

ANALISIS KEGAGALAN *IMPELLER SLURRY PUMP* DI SEBUAH INDUSTRI KAOLIN

Sri Nugroho, Singgih Puji Raharjo

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Kampus Undip Tembalang, Semarang 50275, Indonesia
Phone: +62-24-7460059, FAX: +62-24-7460058, E-mail: sringug@yahoo.com

Abstrak

Pompa sentrifugal di sebuah industri kaolin direncanakan mempunyai umur antara 1-2 tahun operasi. Pompa ini berfungsi untuk memindahkan slurry sebagai bahan dasar kaolin yang memiliki pH 3-4. Ditemukan kasus di mana beberapa pompa mempunyai umur hanya sampai 6 bulan operasi. Kemungkinan penyebab kasus ini antara lain kesalahan pemilihan material impeller pompa, kesalahan spesifikasi pompa, kesalahan operasi, dan sebagainya. Belum ada upaya dari perusahaan tersebut untuk mencari penyebab kegagalan ini. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan pada kondisi lingkungan kerja dari pompa slurry, pengujian terhadap slurry, pengamatan secara visual pada kondisi impeller yang mengalami kegagalan serta melakukan pengujian pada material impeller yang mengalami kegagalan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kesalahan pemilihan material impeller menjadi penyebab kegagalan impeller pada industri kaolin ini.

Kata kunci: *kaolin, impeller, kegagalan, slurry, pompa sentrifugal*

1. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal dipakai pada sebagian besar industri kaolin untuk memindahkan atau transport *slurry*. *Slurry* adalah campuran fasa padat dan cair seperti pasir dan air, kaolin, *slurry* pada proses *zinc hydrometallurgy*, dan lain-lain [1]. Umur dari pompa ini bisa mencapai beberapa minggu sampai dengan beberapa tahun operasi bergantung pada jenis dan karakteristik *slurry* yang diangkutnya. Terdapat banyak masalah yang terjadi pada pompa sentrifugal ini saat operasinya, masalah tersebut antara lain: aus, erosi, korosi, kavitasi dan lain-lain. Pompa sentrifugal tersusun atas beberapa komponen, antara lain: *impeller*, *volute* atau *casing*, *shaft sleeve*, dan lain-lain. Bagian yang paling sering dan parah mengalami kerusakan adalah *impeller*.

Impeller adalah bagian dari pompa yang berputar dan berfungsi mengubah tenaga mesin ke tenaga kinetik. *Impeller* yang kita amati merupakan *impeller* pompa sentrifugal. Pada proses produksi kaolin pompa ini berfungsi untuk memompakan *slurry* dari *slurry pool* ke mesin press untuk dipisahkan dengan air. Kaolin merupakan massa batuan yang tersusun dari material lempung dengan kandungan besi yang rendah, dan umumnya berwarna putih atau agak keputihan. Kaolin mempunyai nama kimia aluminium silikat hidrat dengan simbol kimia $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ serta memiliki banyak aplikasi di industri.

Uji material penting dan merupakan langkah yang dapat dilakukan untuk mengetahui sifat dari

material yang selanjutnya hasil dari pengujian dapat digunakan untuk menganalisa faktor-faktor penyebab kegagalan *impeller*. Selain mengetahui sifat material, karakteristik dari kandungan unsur dalam material *impeller* juga berpengaruh pada kegagalan yang terjadi.

Penelitian ini berusaha mencari penyebab kerusakan *impeller* pompa *slurry* pada industri kaolin. Masalah yang ditemukan adalah umur operasi *impeller* ini yang sangat singkat dibandingkan yang diinginkan. Sebelumnya di industri tersebut belum ada usaha untuk menganalisa penyebab kerusakan ini.

2. PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan yaitu:

1. Pengamatan visual

Pengamatan secara visual dilakukan dengan jalan mengamati *impeller* secara langsung. Pengamatan dilakukan setelah *impeller* dibersihkan sehingga akan terlihat bagian-bagian yang terkikis oleh erosi dan korosi.

2. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia digunakan untuk mengetahui komposisi dan unsur yang terkandung dalam material. Dari komposisi serta kandungan utama dari material nantinya dapat kita gunakan untuk menganalisa penyebab dari kegagalan *impeller* serta kemungkinan penggantian material apabila diperlukan.

3. Pengujian Metalografi

Pengujian *metalografi* digunakan untuk mengetahui bentuk struktur mikro dari spesimen yang akan diuji.

4. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode *Rockwell*. Uji kekerasan *Rockwell* menggunakan *indentor* berbentuk bola. Diameter bola 1/16", yang berarti di sini kita menggunakan metode pengujian kekerasan *Rockwell B* (HRB). Metode *Rockwell B* dipilih karena selain cepat dan bebas dari kesalahan manusia juga karena metode ini yang paling sering dipergunakan dalam industri. Dengan pertimbangan bahwa *impeller* yang kita analisa dipergunakan dalam industri kaolin maka dipilih metode uji kekerasan *Rockwell* ini.

3. HASIL DAN ANALISA

1. Kondisi Kerja *Slurry Pump*

Industri kaolin melingkupi beberapa tahapan proses yaitu *mining*, *washing*, *filtering*, *press*, *drying*, dan *milling*. Pada proses *press*, *slurry pump* digunakan untuk memompakan *slurry* dengan kandungan air kurang lebih 80% dari *slurry pool* ke mesin *press* dengan tujuan untuk mengurangi kadar air menjadi maksimal 35%. *Slurry* yang dipompakan mengandung senyawa Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 serta beberapa senyawa lainnya yang terlihat pada tabel 3.2 dan memiliki pH 4,0-5,0. Pompa digerakkan oleh motor 25 Hp dan bekerja pada putaran 1475 rpm, dengan kedalaman *slurry pool* 3 meter ditambah sumur 2 meter. Pompa menggunakan pipa berdiameter 4 inch (10,16 cm) pada sisi hisapnya dan sisi buangnya.

Selain itu *slurry pump* bekerja pada produk dengan kualitas 325 *mesh* (0,04mm) dengan viskositas 8 Poise dan memiliki maksimal 2% residu. Residu yang ada biasanya berupa pasir dan zat-zat pengotor lainnya seperti karat dan lumut yang biasanya tumbuh di sekitar *slurry pool*. Pada *slurry pump* ini perawatan dilakukan secara berkala terutama untuk penggantian *packing* yang bertujuan untuk menghindari adanya kebocoran. Selain itu pengecekan terhadap kebocoran pipa isap dan kondisi *part* juga dilakukan secara berkala agar pompa selalu dalam kondisi siap beroperasi.

Slurry pump memompakan *slurry* ke dalam mesin *press*, setiap satu pompa dihubungkan pada satu set mesin *press* yang terdiri dari 50 sel dengan panjang 1 m, lebar 1 m, dan ketebalan product yang dihasilkan 0,1 m. Pada kondisi normal (pompa dalam kondisi baik dan *slurry* memiliki spesifikasi yang bagus) pompa membutuhkan waktu 60 menit untuk satu *cycle* pengepresan. Dengan rata-rata kandungan air pada *slurry* 80%, maka dibutuhkan *slurry* 81,25 m³/jam atau 0,023 m³/s.

2. Pemilihan pompa

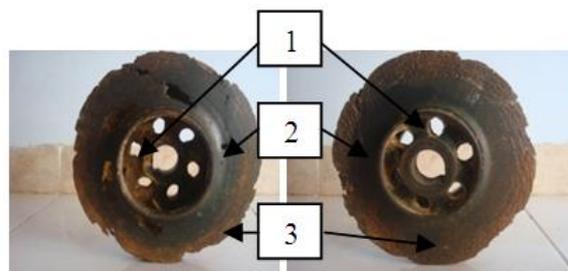
Parameter	Hasil Perhitungan	Kondisi Aktual
Head	20,84 m	24,6 m
Daya	24,1 Hp	25 Hp
Putaran	1400 rpm	1475 rpm
Debit	81,25 m ³ /jam	278 m ³ /jam

Dari hasil perbandingan hasil perhitungan dan kondisi aktual di lapangan, tidak terdapat kesalahan dalam pemilihan pompa.

3. Pengamatan Visual

Gambar 1 menunjukkan kondisi *impeller* yang sudah beroperasi selama 6 bulan pada industri kaolin. Terlihat bahwa *impeller* terutama pada bagian yang bersentuhan langsung dengan *slurry* mengalami pengikisan akibat *slurry*. Pada gambar tampak kedua sisi dari *impeller* yaitu sisi utama yang bersentuhan langsung dengan *slurry* dan sisi sekunder yang membelakangi arah datangnya *slurry*. Sisi utama mengalami erosi dan korosi yang lebih parah dibandingkan dengan sisi sekundernya, hal ini terlihat dari besarnya gap dan keausan pada sisi utama.

Selain itu nampak bahwa kondisi permukaan sisi utama terlihat lebih halus tetapi banyak kerusakan berupa lubang, sedangkan pada sisi sekunder terlihat permukaan tepi kasar. Hal ini terjadi karena kombinasi erosi dan korosi terjadi secara langsung dan terus menerus pada sisi utama. Pada pengamatan secara *visual* terlihat bahwa keausan yang diakibatkan korosi dan erosi terbagi pada 3 bagian. Bagian pertama ada di sekitar lubang poros, di sini terlihat bahwa kondisi *impeller* masih baik, dan tidak terimbas oleh korosi dan erosi. Bagian kedua berada sekitar 2"-5", di sini terlihat efek dari korosi dan erosi serta pengikisan yang disebabkan pengaruh dari kecepatan. Yang terparah ada pada bagian ketiga, yaitu bagian tepi dari *impeller*, pada bagian ini terlihat keausan yang terjadi sangat parah.



Gambar 1. Sisi utama dan sisi sekunder *impeller*

Dilihat dari kondisi sisi utama yang berlubang, dapat disimpulkan bahwa pada bagian ini erosi lebih dominan sedangkan pada sisi sekunder erosi dan korosi berperan sama pada kegagalan impeller ini. Selain itu semakin besar diameter maka keausan yang terjadi juga semakin besar.

4. Pengujian Komposisi Kimia

Uji komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui bahan beserta unsur-unsur yang terkandung di dalam material *impeller*. Komposisi kimia dari material *impeller* ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia *impeller slurry pump*

No.	Unsur		% Berat
1	Besi	Fe	88,100
2	Karbon	C	>2,00
3	Silikon	Si	1,4600
4	Mangan	Mn	0,6620

Dari hasil pengujian komposisi kimia di atas dapat disimpulkan material impeller pompa slurry adalah besi cor. Hal ini cukup mengejutkan karena informasi awal material untuk impeller pompa slurry pada industri kaolin mempergunakan baja tahan karat. Bukti kesimpulan komposisi kimia ini nanti akan lebih diperkuat oleh data struktur mikro dan hasil pengujian kekerasan.

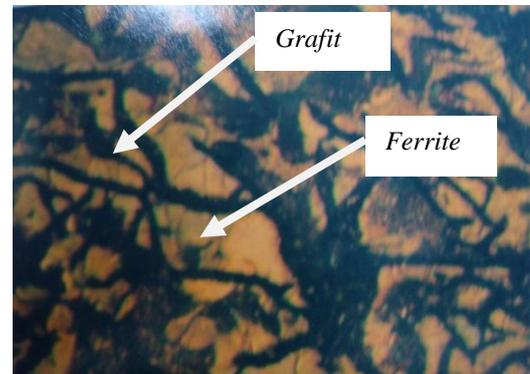
5. Pengujian Struktur Mikro

Gambar 2 adalah hasil uji struktur mikro tanpa penambahan etsa (permukaan benda kerja hanya dipoles) dari *impeller*. Dari gambar terlihat bahwa sudah terdapat grafit berupa lamel-lamel halus yang merupakan ciri dari besi cor. Dengan adanya grafit logam akan bersifat peredaman getaran yang baik, kemudahan dalam pengerjaan permesinan, kekuatan tarik yang rendah dan relatif getas [7].



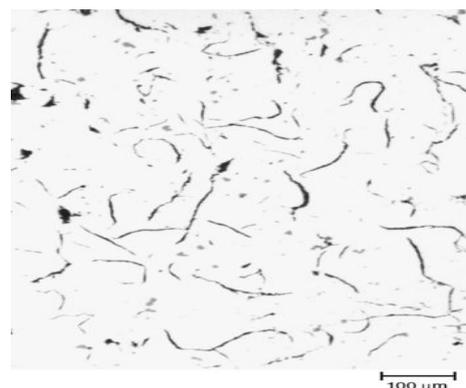
Gambar 2. Hasil uji struktur mikro tanpa etsa perbesaran 100x

Gambar 3 merupakan hasil uji struktur mikro dengan penambahan etsa Nital 4% pada perbesaran 200X dari *impeller slurry pump*, dimana struktur mikronya terdiri dari matriks *ferrite* dan *grafit* dengan butiran yang halus.



Gambar 3. Struktur mikro *impeller* dengan etsa nital perbesaran 200x

Dari pengujian *metalografi* dapat diketahui bahwa struktur akhir yang terbentuk adalah *ferrite* dan grafit. *Ferrite* ditunjukkan oleh daerah berwarna terang karena kandungan utama dari *ferrite* adalah besi yang bersifat mengkilap sedangkan warna hitam merupakan daerah *grafit*. Gambar 2 dan 3 ini adalah struktur mikro dari besi cor yang ditandai dengan bentuk serpih memanjang warna gelap (*flake*) dan fasa *ferrite* (terang). Kesimpulan tersebut dapat kita peroleh dengan membandingkan struktur mikro material *impeller* dengan struktur mikro standar untuk besi cor kelabu pada gambar 4. Terlihat kesamaan struktur pada hasil uji struktur mikro antara material *impeller* dengan struktur standar tersebut dimana terdapat grafit berbentuk *flake* yang merupakan ciri khas dari besi cor kelabu.



Gambar 4. Struktur mikro standar dari besi cor kelabu [9]

6. Pengujian Kekerasan

Pengujian ini dilakukan dengan Metode *Rockwell* (HRB) dengan beban 981 N dan penetrator ball 1/16". Pengujian ini dilakukan pada lima titik di

daerah berbeda, dengan tujuan dapat diperoleh hasil yang lebih akurat.

Tabel 3 Data hasil uji kekerasan

Kekerasan HRB					HRB	HB	SD
1	2	3	4	5	75,18	133,49	0,11
75,2	75,0	75,3	75,2	75,2			

HRB: *Hardness Rockwell B*, HB: *Hardness Brinell*, SD: *Standard Deviasi*

Dari data didapatkan hasil bahwa kekerasan material *impeller* 75,18 HRB atau 133,49 HB. Bila dibandingkan dengan standar (lihat tabel 4), besi cor tersebut kemungkinan besar masuk pada grade G1800.

Tabel 4 Kekerasan dan fasa matriks beberapa jenis besi cor kelabu [10]

Grade	Kekerasan (HB)	Fasa Matriks
G1800	120-187	Ferrite – pearlite
G2500	170-229	Pearlite – ferrite
G3000	187-241	Pearlite
G3500	207-255	Pearlite
G4000	217-269	Pearlite

Besi cor kelabu memiliki penampang patahan berwarna kelabu, hal ini disebabkan oleh banyaknya kandungan grafit dalam besi cor. Grafit pada besi cor kelabu ini terbentuk pada saat pembekuan. Proses grafitisasi ini didorong oleh tingginya kadar karbon, adanya unsur graphite stabilizer, terutama silikon, temperatur penuangan yang tinggi dan pendinginan yang lambat. Ujung-ujung grafit yang meruncing menyebabkan ketangguhan besi tuang ini akan rendah. Serpihan grafit yang halus serta distribusi yang merata dapat meningkatkan kekerasan besi cor kelabu.

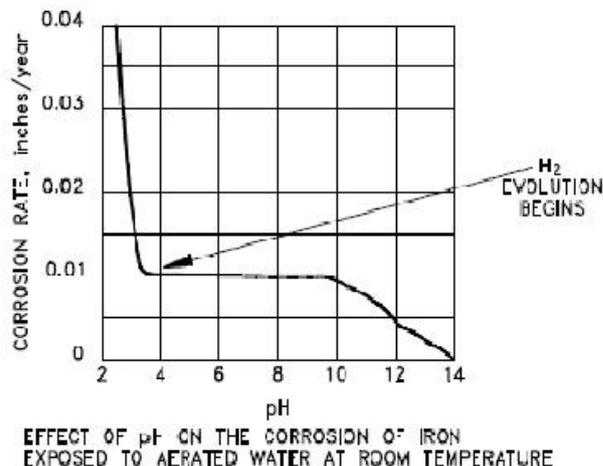
Analisa Kegagalan dan Solusi

Analisa diperoleh dari hasil yang diperoleh pada pengujian-pengujian yang telah dilakukan. Dari data yang diperoleh diketahui bahwa penyebab kegagalan terbesar adalah korosi dan erosi di mana pada sisi utama erosi lebih dominan dan pada sisi sekunder erosi dan korosi sama-sama berperan dalam keausan *impeller*. Kondisi ini diperparah dengan material *impeller* yang terbuat dari besi cor, karena besi cor adalah salah satu material yang mudah terkorosi.

Pencegahan terhadap erosi bisa dilakukan dengan memperhalus ukuran butir dari fluida serta menurunkan kecepatan alir dari fluida, tetapi apabila hal ini dilakukan akan berpengaruh pada kapasitas produksi serta kualitas dari produk. Kapasitas produksi jelas akan menurun karena kecepatan alir kita turunkan sehingga memerlukan waktu yang lebih lama untuk

satu cycle proses press, sedangkan kualitas akan menurun karena kadar air yang diperoleh dari proses press akan naik karena kecepatan alir diturunkan.

Untuk korosi erosi, kerusakan yang diakibatkan oleh korosi dapat dikurangi dengan mengganti material dari *impeller*.



Gambar 5. Grafik pengaruh Ph pada korosi Besi [11]

Pada gambar 5 terlihat bahwa pengaruh Ph pada laju korosi besi sangat bervariasi, pada Ph 4-10 (asam lemah, basa lemah) laju korosi berlangsung relatif tetap. Sedangkan pada Ph asam kuat 1-4 laju korosi akan berlangsung lebih cepat dan pada Ph di atas 10, korosi akan berlangsung lambat.

Pemilihan *impeller* dengan material 27% chrome berdasarkan pada ketersediaan material *impeller* di pasaran serta pada tabel ketahanan material terhadap korosi pada beberapa kondisi asam berikut ini.

Tabel 5. Ketahanan material terhadap korosi pada kondisi asam [15]

Slurry	Besi tuang kelabu	17% Cr
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	Poor	Good
Asam Nitrat (HNO ₃)	Poor	Good
Benzene (C ₆ H ₆)	Not useable	Good

Berdasarkan tabel ketahanan korosi logam terhadap korosi di atas dan mengacu pada katalog produk material *impeller*, pada saat ini *impeller* pada industri kaolin menggunakan material *Grey cast iron* (kode G01) di mana tidak memiliki ketahanan terhadap erosi. Sebagai material alternatif dapat dipergunakan material dengan *white iron* dan 27% Cr (kode A05) yang tahan terhadap keausan karena erosi serta cocok dipergunakan pada kondisi *slurry* dengan tingkat korosi yang tidak terlalu tinggi (Ph antara 4-10).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kegagalan *impeller slurry pump* untuk industri kaolin ini disebabkan karena kesalahan pemilihan material *impeller*.
2. Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa *impeller* menggunakan bahan besi cor yang kurang tahan terhadap erosi dan korosi.

Saran

Penggunaan material alternatif untuk *impeller* dapat mengacu pada katalog pompa dengan memilih *impeller* dengan kode A05 berbahan white iron dengan penambahan 27% Cr.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bokang Wei, Ping Li, Qizhou Cai. *Failure analysis of slurry pump used in zinc hydrometallurgy process*. Engineering Failure Analysis 2006:13:876-885.
- [2] www.tekmira.com, diakses pada tanggal 10 Juni 2010.
- [3] Sularso, Haruo Tahara, "*Pompa dan Kompresor*". Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.
- [4] Warman Slurry Pumping Handbook. Warman International LTD., 2000.
- [5] Walker CI, Bodkin GC. *Empirical wear relationships for centrifugal slurry pumps-Part 1: Side-lines*. Wear 2000;242:140-6.
- [6] Derek H,L., "*Erosion Corrosion*", University of Nem Brunswick, Canada.
- [7] Gruber K., Schonmetz A., "*Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*", Penerbit Angkasa, Bandung, 1985.
- [8] John V., "*Testing of Materials*", Macmillan Education LTD, London, 1992.
- [9] ASM Handbook: *Metallography and Microstructures, Vol. 9*. ASM International
- [10] Wikipedia, diakses pada tanggal 10 Juni 2010.
- [11] Fundamentals Handbook Chemistry Volume 1 of 2, Januari 1993
- [12] Callister Jr, William D, "*Material Science And Engineering* ", 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 1994.
- [13] Gruber K., Schonmetz A., "*Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*", Penerbit Angkasa, Bandung, 1985.
- [14] Djaprie S., "*Metallurgi Mekanik*", edisi ke tiga, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996
- [15] Earl R. P., "*Materials Data Book*", United State of America, 1967.