPT/2019

Analisis Sulfur Berstruktur Kristal Trigonal pada Endapan Bijih
Tipe *Kuroko* dengan Metode Lutts

*Uranium Removal from Tin Smelter Slag by Bisulfate Fusion
and Acidic Leaching*

Lapisan *Flame Sprayed* SS430-Al pada Baja Karbon:
Struktur dan Ketahanan Oksidasi Temperatur Tinggi

Karakteristik Fisik dan Konduktivitas Spesifik Batas Butir dari
Elektrolit Padat Gadolinium Ceria (GC) untuk Aplikasi
Sel Bahan Bakar Oksida Padat Suhu Menengah

*Cavitation-Erosion Study in Elbow Tubes of
a Low-Pressure Evaporator Outlet Header*

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia



METALURGI

VOLUME 35 NOMOR 1, APRIL 2020

P-ISSN 0126-3188
E-ISSN 2443-3926

AKREDITASI : SK No. 3/E/KPT/2019

Penanggung Jawab :

Kapuslit Metalurgi dan Material – LIPI

Ketua Dewan Redaksi :

Dr. Ika Kartika, S.T, M.T, P2MM - LIPI

Dewan Editor :

Prof. Dr. Ir. F. Firdiyono (P2MM – LIPI)

Dr. Ir. Rudi Subagja (P2MM - LIPI)

Prof. Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono,
M.Phil. Eng (Teknik Metalurgi dan Material,
Universitas Indonesia)

Prof. Dr. mont. Mohammad Zaki Mubarak,
S.T, M.T (Teknik Metalurgi, Institut
Teknologi Bandung)

Dr. I Nyoman Jujur, M.Eng (BPPT-Ristek
BRIN)

Mitra Bestari :

Dr. Anawati, M.Sc (Fakultas MIPA,
Universitas Indonesia)

Dr. Yuliati Herbani, M.Sc (Pusat Penelitian
Fisika - LIPI)

Dr. Asep Ridwan S. (Teknik Mesin, Institut
Teknologi Bandung)

Nofrijon Sofyan, Ph. D (Teknik Metalurgi dan
Material, Universitas Indonesia, Universitas
Indonesia)

Dr. Deni Shidqi Khaerudini (Pusat Penelitian
Fisika-LIPI)

Prof. Dr. Timotius Pasang (Auckland
University of Technology, New Zealand)

Dr. Witha Berlian Kesuma Putri S.Si, M.Si
(Pusat Penelitian Fisika – LIPI)

Redaksi :

Lia Andriyah, M.Si

Tri Arini, M.T

Nadia Natasha, M.T

Disain Grafis :

Arif Nurhakim, M.A

Website :

Daniel Panghuhutan, M.Si

Adi Noer Syahid, A.Md

Galih Senopati, M.T

Sekretariat dan Penerbit :

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material –
LIPI Ged. 470, Kawasan Puspipstek Serpong,
Tangerang Selatan, 15314

Telp: (021) 7560911

E-mail:

ejurnal.material.metalurgi@gmail.com

Majalah ilmu dan teknologi terbit berkala setiap
tahun, satu volume terdiri atas 3 nomor

Pengantar Redaksi.....iii

Abstrak.....v

**Analisis Sulfur Berstruktur Kristal Trigonal
pada Endapan Bijih Tipe *Kuroko* dengan
Metoda Lutts**

Ibrahim Purawiardi.....1-12

***Uranium Removal from Tin Smelter Slag by
Bisulfate Fusion and Acidic Leaching***

Erik Prasetyo, dkk.....13-18

**Lapisan *Flame Sprayed* SS-430 Al pada Baja
Karbon : Struktur dan Ketahanan Oksidasi
Temperatur Tinggi**

Muhammad Rizki Hifdzia Fahmi, dkk19-26

**Karakteristik Fisik dan Konduktivitas Spesifik
Batas Butir dari Elektrolit Padat Gadolinium
Ceria (GC) untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar
Padat Temperatur Menengah**

Agung Nugroho, dkk.....27-32

***Cavitation-Erosion Study in Elbow Tubes of a
Low-Pressure Evaporator Outlet Header***

Dewa Nyoman Adnyana.....33-42

Indeks

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur Majalah Metalurgi Volume 35 Nomor 1, April 2020 kali ini dapat menampilkan 5 buah karya tulis ilmiah.

Tulisan pertama disampaikan oleh Ibrahim Purawardi mengenai Analisis Sulfur Berstruktur Kristal Trigonal pada Endapan Bijih Tipe *Kuroko* dengan Metoda Lutts. Tulisan kedua dengan tema *Uranium Removal from Tin Smelter Slag by Bisulfate Fusion and Acidic Leaching* hasil kegiatan ilmiah yang ditulis oleh Erik Prasetyo dan kawan-kawan. Tulisan selanjutnya yang ditulis oleh Muhammad Rizki Hifdzia Fahmi dan kawan-kawan dengan tema Lapisan *Flame Sprayed SS-430 Al* pada Baja Karbon : Struktur dan Ketahanan Oksidasi Temperatur Tinggi. Untuk tulisan keempat dengan penulis Agung Nugroho dan Syoni Soepriyanto menampilkan topik Karakteristik Fisik dan Konduktivitas Spesifik Batas Butir dari Elektrolit Padat Gadolinium Ceria (GC) untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar Padat Temperatur Menengah. Tulisan kelima oleh Dewa Nyoman Adnyana menyampaikan tema *Cavitation-Erosion Study in Elbow Tubes of a Low-Pressure Evaporator Outlet Header*.

Semoga penerbitan Majalah Metalurgi volume ini dapat bermanfaat bagi perkembangan dunia penelitian di Indonesia.

REDAKSI

UDC (OXDCF) 622.7

Ibrahim Purawardi (Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI)

Analisis Sulfur Berstruktur Kristal Trigonal pada Endapan Bijih Tipe *Kuroko* dengan Metode Lutts

Metalurgi, Vol. 35 No. 1 April 2020

Endapan bijih tipe *kuroko* dikenal memiliki potensi kandungan mineral-mineral sulfida seperti *pyrite*, *chalcopyrite*, *galena*, *sphalerite*, *bornite*, golongan *tennantite-tetrahedrite* dan lain sebagainya. Dengan melimpahnya komposisi mineral sulfida pada endapan bijih ini, tentunya menyebabkan melimpahnya kandungan unsur sulfur. Oleh sebab itu, deteksi awal kandungan sulfur diperlukan untuk melihat adanya potensi kandungan mineral sulfida pada endapan bijih ini. Pendeteksian kandungan sulfur ini diperlukan sebagai indikator awal adanya kandungan mineral-mineral sulfida yang lain pada endapan bijih tipe *kuroko*. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendeteksinya adalah dengan teknik analisis difraksi sinar-x (XRD). Studi ini dilakukan untuk mencontohkan bagaimana cara mendeteksi kelebihan sulfur yang merupakan indikator awal melimpahnya kandungan mineral sulfida pada endapan bijih ini. Deteksi dilakukan dengan cara menginvestigasi adanya struktur trigonal yang merupakan karakteristik dari fasa sulfur menggunakan teknik analisis XRD (*x-ray diffraction*) yang tepat. Teknik analisis XRD yang dilakukan sendiri adalah dengan menggunakan metode analisis Lutts. Metode analisis Lutts ini dapat mendeteksi struktur trigonal dari parameter kisinya berdasarkan pendekatan nilai rasio c^2/a^2 . Sementara itu, sampel endapan bijih tipe *kuroko* yang kaya akan mineral sulfida digunakan sebagai contoh kasus pada studi ini. Hasil analisis menunjukkan adanya dua *unit-cell* struktur trigonal dengan karakteristik fasa sulfur dengan bidang-bidang (300), (42 $\bar{1}$), (600) dan (61 $\bar{1}$) untuk *unit-cell* pertama, serta (220), (23 $\bar{1}$) dan (262) untuk *unit-cell* yang kedua. Hasil studi ini menunjukkan bahwa metode analisis Lutts terbukti dapat digunakan untuk mendeteksi adanya struktur trigonal fasa sulfur pada endapan bijih tipe *kuroko*.

Kata Kunci: Mineral kuroko, sulfur, trigonal, lutts

Trigonal Crystal Structure Analysis of Sulfur on Kuroko-type Ore Deposit using Lutts' Analytical Method

Kuroko is the type of ore deposits. This ore content of potential sulfide minerals such as pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, bornite, tennantite-tetrahedrite series, etc. The abundance of sulfide minerals on its deposit causes of sulfur content. Therefore, early detection of sulfur content is needed to see the potency of sulfide minerals on it. The purpose of exposure is an initial indicator of the presence of other sulfide minerals on the Kuroko-type ore deposit. An x-ray diffraction (XRD) analytical technique is one of some way to detect it. This study was conducted to exemplify how to detect excess sulfur, which is an early indicator of the abundance of sulfide minerals content on its deposit. Detection was done by investigating the presence of trigonal structures, which are characteristic of the sulfur phase using the right XRD analytical technique. Lutts' analytical method was used for this study. This analytical method can detect trigonal structure from its lattice parameters, which calculated by predicting the square ratio of c^2/a^2 . Meanwhile, a sulfide mineral-rich, the Kuroko-type ore deposit, was used as a case study sample for this study. The result shows the presence of two trigonal structure unit-cells of sulfur phase characteristics with (300), (42 $\bar{1}$), (600), and (61 $\bar{1}$) planes of first unit-cell and also (220), (23 $\bar{1}$) and (262) planes of second unit-cell. The result of this study indicates that Lutts' analytical method is proven to be used for detecting the presence of a trigonal sulfur phase on the Kuroko-type ore deposits.

Keywords: Kuroko-type ore deposits, sulphur, trigonal, lutts

UDC (OXDCF) 622.3

Erik Prasetyo^a, Sonia Saraswati Meiliastri^b, Kurnia Trinopiawan^c, Yayat Iman Supriyatna^a, Fathan Bahfie^a, Giyatmi Giyatmi^b (^a Research Unit for Mineral Technology, Indonesia Institute of Sciences, ^bSekolah Tinggi Teknologi Nuklir - Badan Tenaga Nuklir Nasional, ^cCenter for Nuclear Minerals Technology, National Nuclear Energy Agency of Indonesia)

Perolehan Uranium dari Terak Hasil Peleburan Timah Menggunakan Metode Fusi Bisulfat dan Pelindian Asam

Metalurgi, Vol. 35 No. 1 April 2020

Slag sebagai produk samping peleburan timah masih mengandung unsur-unsur berharga seperti Ti, Nb, Ta, Zr, Hf dan logam tanah jarang, yang memberikan prospek untuk pengolahan lebih lanjut. Perlu diperhatikan bahwa *slag* timah juga mengandung unsur-unsur radioaktif seperti Th dan U, proses dekontaminasi diwajibkan untuk mengurangi kandungan kedua unsur ini, sebelum *slag* tersebut diolah. Pendekatan yang umum dilakukan untuk mengurangi kandungan U dalam *slag* seperti pelindian asam dinilai kurang efektif dikarenakan asosiasi U dengan fasa refraktori dalam slag. Untuk mendekomposisi fasa refraktori, teknik fusi sangat dipertimbangkan, sehingga dalam proses pelindian selanjutnya U dapat diperoleh menggunakan agen pelindi dengan konsentrasi asam yang rendah. Dalam penelitian ini, kalium hidrogen sulfat (KHSO₄) dan asam sulfat digunakan sebagai agen fusi dan agen pelindi. Parameter yang dipelajari yaitu rasio molar antara agen fusi dan fasa refraktori dalam slag, temperatur fusi, waktu fusi, konsentrasi asam sulfat dalam agen pelindi, dan rasio fasa cair-padat dalam tahap pelindian. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum dalam perolehan U: temperatur fusi 400 °C, waktu fusi 2 jam, molar ratio 5, konsentrasi asam sulfat 2 M dan rasio fasa cair-padat 15 ml/gr. Perolehan U maksimal adalah 85,6%, sangat jauh dibandingkan dengan perolehan tanpa fusi (0,1%).

Kata Kunci: Slag timah, uranium, dekontaminasi, kalium hidrogen sulfat, fusi, pelindian

Uranium Removal from Tin Smelter Slag by Bisulfate Fusion and Acidic Leaching

Slag as a secondary product (waste) of tin smelter still contains not only valuable elements e.g., Ti, Nb, Ta, Zr, Hf, and rare earth elements, but also radioactive such as Th and U, which are accumulated in the slag phase during the smelting. Due to valuable element content, the slag becomes major of interest in mineral processing industries, hence the slag needs to be decontaminated before it could be processed further. The common approach to reducing U content from the slag using the leaching process is considered ineffective due to the association of U with refractory elements e.g., Si and Ti in the slag. By using a fusing agent to break down the refractory phases, the fusion approach is required in order to release U so that they could be leached out using mild lixiviant. In this research, potassium hydrogen sulfate (KHSO₄) and sulfuric acid were used as A fusing agent and lixiviant, respectively. The parameters studied include the molar ratio between fusing agent and refractory elements in slag, fusion temperature, fusion time, sulfuric acid concentration in lixiviant, and pulp density during the leaching stage. The studies so far demonstrated that optimum condition in U removal occurred at fusion temperature 400 °C, fusion time 2 hours, the molar ratio of potassium hydrogen sulfate to tin slag 5, sulfuric acid concentration 2 M and pulp density 15 ml/gr. The maximum recovery of U was 85.6%, which was significant compared to the results using direct leaching without fusion (0.1%).

Keywords: tin slag, uranium, decontamination, potassium hidrogen sulfate, fusion, leaching

UDC (OXDCF) 553.2

Muhammad Rizki Hifdzia Fahmi^a, Bambang Hermanto^b, Sutrisno^a, Toto Sudiro^b (^aProgram Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, ^bPusat Penelitian Fisika-LIPI)

Lapisan *Flame Sprayed* SS430-Al pada Baja Karbon : Struktur dan Ketahanan Oksidasi Temperatur Tinggi

Metalurgi, Vol. 35 No. 1 April 2020

Pada penelitian ini, telah dilakukan proses pelapisan serbuk SS430 murni dan SS430-10Al pada substrat baja karbon rendah dengan teknik *flame spray* guna meningkatkan ketahanan material terhadap oksidasi pada temperatur tinggi. Untuk menganalisa ketahanan oksidasi dari lapisan tersebut, material diuji oksidasi pada temperatur 550°C selama 10 siklus dengan material pembanding baja karbon tanpa pelapisan. Struktur lapisan yang terbentuk pada permukaan sebelum dan sesudah uji oksidasi dianalisa dengan menggunakan XRD (*x-ray diffractometer*) dan SEM-EDX (*scanning electron microscope-energy dispersive x-ray spectroscopy*). Analisis XRD lapisan hasil *flame spray* sebelum uji oksidasi menunjukkan bahwa lapisan SS430 murni tersusun atas fasa (Fe-Cr) dan lapisan SS430-10 Al terdiri atas fasa (Fe-Cr) dan Al. Hasil analisis mikrostruktur pada lapisan hasil *flame spray* menunjukkan bahwa dengan penambahan aluminium, lapisan yang terbentuk lebih tebal dan mengikat dengan tingkat porositas yang lebih rendah. Namun, evaluasi oksidasi menunjukkan bahwa lapisan SS430 murni memiliki ketahanan terhadap oksidasi yang lebih baik dibandingkan dengan lapisan SS430-10Al dan substrat tanpa pelapisan.

Kata Kunci: Flame spray, SS430, aluminium, baja karbon, oksidasi

Flame Sprayed SS430-Al Coatings on Carbon Steel : Structure and High Temperature Oxidation Resistance

In this study, the coating process of pure SS430 and SS430-10Al powders on a low carbon steel substrate was carried out using a flame spray technique to increase its resistance against oxidation at high temperatures. The material was oxidized at 550 °C for 10 cycles to investigate the oxidation resistance. As for the comparison, the carbon steel was oxidized without coating. The structure before and after layer was analyzed using XRD (x-ray diffraction) and SEM-EDX (scanning electron microscopy-energy dispersive x-ray spectroscopy). XRD analysis of the coating before oxidation shows that the pure SS430 layer is composed of (Fe-Cr) phase, and the SS430-10 Al layer consists of (Fe-Cr) and Al phases. The microstructure observed with the addition of aluminum leads to a thicker coating layer with lower porosity and excellent bonding adhesion to the substrate. However, the pure SS430 coating has better oxidation resistance when compared to the SS430-10Al coating and the substrate without layer.

Keywords: Flame spray, SS430, aluminum, carbon steel, oxidation

UDC (OXDCF) 520

Agung Nugroho dan Syoni Soepriyanto (Institut Teknologi Bandung)

Karakteristik Fisik dan Konduktivitas Spesifik Batas Butir dari Elektrolit Padat Gadolinium Ceria (GC) untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar Oksida Padat Suhu Menengah

Metalurgi, Vol. 35 No. 1 April 2020

Pada penelitian ini, serbuk elektrolit padat dengan komposisi $Ce_{0,8}Gd_{0,15}Sm_{0,05}Nd_xO_{1,9}$ dibuat dengan variasi $x = 0; 0,025; 0,05; \text{ dan } 0,075$. Serangkaian percobaan dilakukan untuk menghasilkan elektrolit padat dengan ukuran butir mencapai skala nanometer (nm). Percobaan-percobaan ini diawali dengan preparasi serbuk elektrolit menggunakan metode *sol-gel* dengan prekursor berupa nitrat tanah jarang. Material untuk pengujian dibuat dalam bentuk pelet dengan dimensi 1 cm dengan cara kompaksi dengan gaya 40 kN untuk menghasilkan pelet basah. Selanjutnya, proses *sintering* dilakukan terhadap pelet basah dengan variasi suhu yaitu 1200, 1300 dan 1400 °C dengan waktu penahanan selama 5 jam. Perubahan dimensi dari pelet sebelum dan sesudah *sintering* diukur untuk menentukan nilai densitas relatif dari setiap pelet. Pengujian EIS (*electronic impedance spectroscopy*) dilakukan pada rentang temperatur 350-600 °C pada selang pengukuran 50 °C dan frekuensi 2 MHz-20 Hz. Data-data impedansi kemudian dimodelkan dan dilakukan simulasi *fitting* dengan bantuan paket program *Zview*. Beberapa pelet elektrolit hasil *sintering* pun dianalisis dengan menggunakan XRD (*x-ray diffraction*) dan SEM (*scanning electron microscopy*) untuk mendapatkan karakteristik fisik dari elektrolit padat hasil *sintering*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *sol-gel* telah berhasil membuat elektrolit padat dengan ukuran butir rata-rata sebesar ± 500 nm. Struktur kristal yang dihasilkan dari pelet hasil proses *sintering* berupa *cubic fluorite*. Terakhir, dalam tulisan ini juga dibahas mengenai hubungan struktur mikro hasil sintesis dengan konduktivitas ionik batas butir dari 2 struktur mikro yang berbeda.

Kata Kunci: Gadolinium ceria (GC), elektrolit padatan, sel bahan bakar oksida padat

Physical Characteristics and Grain Boundary Specific Conductivity of Gadolinium Ceria Based Electrolytes for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cell Applications

*In this study, solid electrolyte powder with a composition of $Ce_{0,8}Gd_{0,15}Sm_{0,05}Nd_xO_{1,9}$ was made with variations of $x = 0; 0,025; 0,05; \text{ and } 0,075$. A series of experiments were carried out to produce solid electrolytes with grain sizes reaching a nanometer scale (nm). These experiments began with electrolyte powder preparation using the *sol-gel* method with a precursor in rare earth nitrate. The test samples were made in pellets with dimensions of 1 cm by composting with a force of 40 kN to produce wet pellets. Furthermore, the sintering process is carried out on wet pellets with temperature variations of 1200, 1300, and 1400 °C with a holding time of 5 hours. Changes in dimensions of pellets before and after sintering are measured to determine the value of the relative density of each sample. EIS (electrochemical impedance spectroscopy) testing using an impedance analyzer is carried out in a temperature range of 350-600 °C at a measurement interval of 50 °C and a frequency of 2 MHz-20 Hz. Impedance data is then modeled by fitting simulations methods by using the Z-view program package. Some electrolytic pellets synthesized were analyzed using XRD (x-ray diffractometer) and SEM (scanning electron microscopy) to obtain the physical characteristics of the solid electrolyte. The results showed that the *sol-gel* method had succeeded in making solid electrolytes with an average grain size of ± 500 nm. The crystal structure produced from pellets resulting from the sintering process is cubic fluorite. In the end, this paper will also discuss the relationship between the microstructure of the synthesis results with the boundary ionic conductivity of 2 different microstructures.*

Keywords: Gadolinium ceria (GC), solid electrolyte, solid oxide fuel cell

UDC (OXDCF) 627.5

Dewa Nyoman Adnyana (Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology)

Studi Erosi-Kavitasi pada *Elbow Tubes* sebuah *LP Evaporator Outlet Header*

Metalurgi, Vol. 35 No. 1 April 2020

Makalah ini menyajikan hasil studi erosi-kavitasi yang terjadi pada *elbow tubes* yang tersambung dengan *low-pressure evaporator outlet header* pada sebuah unit *HRSG (heat-recovery steam generator)*. Di dalam *elbow tubes* mengalir fluida kerja berupa air panas dengan tekanan 10 bar dan temperatur 160 °C. *Elbow tubes* terbuat dari baja karbon rendah, memiliki diameter luar 31,8 mm dan tebal dinding 2,6 mm. Sebelum masuk ke dalam *elbow tubes*, fluida kerja mengalami pemanasan di dalam panel *evaporator tubes* menggunakan gas panas hasil pembakaran yang berasal dari sebuah unit *gas turbine power plant*. Dalam studi ini ada 4 (empat) buah *elbow tubes* paska-operasi yang digunakan, yaitu *elbow tube* dengan sudut penyambungan 90°, 75°, 60° dan 45°. Jenis pengujian yang dilakukan meliputi uji makroskopik, analisa komposisi kimia, uji metalografi, uji keras dan analisis EDS (*energy dispersive spectroscopy*). Hasil studi yang diperoleh menunjukkan bahwa *elbow tubes* mengalami proses penipisan pada dinding bagian dalam sisi kurvatur luar dengan tekstur atau penampakan permukaan yang kasar dan bergelombang. Jenis kegagalan yang terjadi ini dikenal sebagai erosi-kavitasi. Tingkat kegagalan erosi-kavitasi yang terjadi sangat dipengaruhi oleh sudut penyambungan *elbow tube* dengan *low pressure evaporator outlet header*. Semakin besar sudut penyambungan atau semakin kecil radius belokan *elbow tube*, maka semakin tinggi laju erosi-kavitasi yang terjadi. Tingginya laju erosi-kavitasi yang dialami oleh keempat *elbow tubes* kemungkinan juga disebabkan oleh tingginya tingkat turbulensi aliran fluida kerja yang terjadi di dalam *elbow tubes*. Peningkatan turbulensi yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh pengaruh penurunan tekanan fluida kerja di dalam panel *evaporator tubes* sehingga mengakibatkan sebagian dari fluida kerja berubah menjadi uap dan menimbulkan aliran dua fasa berupa campuran air dan uap ketika memasuki *elbow tubes*.

Kata Kunci: Erosi-kavitasi, elbow tube, low pressure evaporator outlet header, turbulensi, kurvatur luar

Cavitation-Erosion Study in Elbow Tubes of a Low-Pressure Evaporator Outlet Header

This paper presents the results of the cavitation-erosion study that occurred on elbow tubes that connected to the low-pressure evaporator outlet header on an HRSG (heat-recovery steam generator) unit. Inside the elbow, tubes flow the working fluid in the form of hot water with a pressure of 10 bar and a temperature of 160°C. Elbow tubes are made of low carbon steel, have an outer diameter of 31.8 mm, and a wall thickness of 2.6 mm. Before entering into the elbow tubes, the working fluid warms up inside the evaporator tubes panel using hot flue gases coming from a gas turbine power plant unit. In this study, there were 4 (four) pieces of post-service elbow tubes used, namely elbow tube with the connecting angle of 90°, 75°, 60°, and 45°. The types of tests carried out included macroscopic tests, chemical analysis, metallographic examinations, hardness tests, and EDS (energy dispersive spectroscopy) analysis. The study results obtained show that the elbow tubes undergo a process of thinning on the inner wall of the outer curvature with a rough and jagged surface appearance. This type of failure is known as cavitation-erosion. The level of cavitation-erosion that occurs is very much influenced by the elbow's connecting angle with the LP Evaporator header outlet. The greater the connecting angle or, the smaller the radius of the elbow tube, the higher the level of cavitation-erosion that occurs. The high rate of cavitation-erosion experienced by the four elbow tubes is also related to the level of turbulence of the working fluid flow that occurs in the elbow tube. The increase in turbulence that occurs is caused by a decrease in the pressure of the working fluid in the evaporator panel so that some part of the working fluid turns into steam and produces a two-phase flow consisting of a mixture of water and steam.

Keywords: Cavitation-erosion, elbow tube, low pressure evaporator outlet header, turbulence, outer curvature

