

Analisis Kerusakan Wobbler Bar pada Proses Pengumpanan Batu Kapur PT Semen Gresik Unit 1 Tuban

Nugraha Udiana Putra dan Witantyo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: Witantyo@yahoo.co.id

Abstrak—Wobbler bar merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam sistem wobbler feeder. Wobbler bar berfungsi untuk memisahkan batu kapur sesuai ukurannya. Batu kapur yang berukuran kecil (2,5 inch) akan jatuh ke dalam belt conveyor, sedangkan batu kapur yang berukuran besar (> 2,5 inch) akan jatuh ke dalam crusher. Wobbler bar pada wobbler feeder PT. Semen Gresik Unit 1 Tuban sering mengalami kerusakan atau patah. Kerusakan atau patah pada wobbler bar tersebut menyebabkan suplai batu kapur untuk bahan baku proses produksi semen terhambat. Berdasarkan data yang ada maka dibuat solusi permasalahan dengan menggunakan Root Cause Failure Analysis (RCFA). Langkah-langkah yang dilakukan dalam Root Cause Failure Analysis (RCFA) pada wobbler bar PT. Semen Gresik Unit 1 Tuban adalah pengujian secara visual pada material yang mengalami kerusakan, pengujian aspek metalurgis dengan metode pengujian komposisi kimia dan struktur mikro, pengujian kekerasan menggunakan pengujian Rockwell, Analisis tegangan dengan menggunakan fatigue curve dan analisa beban dan tegangan menggunakan software finite element modeling (FEM). Hasil yang didapatkan adalah kerusakan yang terjadi pada wobbler bar terjadi dikarenakan patah fatigue yang ditunjukkan adanya beach mark pada pola patahan. Berdasarkan uji komposisi kimia dan struktur mikro maka diketahui bahwa material yang digunakan adalah ASTM A311. Hasil yang didapatkan dengan analisis tegangan menggunakan fatigue curve menunjukkan bahwa material yang belum dimodifikasi mengalami tegangan yang lebih tinggi daripada wobbler bar yang sebelum dimodifikasi. Hasil dari analisis fatigue curve akan divalidasi dengan *Finite Element Method (FEM)* untuk mengetahui apakah wobbler bar bekerja pada batas yang aman.

Kata kunci—Root Cause Failure Analysis (RCFA), ASTM A311, Wobbler Feeder, Wobbler Bar, Fatigue.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan permintaan semen semakin lama semakin meningkat, maka dari itu PT.Semen Gresik meningkatkan kapasitas produksinya yang sebelumnya pada tahun 2000 sebesar 3,5 juta ton/tahun meningkat drastis menjadi 25 juta ton /tahun hingga saat ini berdasarkan data di website www.semen.gresik.com. Hal ini membuat kebutuhan akan bahan baku semen yang berupa batu kapur akan meningkat serta akan memaksimalkan kerja peralatan-peralatan produksi untuk menunjang permintaan pasar akan kebutuhan semen.

Wobbler feeder merupakan peralatan utama di pabrik Semen Gresik pada sistem pengolahan bahan baku semen

yaitu batu kapur. *Wobbler feeder* berfungsi sebagai alat pengumpan batu kapur sekaligus sebagai alat pemisah batu kapur. Pada saat melewati *wobbler feeder*, material yang berukuran dibawah 2,5 inch akan masuk ke celah *wobbler bar* dan menuju *hopper* dibawahnya lalu menuju *belt conveyor* sedangkan batu kapur yang berupa bongkahan akan menuju *hammer mill* untuk dilakukan peremukan. *Wobbler feeder* terdiri atas beberapa deretan *wobbler bar* yang berjumlah 19. Dari data yang ada diketahui bahwa *wobbler bar nomor 19* sering mengalami kerusakan daripada wobbler bar yang lain, kerusakan wobbler bar mulai terjadi diatas tahun 2000 ketika terjadi peningkatan produksi semen diantaranya penambahan shift kerja pada wobbler bar yang semula 2 shift menjadi 3 shift dan frekuensi batu kapur yang diumpankan semakin meningkat drastis yang sebelumnya pada awal tahun 2000 sebesar 250 ton/jam menjadi 980 ton/jam hingga tahun ini.

Langkah-langkah *preventive* yang telah dilakukan oleh manajemen teknik semen gresik adalah memipihkan bagian *wobbler bar* yang memanjang.. Langkah *preventive* tersebut baru dilakukan 2 tahun belakangan ini, langkah tersebut membuat umur kerusakan *wobbler bar* menjadi lebih panjang yaitu sekitar 1 tahun sekali yang sebelumnya mengalami kerusakan setiap 3-6 bulan sekali. Langkah *preventive* ini juga menyebabkan patah yang terjadi pada wobbler bar yang semula patahnya pada bagian tengah *wobbler bar* menjadi patah pada bagian ujung *wobbler bar*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis material yang digunakan oleh wobbler bar serta meningkatkan *lifetime* dari wobbler bar tersebut agar tidak mengganggu proses produksi dikarenakan wobbler bar merupakan alat penunjang produksi semen di PT Semen Gresik.

II. DASAR TEORI

Failure analysis adalah langkah-langkah pemeriksaan kegagalan atau kerusakan pada suatu komponen yang mencakup situasi dan kondisi kegagalan atau kerusakan tersebut sehingga dapat ditentukan penyebab dari kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada komponen tersebut. Analisis kegagalan mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Menemukan penyebab utama kegagalan material
2. Menghindari kegagalan/kerusakan yang sama dimasa yang akan datang dengan melakukan langkah-langkah penanggulangan
3. Sebagai bahan pengaduan teknis terhadap pembuat

atau produsen komponen tersebut

4. Sebagai langkah awal untuk perbaikan kualitas komponen tersebut
5. Sebagai penentuan waktu kapan *maintenance* dilakukan.

Kegiatan analisis kegagalan terdiri atas beberapa tahapan atau langkah utama yang terdiri atas :

1. Melakukan investigasi lapangan yang meliputi :
 - Melakukan observasi lapangan
 - Mengukur dimensi obyek yang diselidiki
 - Melakukan wawancara/interview terhadap pihak terkait
 - Mendokumentasikan temuan lapangan (fotografi)
 - Menentukan panjang retak actual
2. Melakukan uji aspek metalurgis di laboratorium
 - Pengukuran dimensi dari obyek yang diteliti
 - Dokumentasi fraktografi (makro-optik dan mikro-SEM)
 - Analisis komposisi kimia dari produk
 - Inspeksi metalografi
 - Uji sifat mekanik
3. Melakukan analisis beban dan tegangan
 - Perhitungan beban dan tegangan kritis
 - Perhitungan mekanika retak
4. Mempelajari aspek desain, operasi dan inspeksi terkini
5. Melakukan analisis mendalam dan komprehensif terhadap informasi/data yang telah diperoleh
Mempersiapkan saran untuk perbaikan

III. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah sebagai metodologi penelitian yang dapat dijadikan sebagai acuan penyelesaian kasus kerusakan pada *wobbler bar*. Langkah-langkah tersebut dibagi dalam sepuluh tahap yaitu tahap melakukan investigasi lapangan, tahap mencari historical data *wobbler bar*, tahap melakukan pemotongan *spesimen*, tahap melakukan pengamatan visual, tahap melakukan uji metalografi dan komposisi kimia, melakukan uji kekerasan, mengetahui jenis material yang digunakan *wobbler bar*, tahap melakukan analisis pembebanan pada *wobbler bar* dengan software ansys, mengetahui penyebab kerusakan pada *wobbler bar*, memberikan solusi permasalahan.

1. Tahap Investigasi Lapangan

Tahap investigasi merupakan tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan investigasi pada *wobbler bar* yang mengalami kerusakan dengan melakukan pengamatan di pabrik dan mencari informasi tentang operasional dan permasalahan yang sering terjadi pada *wobbler bar* tersebut.

2. Tahap Mencari Historical Data Wobbler Bar

Tahap mencari historical data dilakukan untuk mengetahui frekuensi kerusakan *wobbler bar* ketika *wobbler bar* tersebut dipasang hingga *wobbler bar* mengalami kerusakan atau patah. Historical data didapatkan di data operasional dan *maintenance* di divisi mesin PT Semen Gresik.

3. Tahap Pemotongan Spesimen

Tahap ini dilakukan pemotongan spesimen dengan tujuan untuk mengambil sample spesimen untuk selanjutnya sample spesimen *wobbler bar* tersebut akan dilakukan pengujian metalografi, komposisi kimia serta melakukan uji kekerasan. Sample yang diambil berdekatan dengan daerah kerusakan pada *wobbler bar*.

4. Melakukan Pengamatan Visual

Tahap ini merupakan tahap awal identifikasi yang dilakukan pada *wobbler bar* yaitu dengan cara mengamati pola patahan yang terjadi pada *wobbler bar*. Dengan mengamati pola patahan maka dapat menyimpulkan awal penyebab kerusakan pada *wobbler bar* tersebut

5. Melakukan uji Metalografi dan komposisi kimia

Tahap metalografi bertujuan untuk mengetahui mikrostruktur material *wobbler bar* serta hubungannya dengan sifat-sifat material tersebut. Tahap pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui jenis logam atau material yang digunakan dikarenakan tidak diketahuinya jenis material yang digunakan pada *wobbler bar* tersebut.

6. Melakukan Uji Kekerasan

Tahap uji kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan material terhadap deformasi plastis yang diakibatkan tekanan atau goresan dari benda lain. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menekan sebuah indenter ke permukaan benda uji. Uji kekerasan yang dilakukan adalah dengan metode Rockwell dimana indenter yang digunakan adalah bola baja yang dikeraskan. Metode ini digunakan dengan memberikan pembebanan 1500 kgf pada benda uji dan pengujian ini sering digunakan untuk menguji benda uji yang sangat keras.

7. Mengetahui jenis material yang digunakan

Tahap mengetahui jenis material adalah dengan mendapatkan hasil pengujian metalografi, komposisi kimia dan uji kekerasan lalu mencari hasil data yang didapatkan tersebut pada buku metalurgi, standarisasi bahan AISI, JIS, DIN, SNI ataupun dari internet, dengan diketahui jenis material *wobbler bar* tersebut maka kita dapat mengetahui sifat-sifat material tersebut yang berguna untuk parameter yang akan digunakan pada Ansys

8. Mencari Kurva Fatigue

Tahap ini dilakukan dengan mencari kurva fatigue material untuk mencari besarnya stress yang menyebabkan fatigue. Analisis ini dilakukan dengan mengetahui data kerusakan *wobbler bar* ketika mulai dipasang hingga terjadinya kerusakan untuk mendapatkan besarnya stress yang terjadi.

9. Analisis Pembebanan dengan Software Ansys

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui posisi terjadinya kerusakan serta besarnya tegangan yang terjadi pada *wobbler bar* tersebut dengan memasukkan gaya-gaya pada *wobbler bar* untuk mengetahui besarnya stress yang terjadi pada *wobbler bar*. Data penting yang lain harus dimasukkan adalah mekanikal properties dari material.

10. Memberikan Solusi Permasalahan

Tahap ini dilakukan untuk memperpanjang *lifetime wobbler bar* dengan memberikan solusi perbaikan atau perawatan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dan hasil analisis perhitungan beban-tegangan menggunakan ansys.



Gambar 1. Pola patahan yang terjadi pada wobbler bar

Element	Composition (%)
C	0,32
Mo	0,237
P	0,0265
S	0,0320
Cr	0,460
Mn	0,132
Fe	97,30
Ni	0,67
Si	0,280

Gambar 2. Hasil uji komposisi kimia wobbler bar



Gambar 3. Hasil uji metalografi wobbler bar

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Patahan Secara Visual

Berikut Pola patahan pada wobbler bar yang telah dibersihkan dengan ultrasonic cleaner untuk memperjelas pola patahan yang terjadi pada wobbler bar.

Pada gambar diatas dapat diamati pola patahan wobbler bar yang terjadi dimana pola patahan setelah dibersihkan dengan ultrasonic cleaner menunjukkan adanya beach mark. Pola patahan ini menunjukkan bahwa wobbler bar mengalami kegagalan dikarenakan fatigue.

B. Analisis Komposisi Kimia dan Metalografi

Analisis ini dilakukan karena bertujuan untuk mengetahui jenis material yang digunakan oleh wobbler bar serta mengamati apakah material penyusun wobbler bar tersebut mengalami perlakuan panas ataupun pengerasan pada saat fabrikasinya.

Pada gambar 2 didapatkan hasil komposisi kimia wobbler bar, pengujian komposisi kimia ini menggunakan metode *X-Ray Fluorescence (XRF)*. pengujian selanjutnya adalah pengujian metalografi yang berfungsi untuk mengetahui struktur mikro pada material serta mengetahui fase-fase penyusun pada material tersebut.

Pada gambar 3 dapat diamati hasil metalografi pada wobbler bar, dari pengamatan hasil metalografi ini dapat diketahui penyebaran fase-fase penyusun pada wobbler bar serta dapat mengamati ada tidaknya unsur-unsur penyusun tambahan pada material tersebut.

No	Diameter Bola indentor	Besar pembebanan	HR
1	1/16" Steel ball	150 kgf	90
2	1/16" Steel ball	150 kgf	92
3	1/16" Steel ball	150 kgf	91
4	1/16" Steel ball	150 kgf	90
5	1/16" Steel ball	150 kgf	92
6	1/16" Steel ball	150 kgf	92

Gambar 4. Hasil uji kekerasan

1. ASTM A331

Component Elements Properties	Metric	English
Carbon, C	0.230 - 0.280 %	0.230 - 0.280 %
Chromium, Cr	0.400 - 0.600 %	0.400 - 0.600 %
Iron, Fe	96.895 - 97.97 %	96.895 - 97.97 %
Manganese, Mn	0.700 - 0.900 %	0.700 - 0.900 %
Molybdenum, Mo	0.150 - 0.250 %	0.150 - 0.250 %
Nickel, Ni	0.400 - 0.700 %	0.400 - 0.700 %
Phosphorous, P	<= 0.0350 %	<= 0.0350 %
Silicon, Si	0.150 - 0.300 %	0.150 - 0.300 %
Sulfur, S	<= 0.0400 %	<= 0.0400 %

2. ASTM A274

Component Elements Properties	Metric	English
Carbon, C	0.380 - 0.430 %	0.380 - 0.430 %
Chromium, Cr	0.700 - 0.900 %	0.700 - 0.900 %
Iron, Fe	95.945 - 97.02 %	95.945 - 97.02 %
Manganese, Mn	0.700 - 0.900 %	0.700 - 0.900 %
Molybdenum, Mo	0.200 - 0.300 %	0.200 - 0.300 %
Nickel, Ni	0.850 - 1.15 %	0.850 - 1.15 %
Phosphorous, P	<= 0.0350 %	<= 0.0350 %
Silicon, Si	0.150 - 0.300 %	0.150 - 0.300 %
Sulfur, S	<= 0.0400 %	<= 0.0400 %

3. ASTM A915

Component Elements Properties	Metric	English
Carbon, C	0.200 - 0.250 %	0.200 - 0.250 %
Chromium, Cr	0.400 - 0.600 %	0.400 - 0.600 %
Iron, Fe	96.675 - 97.8 %	96.675 - 97.8 %
Manganese, Mn	0.750 - 1.00 %	0.750 - 1.00 %
Molybdenum, Mo	0.300 - 0.400 %	0.300 - 0.400 %
Nickel, Ni	0.400 - 0.700 %	0.400 - 0.700 %
Phosphorous, P	<= 0.0350 %	<= 0.0350 %
Silicon, Si	0.150 - 0.300 %	0.150 - 0.300 %
Sulfur, S	<= 0.0400 %	<= 0.0400 %

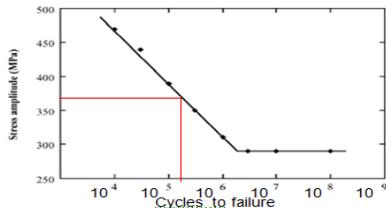
C. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode Rockwell dengan indentor bola baja dengan pembebanan 150kgf dengan 6 titik indentasi.

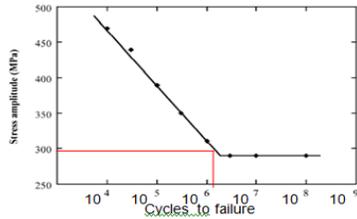
Dari gambar 4 dapat diamati bahwa nilai kekerasan material dengan 6 titik indentasi yang diuji kekerasan dengan metode Rockwell adalah rata-rata sebesar 92 HR

D. Pemilihan material

Pemilihan material yang digunakan pada wobbler bar menggunakan metode membandingkan hasil pengujian komposisi kimia pada wobbler bar dengan komposisi kimia material standart. Berikut merupakan komposisi kimia material standart yang memiliki komposisi kimia mendekati dengan komposisi kimia material wobbler bar



Gambar 5. Hasil fatigue curve



Gambar 6. Hasil fatigue curve

Dari ketiga material standart tersebut, standart material ASTM A311 mendekati hasil uji komposisi kimia

E. Analisis tegangan dengan fatigue curve

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan yang terjadi pada saat wobbler bar sebelum dimodifikasi mengalami kerusakan dan sebagai data awal untuk melakukan analisis dengan *Finite Element method (FEM)*

Dari gambar 5 dapat diketahui besarnya tegangan yang terjadi pada saat wobbler bar mengalami kegagalan pada saat sebelum dimodifikasi yaitu sebesar 360 MPa. Hasil ini didapatkan dengan mengetahui umur kerusakan serta putaran wobbler bar untuk mendapatkan angka cycles to failure.

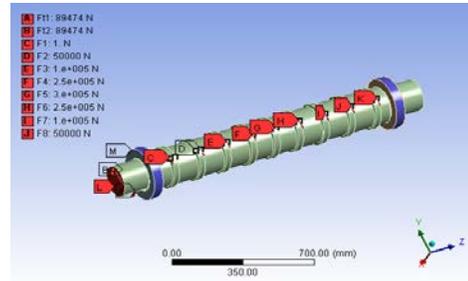
F. Analisis tegangan dengan fatigue curve

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan yang terjadi pada saat wobbler bar setelah dimodifikasimengalami kerusakan dan sebagai data awal untuk melakukan analisis dengan *Finite Element method (FEM)*

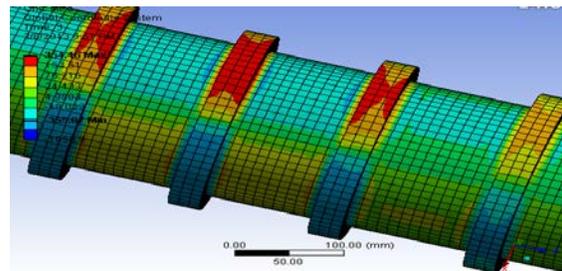
Dari gambar 6 dapat diketahui besarnya tegangan yang terjadi pada saat wobbler bar mengalami kegagalan pada saat setelah dimodifikasi yaitu sebesar 300 MPa. Hasil ini didapatkan dengan mengetahui umur kerusakan serta putaran wobbler bar untuk mendapatkan angka cycles to failure.

Pada gambar 7 menunjukkan distribusi gaya yang diberikan pada wobbler bar dengan memasukkan gaya batu kapur dan gaya pada rantai yang diterima oleh wobbler bar untuk memperoleh besarnya tegangan yang terjadi pada wobbler bar serta posisi kerusakannya.

G. Analisis wobbler bar menggunakan Finite Element Method pada wobbler bar sebelum dimodifikasi

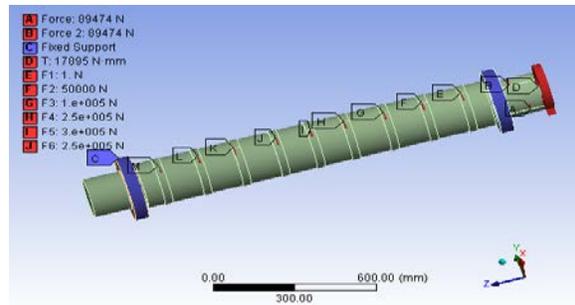


Gambar 7. Gaya yang diberikan pada wobbler bar

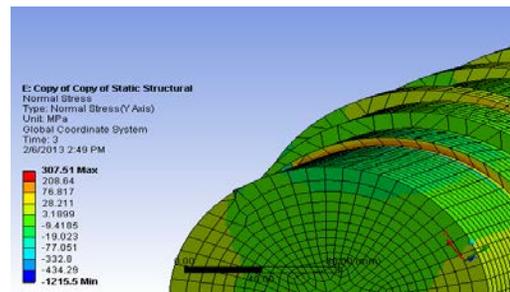


Gambar 8. Besar tegangan dan posisi tegangan

H. Analisis wobbler bar menggunakan Finite Element Method pada wobbler bar setelah dimodifikasi



Gambar 9. Gaya yang diberikan pada wobbler bar



Gambar 10. Besar tegangan dan posisi tegangan

Pada gambar 9 menunjukkan distribusi gaya batu kapur dan gaya rantai yang diterima oleh wobbler bar untuk memperoleh

besarnya tegangan yang terjadi pada wobbler bar serta posisi kerusakannya.

V. KESIMPULAN

1. Modus kegagalan yang terjadi adalah modus kegagalan kelelahan (*fatigue*) ditunjukkan dengan adanya *beachmark* pada sisi permukaan patahan pada wobbler bar.
2. Berdasarkan pengujian komposisi kimia dan metalografi didapatkan jenis material wobbler bar tersebut yaitu ASTM A311.
3. Berdasar analisis dengan fatigue curve diperoleh besarnya tegangan yang terjadi pada saat wobbler bar sebelum dimodifikasi sebesar 360 MPa sedangkan untuk wobbler bar yang telah dimodifikasi yaitu sebesar 300 MPa.
4. Berdasarkan metode elemen hingga, langkah preventive yang dilakukan PT Semen Gresik untuk memodifikasi wobbler bar dengan mengurangi bagian elips cukup tepat dikarenakan dapat memperpanjang *lifetime* serta memindahkan titik kritis yang terjadi pada *wobbler bar*

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Witantyo M.Eng.Sc, Ir Sudiyono Kromodihardjo M.sc Ph.D, M. Khoirul Effendi ST M.Sc.Eng dan Arif Wahyudi ST, MT, Ph.D. yang telah memberikan bimbingan dalam penelitian dan penulisan artikel karya ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Manual book of Design: Operation and Maintenance. Bethlehem: Universal Engineering.
- [2] William, T.B., and Roch, J.S. 2002. ASM Handbook Volume 11: Failure Analysis and Prevention. Ohio.
- [3] Callister, William D. 2010. *Materials Science and Engineering, 8th Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- [4] Deutchman, Aaron D. 1975. Machine Design : Theory and Practice. New York : Macmillan
- [5] <http://asm.matweb.com>