

ANALISIS PATAHAN BAHAN *PART CHAINLINK* PADA *DRAG CHAIN CONVEYOR* DENGAN PENGUJIAN FRAKTOGRAFI MENGGUNAKAN SEM DAN EDX

Gunawan Dwi Haryadi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Failure of production tool components is undesirable for several reasons, one of them is economic because it can increase maintenance cost. Drag chain conveyor is one of the important tool which is used for coal handling in cement industries. The problem that often happens is failure of chainlink. This paper is aimed to analyze the characteristics of chainlink's fracture. Material examination which have been done is frctographic test for fractograph analysis. The result showed that overload was the root cause of failure. Overload that indicated by dimple rupture mode on its fracture apperence was caused by jam of chainlink movement on its way. In addition, low quality of surface finish introduced so many stress raiser and unfortunately severe wear also contributed to reduce its strength.

Key words: Crack, dimple, debonding, SEM.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan alat-alat *transport* sangat penting dalam industri terutama industri semen. Alat-alat *transport* yang dimaksud adalah alat yang digunakan untuk memindahkan material dari satu unit ke unit lainnya. Untuk dapat menunjang kelancaran proses produksi maka dilakukan pemeliharaan alat-alat *transport*. Pada umumnya tindakan pemeliharaan adalah segala aktivitas yang meliputi pembersihan, pemeriksaan, pelumasan, penyetelan/perbaikan dan pengujian fungsi [12].

Untuk menjalankan aktivitas produksinya, pabrik semen menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Dari tempat penyimpanan, batubara dibawa oleh alat yang disebut *drag chain conveyor* menuju tempat penggilingan. *Drag chain conveyor* adalah alat pembawa batubara yang konstruksinya seperti rantai dimana di antara pasangan mata rantai (*chainlink*) terdapat penghalang yang berfungsi mendorong batubara pada lintasannya. Permasalahan yang terjadi adalah putusnya mata rantai.

Penelitian ini dilakukan untuk mengungkap penyebab kegagalan *chainlink* dengan cara mengobservasi dan menganalisis penampang patahannya. Adapun parameter penelitian adalah modus patahan, mekanisme perpatahan, dan penyebab perpatahan bahan *chainlink*. Hal dibahas meliputi fraktografi patahan. Luaran yang diharapkan adalah hasil analisis tentang penampakan patahan, penyebab patahan, dan mekanisme perpatahan bahan *chainlink*.

1.2 Tujuan Penelitian

Melakukan pengujian fraktografi menggunakan SEM dan EDX untuk menganalisis penampakan patahan, modus patahan dan penyebab patahnya *chainlink*.

1.3 Batasan Masalah

1. Bahan yang diteliti adalah patahan *chainlink* dari *drag chain conveyor* dengan merek LOUISE yang diproduksi oleh AUMUND, Jerman, dimana digunakan sebagai pengangkut batubara di Unit Kiln dan Coal

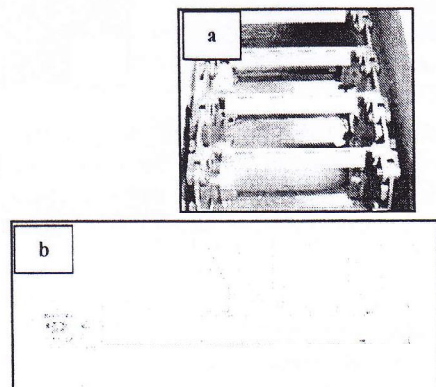
mill, Pabrik semen

2. Permasalahan difokuskan pada fraktografi patahan yang meliputi penampakan patahan, penyebab patahan, dan mekanisme perpatahan bahan *chainlink*.
3. Pengamatan patahan dilakukan dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM).

2. LANDASAN TEORI

2.1. Drag chain conveyor

Drag chain conveyor adalah alat *transport* batubara yang digerakkan dengan sistem rantai dengan mekanisme mendorong batubara pada lintasannya. Alat ini berfungsi untuk memindahkan batubara baik *powder* atau *granular* yang bersifat abrasif. Alat ini menggunakan *casing* yang tertutup rapat sehingga dapat mencegah pencemaran debu dari lingkungan. Mekanisme *drag chain conveyor* dirancang sedemikian rupa sehingga komponen *chainlink* pada alat tersebut meluncur pada suatu bantalan atau jalur yang disebut dengan *wear block* [12]. Kontak luncur seperti ini diterapkan pada *conveyor* karena konstruksinya yang sederhana, lebih sedikit part yang berpindah, lebih ekonomis, dan paling efektif untuk *dirty application* [5].



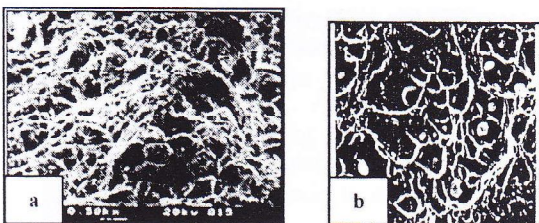
Gambar 1. a. Drag chain conveyor, b. Mekanisme transport batubara dengan drag chain conveyor [2]

2.2 Fraktografi

Fraktografi adalah ilmu yang menjelaskan kondisi pembebanan dan lingkungan yang menyebabkan perpatahan dengan interpretasi tiga dimensi dari penampakan komponen yang patah. Tujuan utama dari fraktografi adalah untuk menentukan akar penyebab kegagalan dimana dapat timbul dari berbagai macam kondisi seperti penggunaan yang tidak benar, kondisi lingkungan operasi yang tidak terantisipasi, tidak sesuai desain, proses fabrikasi, dan pemeliharaan serta kombinasi dari hal-hal tersebut. Bahasan fraktografi meliputi bagaimana retak bisa mengintikan dan berkembang untuk menyebabkan perpatahan dan penampakan dari fitur-fitur mikro pada permukaan patahan yang membantu untuk mengidentifikasi mekanisme mikroskopik yang menyebabkan patah. Fraktografi memberikan informasi tentang apakah bahan dioperasikan di atas batas tegangan desainnya atau bahan komponen tidak mempunyai sifat-sifat yang diasumsikan oleh seorang ahli teknik [10].

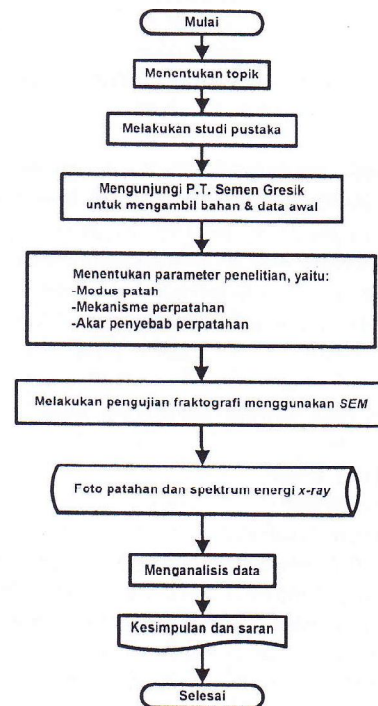
2.3 Modus Patahan *Dimple Rupture*

Ketika pembebanan berlebih menjadi penyebab utama terjadinya patahan maka patahnya struktur baja paduan disebabkan oleh penggabungan *microvoid* (*microvoid coalescence*). *Microvoid* mengalami pengintian pada daerah-daerah yang mengalami *discontinuity*, seperti partikel fasa kedua, batas butir, dan inklusi. Semakin besar regangan yang terjadi pada material maka *microvoid-microvoid* tumbuh, bersatu lalu membentuk permukaan patah. Patahan dengan tipe ini menampilkan cekungan-cekungan seperti mangkuk yang merupakan hasil dari penggabungan *microvoid-microvoid*. Cekungan-cekungan seperti mangkuk inilah yang disebut dengan *dimple* dan mode patahan yang terjadi disebut modus patahan *dimple rupture* [11]. Contoh permukaan patahan dengan modus *dimple rupture* diilustrasikan pada gambar 2.



Gambar 2. Contoh patahan dengan modus *dimple rupture*. a. Patahan *dimple intergranular*, b. Inklusi sulfida dengan ukuran besar dan kecil pada baja yang memperlihatkan adanya daerah *void-nucleating* [11].

3. Metode Penelitian



Gambar 6. Diagram alir penelitian.

4. DATA DAN ANALISIS DATA

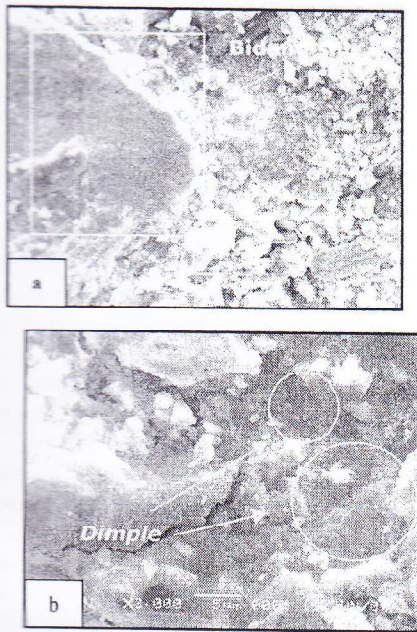
4.1 Fraktografi *Chainlink*

4.1.1 Analisis Patahan



Gambar 3.

Foto SEM pada daerah patahan. Modus patahan *dimple rupture*. a. Perbesaran 100x yang memperlihatkan *slag* berwarna putih, b. Perbesaran 600x memperlihatkan pola *intergranular* dan *transgranular*.



Gambar 4. Foto SEM dari patahan. Perbesaran pada daerah slog. a. perbesaran 1000x, b. perbesaran 3000x.

Pengujian SEM dilakukan pada patahan *chainlink* untuk menganalisis topografi patahan dan mekanisme keretakan. Sesuai dengan foto struktur mikro yang menyatakan bahwa *chainlink* mengalami perlakuan panas celup lalu *ditempering* pada temperatur rendah maka penampakan permukaan yang terlihat dengan magnifikasi yang rendah (100x) pada gambar 9a memperlihatkan permukaan yang datar [10]. Jika pengamatan dilakukan pada magnifikasi lebih tinggi (3000x) pada gambar 9b, maka terlihat fitur-fitur cekungan yang menandakan bahwa daerah tersebut mengalami pengintian *void* sebelum patah. Patahan yang terjadi memperlihatkan kumpulan cekungan-cekungan seperti mangkuk yang merupakan hasil dari penggabungan *microvoid*. Cekungan-cekungan tersebut yang dinamakan sebagai *dimple* [11]. Proses peripatahan dimulai dari penggabungan *microvoid* dalam bahan. *Microvoid* mengintikan pada daerah yang mengalami *discontinuity* regangan yang disebabkan karena partikel fasa kedua, inklusi, dan batas butir. Dengan meningkatnya regangan pada bahan, maka *microvoid* akan tumbuh, bersatu dan membentuk permukaan patah yang kontinyu [11].

Ditinjau dari ukurannya, maka *dimple* yang terbentuk ada yang berukuran kecil dan besar (*dual dimple*). *Dimple-dimple* yang kecil terbentuk dari nukleasi *microvoid* pada area partikel-partikel fasa kedua seperti karbida [11]. Sedangkan beberapa *dimple* yang berukuran lebih besar terbentuk karena *microvoid* mengintikan pada area partikel inklusi seperti *MnS* yang ukurannya lebih besar dari partikel fasa kedua [10]. Adapun ukuran cekungan yang terbentuk pada permukaan patahan juga dipengaruhi oleh jumlah partikel dan jarak antar partikel dimana *microvoid* mengintikan. Jika jumlah partikel sedikit dan jarak antar

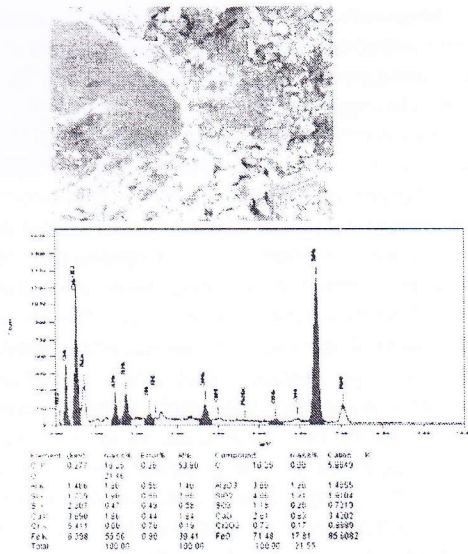
partikel berjauhan maka *microvoid* akan tumbuh membesar sebelum bergabung dengan *microvoid* lainnya. Sehingga membentuk cekungan yang besar. Sedangkan cekungan yang kecil terbentuk jika jumlah partikel lebih banyak dan saling berdekatan sehingga *microvoid* tidak sempat tumbuh membesar ketika bergabung dengan *microvoid* yang lain [11].

Pada gambar tersebut terlihat ada beberapa pola patahan yang berbentuk *intergranular* dan *transgranular*. *Intergranular microvoid coalescence* adalah terjadi karena pengintian *microvoid* terjadi pada batas butir yang disebabkan karena segregasi partikel-partikel yang tak mampu larut pada batas butir sehingga daerah antarmuka antara partikel-partikel tersebut dengan daerah lunak pada batas butir dapat berperan sebagai tempat yang dipilih untuk inisiasi *microvoid* [3]. Dengan cara ini, *chainlink* dapat mengalami kegagalan berdasarkan fenomena *intergranular* tetapi dengan mekanisme ulet [3]. Adanya daerah *intergranular* pada patahan *chainlink* disebabkan karena ketidakseragaman distribusi unsur-unsur yang tak mampu larut pada bahan sehingga terkonsentrasi pada beberapa bagian tertentu.

Pola *transgranular microvoid coalescence* terjadi jika *microvoid* terbentuk di dalam butir yang mengintikan pada area partikel fasa kedua atau area inklusi lalu merambat melewati butir. Pola jenis ini terjadi pada daerah dimana batas butirnya tidak mengandung partikel-partikel tak mampu larut sehingga nilai kekerasannya hampir sama dengan daerah dalam butir maka penggabungan *microvoid* akan menyeberang melewati daerah antarmuka fasa-fasa dengan matrik dalam butir menuju *microvoid* berikutnya karena mengingat bahan *chainlink* adalah bahan polikristal [3].

Permukaan patahan juga memperlihatkan adanya deformasi bidang slip (*slip band deformation*). Bidang-bidang geser tersebut timbul partikel-partikel pemicu *debonding* terpisah pada jarak yang lebih lebar antara satu dengan lainnya. Akibatnya, proses penggabungan *microvoid* berlangsung dengan perambatan retak melalui deformasi slip pada area spasi (*interligament region*) antara *void-void* [10].

Topografi patahan memperlihatkan adanya partikel-partikel oksida. Daerah berwarna putih pada gambar 9a merupakan partikel-partikel oksida yang terbentuk. Adanya partikel-partikel oksida disini menandakan bahwa setelah *chainlink* patah, panampang patahan terkorosi dengan atmosfer disekitarnya. Hasil pengujian SEM yang disertai dengan EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) yang ditunjukkan pada gambar 10 menunjukkan bahwa unsur-unsur yang terdapat pada permukaan patahan adalah unsur utama yaitu besi dan unsur-unsur paduan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik bahan seperti aluminium, krom, dan silikon. Unsur-unsur tersebut bereaksi dengan oksigen dari udara bebas dan membentuk senyawa oksida pada permukaan patahan [15].



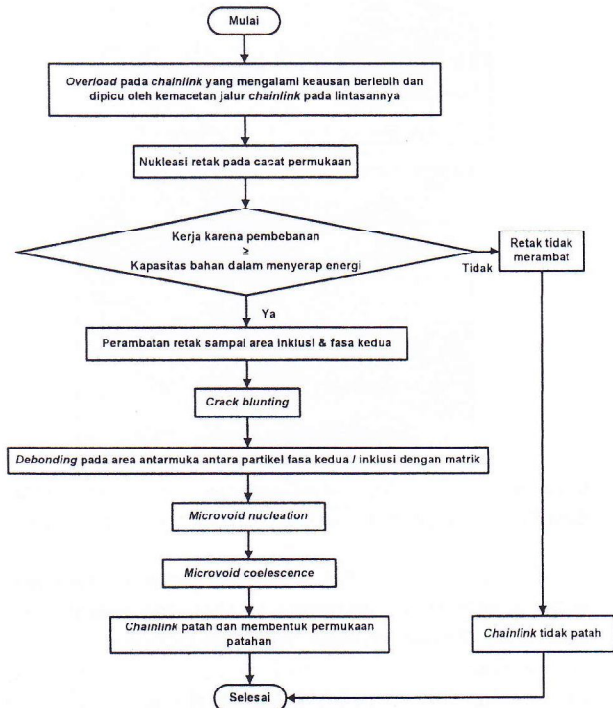
Gambar 5. EDX pada permukaan patahan.

Berdasarkan topografi patahan yang terbentuk dan setelah dicocokkan dengan atlas fraktografi, maka modus patah yang terjadi adalah *dimple rupture*. Permukaan yang kasar dan tidak rata pada permukaan patahan mengindikasikan bahwa patahan yang terjadi adalah patahan yang disebabkan karena pembebanan berlebih (*overload*). *Chainlink* mengalami deformasi plastis melampaui batas kekuatannya hingga patah.

4.1.2 Penyebab Terjadinya Patahan dan Mekanisme Perpatahan

Proses perpatahan diawali dengan *overload* pada *chainlink* yang mengalami keausan berlebih sehingga mengalami pengurangan dimensi yang menurunkan kekuatan tarik. Penginjian retak pada cacat permukaan disebabkan karena ketidaksempurnaan proses manufaktur dan perlakuan panas yang menyertainya. Cacat permukaan menyebabkan peningkatan tegangan secara terpusat [10]. Pada saat komponen mengalami pembebanan berlebih, jika kerja yang diberikan oleh sistem lebih besar daripada kapasitas bahan dalam menyerap energi maka retak akan terinisiasi pada beberapa bagian permukaan yang mengalami konsentrasi tegangan. Kondisi pembebanan tersebut menyebabkan tegangan lokal melampaui kekuatan luluh bahan [7]. Jika bahan sudah tidak mampu menahan kerja yang diberikan sistem maka akan terjadi perambatan retak. Oleh karena bahan *chainlink* adalah baja paduan, maka bibir retak akan menumpul (*crack blunting*) ketika memasuki daerah inklusi atau partikel fasa kedua. Menumpulnya retak diikuti dengan penurunan tegangan sehingga retak merambat dengan mekanisme *debonding* antarmuka pada daerah inklusi dan partikel fasa kedua. *Debonding* terjadi pada arah tegangan maksimum pada matrik, dan daerah di sekeliling inklusi-inklusi yang lunak dan besar mengalami *debonding* terlebih dahulu lalu diikuti dengan *debonding* pada daerah sekeliling partikel fasa kedua yang lebih kecil dan lebih keras [10]. *Debonding* pada daerah ini merupakan proses penginjian

microvoid (*microvoid nucleation*) yang dilanjutkan penggabungan *microvoid-microvoid* (*microvoids coalescence*) sehingga membentuk permukaan patahan. Mekanisme perpatahan dijelaskan secara diagramatis pada gambar 6.



Gambar 6. Mekanisme perpatahan bahan *chainlink*.

Modus patahan *dimple rupture* yang disebabkan karena *overload* diduga disebabkan karena beberapa hal, yaitu:

- *Overload* yang dipicu oleh macetnya pergerakan *chainlink* pada lintasannya.
- Konsentrasi tegangan pada *chainlink* saat terjadi pembebanan yang disebabkan karena kualitas permukaan yang kurang baik.
- Keausan berlebih pada permukaan *chainlink* yang mengalami kontak gesek yang menyebabkan berkurangnya ketinggian plat *chainlink* sehingga menurunkan kekuatan.

Pada poin pertama, *overload* yang dimaksud disini bukanlah *overload* yang disebabkan karena *drag chain conveyor* mengangkut batubara melebihi kapasitas terpasang maksimumnya karena *vendor* pembuat alat ini dianggap sudah mempertimbangkan pembebanan maksimum dan faktor keamanan sehingga dengan memperhitungkan faktor keamanan maka beban kerja maksimum dalam mengangkut batubara masih dibawah kekuatan luluh bahan *chainlink*. *Overload* yang dimaksud disini berkaitan dengan macetnya pergerakan *chainlink* pada lintasannya yang disebabkan karena beberapa faktor sehingga *chainlink* tetap mengalami tarikan oleh motor penggeraknya sehingga mengalami deformasi plastis yang berakhir dengan perpatahan. Oleh karena itu diperlukan langkah korektif dalam pemeliharaan *drag chain Conveyor*.

Pada poin kedua, konsentrasi tegangan pada *chainlink* saat terjadi pembebanan disebabkan karena kualitas permukaan komponen yang buruk. Banyaknya *diskontinuitas* permukaan yang diakibatkan karena cacat pengecoran seperti penyusutan pemadatan (*solidification shrinkage*) dan lubang permukaan (*surface blowhole*) membuat tegangan terpusat yang nilainya melebihi kekuatan luluh bahan pada daerah yang mengalami cacat permukaan. Untuk mengatasi permasalahan ini maka permukaan *chainlink* memerlukan perlakuan permukaan (*surface treatment*) pada bagian-bagian tertentu untuk mengeliminasi cacat permukaan.

Pada poin ke tiga, keausan yang terjadi karena kontak antara *chainlink* dan *wearblock* yang terekspose dengan mineral batubara yang bersifat abrasif menyebabkan keausan pada area kontak yang dapat menurunkan kekuatan tarik bahan *chainlink*. Jika keausan plat *chainlink* sudah mencapai setengah dari jarak permukaan kontak dengan lubang pin, maka *chainlink* harus diganti atau dilakukan pengelasan pengerasan permukaan (*surface hardfacing*). Begitu juga dengan area kontak antar sambungan *chainlink*. Jika keausan di daerah tersebut mencapai sepertiga dari jarak lubang ke permukaan maka diperlukan langkah untuk mencegah *sudden fracture*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan permukaan patahan yang terbentuk dan setelah dicocokkan dengan atlas fraktografi, maka modus patah yang terjadi adalah *dimple rupture* yang disebabkan karena *overload*. *Overload* terjadi pada bahan *chainlink* dipicu oleh kemacetan *chainlink* pada lintasannya. Kualitas permukaan yang buruk menyebabkan banyak konsentrasi tegangan yang memicu timbulnya retak permukaan. Ditambah lagi permasalahan keausan berlebih yang menurunkan kekuatan bahan.

5.2 Saran

Perlu adanya permodelan gerak sistem *drag chain conveyor* untuk mengetahui mekanisme kerja sistem yang menyebabkan patahnya bahan *chainlink*.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonimous,, "Coal assay" Literatur Bahan, www.wikipedia.com Akses 26 September 2007.
- [2] Anonimous,, "Drag Chain Conveyor", Literatur Bahan. <http://www.aumund.com>, Akses 16 Juli 2007.
- [3] Anonimous,, "Effect of Alloying Element", Literatur Bahan, <http://www.pvsteel.com>. Akses 5 September 2007.
- [4] Anonimous,, "Prosedur Pemotretan Scanning Electron Microscope (SEM) JSM-35C", Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Laut (P3GL), Bandung.
- [5] Anonimous,, "Rexnord & Link-Belt Conveyor, Elevator, & Drive Chains

Performance, Value, & Reliability", Literatur Bahan, www.rexnord.com Akses 17 Desember 2007.

- [6] Anonimous,, "Section 3 Conveyor Chain Installation and Maintenance", Literatur Bahan, www.renold.com, Akses 27 Desember 2007
- [7] Ashby, M. F., 1998, "Engineering Materials 1 - An Introduction To Their properties & Applications", 2nd edition, MFG Books Ltd. Bodmin, Cornwall, Literatur Bahan, Akses 5 September 2007.
- [8] ASM team, 1993, "ASM Metal Handbook Volume 1 Properties and Selection : Iron, Steels, and High Performance Alloys", American Society for Metals, The United States of America, Literatur Bahan, www.gigapedia.org, Akses 27 November 2007.
- [9] ASM team, 1993, "ASM Metal Handbook Volume 6 Welding, Brazing and Soldering", American Society for Metals, The United States of America, Literatur Bahan, www.gigapedia.org, Akses 27 November 2007.
- [10] ASM team, 1993, "ASM Metal Handbook Volume 11 Failure Analysis and Prevention", American Society for Metals, The United States of America, Literatur Bahan, www.gigapedia.org, Akses 28 November 2007.
- [11] ASM team, 1993, "ASM Metal Handbook Volume 12 Fractography", American Society for Metals, The United States of America.
- [12] Baqdiono, Ferry, 2000, "Manageman Pemeliharaan Mesin, CMMS dan Implementasinya pada Pemeliharaan Kiln, Crusher dan Mill", Institut Semen dan Beton Indonesia, Ciangrana, Bogor.
- [13] Bramfitt, Bruce. L, "Carbon and Alloy Steel", International Steel Group, Inc, Research Laboratories, Bethlehem, Pennsylvania. www.materialcommunity.com, Literatur Bahan. Akses 2 Agustus 2007.
- [14] Brooks, Charlie R., 1996, "Principle of The Heat Treatment of Plain Carbon Steel and Low Alloy Steel", ASM Internastional, USA.
- [15] Callister Jr, William. D, 1994, "Material Science And Engineering", 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [16] Dieter, George. E, 1986, "Mechanical Metallurgy" 3rd edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- [17] Haryadi, Gunawan D., 2002, "Pengaruh Perlakuan Panas T8L Pada Al 6013 Yang Telah Mengalami Proses Pengelasan Terhadap Laju Perambatan Retak Fatik", Tesis S-2, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [18] Kalpakjian, Serope, 2000, "Manufacturing Engineering and Technology", Third Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts.

- [19] Krauss, George, 1979, "*Principle Heat Treatment of Steel*", Department of Metallurgical Engineering Colorado School of Mines. USA.
- [20] Langford, George, 1966, "*Microstructure*", Massachusetts Institute of Technology, www.georgesbasement.com, Literatur Bahan. Akses 26 September 2007.
- [21] Meyrick, Glyn,, "*Physical Metallurgy of Steel*". Literatur Bahan. www.engineeringmaterial.org. Akses 31 Agustus 2007.
- [22] Okumura, Toshie., Wiryosumarto Harsono., 2000, "*Teknologi Pengelasan Logam*", Cetakan ke-8, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- [23] Rod, Olivier., Becker Christian., Nylén Margareta., "*Opportunities and Dangers of Using Residual Elements in Steels: A Literature Survey*", Jernkonterets Forskning, Swedish, Literatur Bahan, www.jernkonterets-forskning.gov.uk, Akses 2 Agustus 2007.
- [24] Smith, William F., 1981, "*Structure and Properties of Engineering Alloys*", McGraw-Hill Publishing Company, Literatur Bahan, www.steel.com, Akses 22 Juli 2007.
- [25] Wigley F, Williamson J, 2005, "*Coal Mineral Transformations – Effects on Boiler Ash Behaviour*", Literatur Bahan, www.berr.gov.uk Akses 30 September 2007.
- [26] Yurianto, 2005, "*Kepekaan Retak HAZ Sambungan Las Pipa Api 5L X65*", Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- [27] Zhu, Chen, 2005, "*Tempering of Engineering Steels*", Literature Review, Oxford material, Oxford, Literatur Bahan, www.heattreatment.com, Akses 2 Agustus 2007.