



TUGAS AKHIR - TM091486

**PROBLEM SOLVING WOBBLER BAR PADA
PROSES PENYALURAN BATU KAPUR PADA
PABRIK SEMEN**

TRIANGGA INDRA LUKMANA

NRP 2107 100 050

Dosen Pembimbing

Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

JURUSAN TEKNIK MESIN

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2014



TUGAS AKHIR - TM091486

**PROBLEM SOLVING WOBBLER BAR ON LIMESTONE
FEEDING PROCESS OF PT SEMEN GRESIK UNIT 1
TUBAN**

TRIANGGA INDRA LUKMANA

NRP 2107 100 050

Student Advisor

Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

Department of Mechanical Engineering

Industrial Technology Faculty

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2014

PROBLEM SOLVING WOBBLER BAR PADA PROSES PENYALURAN BATU KAPUR DI PABRIK SEMEN

Nama Mahasiswa : Triangga Indra Lukmana
NRP : 2107.100.050
Jurusan : Teknik Mesin FTI –ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Witantyo MEng.Sc

Abstrak

Wobbler bar no 19 pada wobbler feeder pabrik semen sering mengalami kerusakan atau patah. Kerusakan atau patah pada wobbler bar tersebut menyebabkan suplai batu kapur untuk bahan baku proses produksi semen terhambat sehingga perlu dianalisis penyebab kerusakan wobbler bar dan mendapatkan solusi untuk meningkatkan lifetime dari wobbler bar.

Berdasarkan data yang didapat penelitian ini menggunakan Analisis tegangan dengan menggunakan fatigue curve dan analisa beban menggunakan software finite element modeling (FEM) SolidWorks.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah penjabaran hasil simulasi tegangan yang terjadi sebenarnya pada material wobbler bar yang ada pada PT.Semen Gresik Tuban mengalami konsentrasi tegangan paling besar ada pada daerah pasak yang berhubungan dengan sproket. Sedangkan daerah yang mengalami tegangan paling rendah adalah bagian tengah wobbler bar yang berkenaan langsung dengan material batu kapur yang diusungnya. Hal ini bisa dimengerti karena daerah pasak mengalami stress akibat dari torsi motor yang besar dan area kontak yang sempit. Sedangkan bagian tengah dari wobbler bar mengalami stress yang rendah diakibatkan beban per luasan area yang rasionya kecil sehingga stress yang terjadi menjadi rendah. Ini berarti menunjukkan bahwa penggantian motor dengan daya yang lebih besar dari standar yang ditetapkan oleh produsen, justru berakibat pada ausnya

komponen wobbler bar no 19 yang mengalami tegangan tarikan rantai paling besar dibanding lainnya dikarenakan posisi sprocketnya yang paling ujung dari deretan wobbler bar.

Kata kunci : Wobbler Feeder, failure analysys, fatigue fracture

PROBLEM SOLVING WOBBLER BAR ON LIMESTONE FEEDING PROCESS OF PT SEMEN GRESIK UNIT 1 TUBAN

Student Name : TrianggaIndraLukmana
NRP : 2107.100.050
Department : TeknikMesin FTI –ITS
Student Advisor : Ir. WitantyoM.Eng.Sc

Abstract

Wobbler bar number 19 at wobbler feeder at cement factory often failure or breakdown. The failure at wobbler bar make the limestone supply process is disturbed so needed to be analyzed the failure caused of wobbler bar and find the solution to increase lifetime of wobbler bar.

Based on data from factory this research use Stress Analysis based from fatigue curve and load analysis with the help of Finite Element Modeling Software SolidWorks

Result that founded in this research is based from simulation of actual stress that happen to wobbler bar at PT Semen Gresik which largest stress concentration is in keyway area which connected to sprocket. Whereas area that influence low stress area is at middle of wobbler bar which directly loaded by the flow of mile stone. This phenomenon simply understanding because the keyway area get stress because the torque from motor and narrow contact surface. Whereas the middle of wobbler bar that only influence low stress because the low ratio of load and extent area so the stress affected become low. This means that the changed of motor with the bigger power from the original motor from Universal Engineering increase the wear of wobbler bar number 19 which get biggest stress from pull of chain than other because the position of sprocket in top end of wobbler bar line.

Keyword :Wobbler Feeder, failure analysys, fatigue fracture

**PROBLEM SOLVING WOBBLER BAR PADA PROSES
PENYALURAN BATU KAPUR DI PABRIK SEMEN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Manufaktur
Program Studi S-I Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
TRIANGGA INDRA LUKMANA
Nrp. 2107 100 050

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :	
1. Ir. Witantyo, M.Eng Sc(Pembimbing)
2. Dr.Eng Sutikno ST, M.T(Penguji I)
3. Indra Sidharta ST M.Sc(Penguji II)
4. Wahyu Wijanarko ST M.Sc(Penguji III)

**SURABAYA
JANUARI 2014**

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik bidang studi Teknik Manufaktur jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Dr.Eng Sutikno ST,MT; Indra Sidharta ST M.Sc; Wahyu Wijanarko ST M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang berharga bagi pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Ayah dan Ibu yang telah banyak memberikan banyak pelajaran hidup yang berharga, serta dorongan, doa, dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. M Zainulloh Rizal, selaku sahabat yang setia membantu tugas akhir saya.
5. Teman seperjuangan tugas akhir, Yasir Afai Lubis, Ari Surya dan M rochman, yang selalu membantu dalam kelancaran Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman dari lab Sistem Manufaktur.
7. Bu Sri, Cak Bud, Cak To, Pak No, Pak Untung, Pak Pambudi, Pak Sumaryadi, Pak Matroni, Pak Endang, Pak Gatot, Pak Totok, Pak Yoyok, CakGhofur, CakSomad, Mas Yuli, Mas Ridho serta seluruh civitas akademika yang telah banyak membantu.
8. Berbagai pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini

Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, kritik dan saran yang dapat menyempurnakan penyusunan Tugas Akhir sangat diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Surabaya, 2 Februari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 LatarBelakang.....	1
I.2 RumusanMasalah.....	3
I.3 TujuanPenelitian.....	4
I.4 BatasanMasalah.....	4
I.5 SistematikaPenulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
III.1 Pengambilan Data danAlatUji.....	31
III.2 ProsedurPenelitian.....	33
III.3 Flowchart Penelitian.....	34
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
IV.1 DataAwalKerusakan.....	35
IV.2 Dimensidari Wobbler Bar.....	36
IV.3HasilPengujianKomposisi Kimia	37
IV.5 Analisis Fatigue Curve.....	41
IV.6 Input Data FEM.....	43
IV.7 HasilSimulasiElemenHingga.....	44
IV.7.1 Stress pada Wobbler Bar.....	45
IV.7.2 Displacement pada Wobbler Bar.....	46
IV.7.3 Strain pada Wobbler Bar.....	47

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Wobbler feeder.....	6
Gambar 2.2	<i>Wobbler bar</i>	7
Gambar 2.3	<i>Proses yang terjadi pada wobbler feeder</i>	8
Gambar 2.4	Pengujian Rockwell.....	13
Gambar 2.5	Distribusi gaya pada wobbler bar.....	17
Gambar 2.6	<i>Komposisi kimia ASTM</i>	22
Gambar 2.7	Roller tyre.....	24
Gambar 2.8	Retakan pada roller tyre	24
Gambar 2.9	Distribusi void atau inklusi.....	27
Gambar 2.10	Struktur mikro RTG.....	28
Gambar 2.11	Struktur mikro RTP	28
Gambar 2.12	Hasil pengujian kekerasan	29
Gambar 3.1	Foto Wobbler Bar.....	31
Gambar 3.2	Flowchart percobaan.....	37
Gambar 4.1	Dimensi Wobbler Bar.....	39
Gambar 4.2	Fatigue Curve AISI 4130.....	41
Gambar 4.4	Distribusi pembebanan batu kapur.....	42
Gambar 4.5	Distribusi Stress wobbler bar.....	43
Gambar 4.6	Distribusi Displacement.....	44
Gambar 4.7	Distribusi Strain.....	45
Gambar 4.8	Distribusi Stress akibat torsi motor.....	48
Gambar 4.9	Distribusi Displacement	49

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Hasil komposisi kimia.....	22
Tabel 1.5	Fraksi fasa pada RTP dan RTG.....	25
Tabel 4.1	Hasil pengamatan lapangan.....	35
Tabel 4.2	Data hasil komposisi kimia wobbler bar.....	37
Tabel 4.3	Data properties material 4130	38
Tabel 4.4	Data distribusi beban wobbler bar.....	43
Tabel 4.4	Mechanical properties ASTM A311.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

PT.Semen Gresik (Persero),Tbk merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang terdiri dari pabrik semen unit 1 hingga unit 4 yang terletak di desa Sumber arum kecamatan Kerek Kabupaten Tuban Jawa Timur yang terletak di area seluas 1.500Ha. Persaingan yang kian merajalela diantara perusahaan semen sekarang ini, memberikan motivasi kepada PT.Semen Gresik (Persero) untuk memberikan pelayanan yang lebih kepada konsumennya. Persaingan tidak hanya terjadi antar produk domestik, tetapi juga dengan produk impor sesuai dengan prinsip dasar pemasaran yang berorientasi kepada pelanggan (customer oriented) dimana pelanggan dalam hal ini adalah pemakai semen. Masing-masing perusahaan berusaha membuat produk berkualitas yang diharapkan dapat mengakomodasi kebutuhan dan keinginan konsumen.

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.semengresik.com. Hal ini membuat kebutuhan akan bahan

baku semen yang berupa batu kapur akan meningkat serta akan memaksimalkan kinerja 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 1600 ton/jam menjadi 2700 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*.

Latar belakang penelitian ini dilakukan karena pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nugraha Udiana Putra dalam tugas akhirnya yang berjudul Analisa Kerusakan Wobbler Bar pada Proses Pengumpanan Batu Kapur P.T. Semen Gresik Unit 1 Tuban pada tahun 2013 terjadi kesalahan di lapangan saat melakukan proses pengukuran dimensi *wobbler bar* sehingga dilakukan penelitian ulang.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan permasalahan pada tugas akhir ini adalah mencari penyebab kerusakan dan solusi perbaikan *wobbler bar* pada proses pengumpanan batu kapur di Pabrik PT Semen Gresik Unit 1 Tuban untuk meningkatkan *lifetime* dari *wobbler bar* tersebut.

I.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penyebab kerusakan *wobbler bar* pada sistem *wobbler feeder* di pabrik semen melalui simulasi tegangan
2. Mendapatkan solusi terhadap kerusakan *wobbler bar* pada sistem *wobbler feeder* di pabrik semen dengan modifikasi desain sehingga dapat meningkatkan lifetime dari *wobbler bar* tersebut..

I.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan permasalahan ini tidak meluas khususnya pada pembahasan tujuan penulisan (bab I.3), maka perlu adanya beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Data dari lapangan, literatur, dan informasi didapat di PT Semen Gresik Tuban Unit 1 dari penelitian terdahulu.
2. Data kerusakan *wobbler bar nomor 19*, diambil dari *inspection report* dari penelitian terdahulu.

I.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang pemilihan masalah sebagai topik tugas akhir, rumusan masalah yang diberikan berdasarkan latar belakang, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian, batasan masalah yang digunakan pada penelitian, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.

2. Bab II Studi Literatur

Dalam bab ini membahas penelitian terdahulu yang berhubungan tentang kerusakan pada material dengan metode *Root Cause Failure Analysis (RCFA)* yang terdiri atas uji komposisi kimia, uji struktur mikro, uji kekerasan, analisis tegangan berdasarkan *fatigue curve* dan analisis perhitungan beban-tegangan dengan metode *Finite Element Modeling (FEM)* dengan software *Finite Element* serta hasil pengujian berupa jenis material yang digunakan pada wobbler bar yakni ASTM A311 serta distribusi tegangan dan *fatigue*.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Dalam bab ini membahas tentang metode penelitian yang digunakan serta prosedur yang mencakup tahap persiapan dan pengambilan data pada penelitian yang dilakukan.

4. Bab IV Data Hasil Penelitian

Dalam bab ini membahas analisis tegangan berdasarkan fatigue curve dan analisis beban-tegangan menggunakan metode *finite element method* (FEM) dengan software SolidWorks

5. Bab V Analisa Data dan Pembahasan

Dalam bab ini membahas hasil data serta menganalisis hasil data yang didapat untuk mendapatkan solusi permasalahan yang terjadi.

6. Bab VI Kesimpulan dan Saran

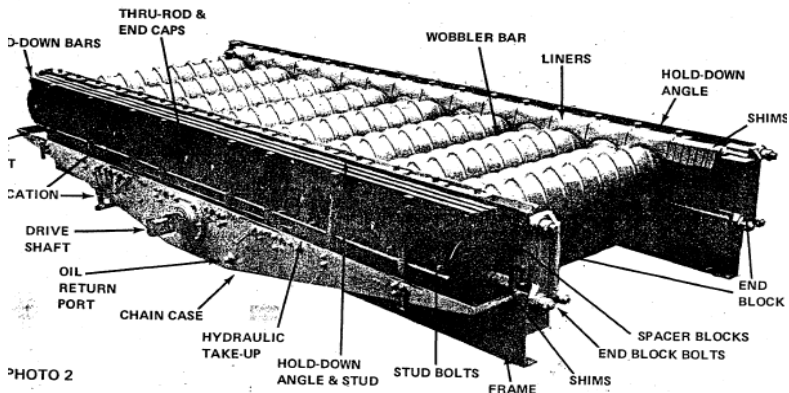
Dalam bab ini membahas tentang kesimpulan yang didapat dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan serta memberikan saran untuk perbaikannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Wobble Feeder*

Wobbler feeder digerakkan oleh motor listrik dengan daya 88 KW dengan putaran 1500 rpm. Panjang *wobbler bar* adalah 1,95meter dan lebar *wobbler bar* adalah 0.37 meter. *Wobbler feeder* yang digunakan oleh PT.Semen Gresik dibuat oleh *Universal Engineering* Amerika Serikat dan *wobbler feeder* pada pabrik Semen Gresik unit 1 telah bekerja sejak tahun 1995.



Gambar 2.1 *Wobbler Feeder*

(Kutipan : *Universal Engineering Manual Book*)

Gambar 2.1 merupakan gambar susunan *wobbler feeder*, *wobbler feeder* terletak pada dasar *hopper* tempat dimana material akan

diumpangkan pada hammer mill. Kapasitas desain *wobbler feeder* adalah 1200 ton/jam, *wobbler feeder* terdiri atas 19 *wobbler bar* yang sejajar letaknya. *Wobbler feeder* digerakkan oleh motor yang disambungkan pada rantai yang memutar roda-roda pemutar pada *wobbler bar* tersebut, Kecepatan *wobbler bar* tersebut adalah 400 meter/jam.

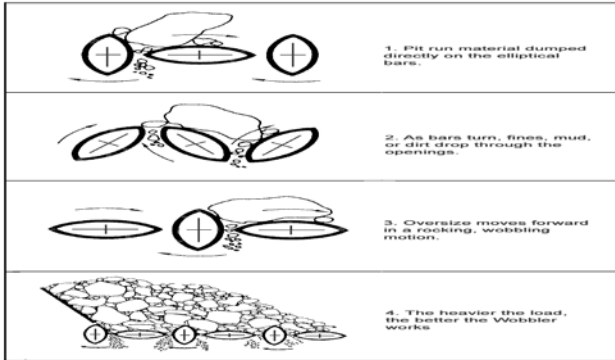
Kegunaan *Wobbler Feeder* pada pabrik Semen Gresik adalah memisahkan batu kapur sesuai ukuran, Untuk batu kapur yang ukurannya kecil $\leq (2,5 \text{ inch})$ akan jatuh ke dalam *Belt Conveyor* dan yang ukurannya besar $\geq (2,5 \text{ inch})$ akan diteruskan ke menuju *Crusher*. Di dalam *Crusher*, batu kapur yang berupa bongkahan-bongkahan besar (2,5 inch) oleh *Hammer Mill* akan dipukul supaya bongkahan menjadi lebih halus.



Gambar 2.2 *Wobbler Bar*

(Kutipan : *Universal Engineering Manual Book*)

Wobbler bar merupakan alat yang berputar pada *wobbler feeder*, *wobbler bar* diputar oleh motor yang disambungkan pada tiap pemutar pada ujung *wobbler bar*. *Wobbler bar* yang berjumlah 19 pada *wobbler feeder* memiliki celah diantaranya sebesar 2 inchi yang berfungsi agar batu kapur yang berukuran ≤ 2 inchi dapat masuk diantaranya lalu jatuh ke bawah untuk selanjutnya menuju proses produksi semen. *Wobbler bar* juga berfungsi untuk mendistribusikan batu kapur yang berukuran besar dan tidak dapat masuk di antara celah-celah *wobbler bar* untuk dibawa menuju *hammer mill*.



Gambar 2.3 Proses yang Terjadi pada *Wobbler Feeder*
(Kutipan : *Universal Engineering Manual Book*)

2.2 Failure Analysis

Analisis kegagalan adalah langkah-langkah pemeriksaan kegagalan atau kerusakan pada suatu komponen, sehingga dapat menentukan penyebab kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada komponen tersebut serta memberikan solusi perbaikan. 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 seringkali harus dilakukan oleh berbagai ahli dari disiplin ilmu yang bekerja sama sesuai dengan prosedur atau tahap yang telah ditetapkan. Adapun tahapan atau langkah utama dalam melakukan analisis kegagalan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan investigasi lapangan yang meliputi :
 - Melakukan observasi lapangan
 - Mengukur dimensi obyek yang diselidiki
 - Melakukan wawancara/interview terhadap pihak terkait beban aktual wobbler feeder ketika beroperasi
 - Mendokumentasikan temuan lapangan (fotografi)
 - Menentukan panjang retak aktual
 - Mencari informasi kapasitas beban wobbler feeder
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 terhadap informasi/data yang telah diperoleh
 6. Mempersiapkan saran untuk perbaikan

2.3 Identifikasi Struktur Mikro

Menurut ASM handbook vol. 9. Metalografi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari karakteristik mikrostruktur suatu logam dan paduannya serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya tersebut. Pengujian metalografi material akan didapatkan hasil yang berupa butiran Kristal, homogenitas, senyawa mikro, inklusi, cacat dan regangan. Tujuan melakukan uji metalografi adalah mengamati perubahan struktur mikro akibat proses pengerjaan material yang dilakukan untuk pengontrolan kualitas komponen dan menganalisis perubahan struktur mikro, dimensi, cacat, perjalanan retak dan menghubungkannya dengan prediksi kerusakan komponen.

2.3.1 Langkah-Langkah Pengujian Metalografi

Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk melakukan pengujian metalografi. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pemotongan

Pemotongan *spesimen* cukup dalam dimensi yang tidak terlalu besar berkisar antara $(10 \times 10 \times 10)$ mm

2. Penggerindaan atau pengampelasan

Proses ini menggunakan kertas ampelas yang berjenjang dimulai dari ampelas yang kasar sampai dengan yang halus. Tingkat kehalusan kertas ampelas ini ditentukan oleh ukuran serbuk silikon karbida yang menempel pada kertas tersebut. Misalnya, terdapat ampelas yang memiliki tingkat kehalusan hingga 220, angka 220 menunjukkan bahwa serbuk silikon karbida pada kertas ampelas itu bisa lolos dari ayakan hingga mencapai 220 lubang pada luas 1 inci² (sekitar 625 mm)

3. Pemolesan (*polishing*)

Benda uji yang sudah melewati proses penggerindaan, diteruskan ke proses pemolesan. Mesin yang digunakan adalah mesin poles metalografi. Mesin ini terdiri dari piringan yang berputar dengan kain beludru (*selvyt*). Cara pemolesannya, benda uji diletakkan di atas piringan yang berputar, kain poles diberi sedikit pasta oles. Pasta oles yang biasa digunakan adalah alumina (Al_2O_3). Dalam istilah perdagangan diberi nama autosol atau gama

alumina. Bila garis-garis bekas pengampelasan masih terlihat, pemolesan diteruskan. Apabila terlihat sudah rata, maka *spesimen* dibersihkan dan dilanjutkan dengan pengetsaan.

4. Pengetsaan

Hasil pemolesan yang terakhir akan menghasilkan suatu lapisan yang menutupi permukaan struktur logam. Struktur mikro dapat terlihat dengan jelas di bawah mikroskop dengan menghilangkan lapisan tersebut dengan cara mengetsa. Mengetsa dalam kamus, dapat diartikan sebagai proses pembuatan gambar atau ukiran pada pelat tembaga, yang dilapisi lilin dengan benda tajam kemudian membiarkan garis-garis yang diperoleh itu terkena korosi cairan asam. Hasil proses itu ialah etsa, yaitu berupa gambar atau ukiran.

5. Mikroskop

Pada dasarnya, mikroskop terdiri dari dua buah lensa positif, yaitu lensa yang menerima sinar langsung dari bendanya atau lensa dekat dengan benda yang akan dilihat, yang disebut lensa obyektif, sedangkan lensa yang berada dekat dengan mata disebut lensa okuler. Perbesaran total oleh mikroskop ini didefinisikan dengan perbandingan antara tangen sudut buka akhir dengan sudut buka tanpa menggunakan alat. Perbesaran sebuah mikroskop biasanya berkisar 50, 100, 200, 400, dan 1000 kali lebih besar dari benda uji.

2.4 Identifikasi komposisi Kimia

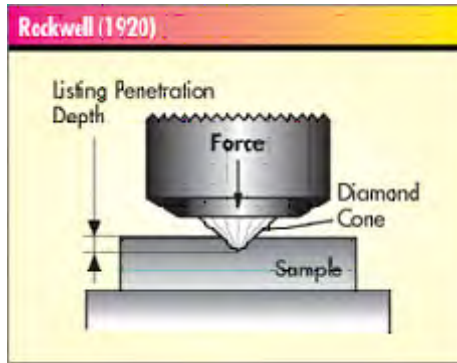
Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam bahan yang digunakan. Proses pengujian komposisi kimia adalah untuk mengetahui seberapa besar unsur pembentuk bahan, misalnya Fe, C, Si, Cu, Mn, S, dan unsur lainnya. Langkah-langkah pengujian komposisi kimia adalah sebagai berikut:

1. Potong bahan yang digunakan untuk spesimen dengan panjang 30 mm, lebar 10 mm dan tebal 5 mm, dibersihkan permukaannya sampai halus dan rata.
2. Bahan tersebut diletakkan pada *bed* dan dibakar dengan semacam elektroda hingga bahan yang terkandung mengalami pencairan atau rekristalisasi. Proses rekristalisasi dari alat uji ini akan menangkap warna dengan sensor cahaya, sensor cahaya menerima dan diteruskan dalam program komputer yang akan mencatat hasilnya. Langkah ini dilakukan sebanyak tiga sampai lima kali dan diratarata kemudian dicetak, sehingga dalam *print out*-nya akan terlihat tiga kali perhitungan.

2.5 Uji Kekerasan

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan

deformasi plastis. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).



Gambar 2.4 Pengujian *Rockwell*

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (indenter) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Rockwell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan sebesar 150 kgf. Indenter (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten.

2.6 Teori *Finite Element* pada Desain Struktur

Teori *Finite Element Modeling (FEM)* menggunakan software SolidWorks langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Permodelan: Merupakan langkah mendefinisikan bentuk fisik dari obyek yang akan di running. Beberapa variabel yang ditentukan antara lain adalah jenis material, satuan, dan dimensi.
2. Meshing : Pada proses meshing ini dilakukan secara otomatis oleh SolidWorks
3. Distribusi beban-tegangan dan penentuan jenis support : Pada proses ini ditentukan titik- titik pusat posisi terjadinya tekanan statis dan besarnya beban atau besarnya momen yang terjadi.
4. Solve : Solve dilakukan apabila pemodelan dan juga penentuan variable sudah ditentukan. Solve merupakan proses analisis untuk memperoleh hasil atau disebut *running*.
5. Postprocessing : Merupakan langkah terakhir berupa analisa untuk menentukan apakah material itu aman atau tidak.

2.6.1 Teori Kegagalan Akibat Beban Statik

Suatu elemen mesin dinyatakan mengalami kegagalan (failure) karena menerima pembebanan apabila elemen tersebut tidak dapat berfungsi dan bekerja dengan baik lagi sesuai dengan yang direncanakan..

Ada dua kriteria kegagalan akibat beban statik antara lain:

- Deformasi plastik (*plastic deformation*)

Yaitu apabila material elemen mesin sudah mengalami batas tegangan/regangan luluh (*yield point*) dari material tersebut.

- Patah/Rusak (*fracture*)

Secara fisik material elemen mesin terbagi menjadi dua atau lebih. Pada tipe kegagalan ini digunakan batas harga tegangan ijin maksimum material tersebut.

2.7 Jenis-jenis kegagalan

Kegagalan suatu komponen diawali dengan retakan yang menjalar sehingga menyebabkan suatu cacat. Menurut buku Failure Analysis and Prevention, A SM Handbook Volume 11, retakan yang terjadi dapat dikategorikan atas ciri-ciri makroskopis, yaitu sebagai berikut

1. Patah ulet (*ductile fractured*)

Patah ulet adalah patah yang diakibatkan oleh beban statis, jika beban dihilangkan maka perjalanan retak akan berhenti. Patah ulet ini ditandai dengan penyerapan energi disertai adanya deformasi plastis yang cukup besar di sekitar patahan sehingga

permukaan patahan nampak kasar, berserabut dan berwarna kelabu.

2. Patah getas (brittle fractured)

Patah getas terjadi dengan ditandai perjalanan retak yang lebih cepat dibanding patah ulet dengan penyerapan energi yang lebih sedikit, serta hampir tidak disertai dengan deformasi plastis. Permukaan patahan pada komponen yang mengalami patah getas terlihat mengkilap, granular dan relative rata. Patah getas dapat mengikuti batas butir ataupun memotong butir. Bila bidang patahannya mengikuti batas butir maka disebut patah getas intergranular, sedangkan bila patahannya memotong butir maka disebut patah getas transgranular.

3. Patah lelah (fatigue fractured)

Patah lelah terjadi pada komponen konstruksi dengan pembebanan yang berubah – ubah atau berulang-ulang meskipun harga tegangan nominalnya masih dibawah kekuatan luluh material. Patah lelah berawal dari lokasi yang mengalami pemusatan tegangan dimana apabila tegangan setempat tersebut tinggi bahkan melampaui batas luluh material, akibatnya di tempat tersebut akan terjadi deformasi plastis dalam skala makroskopis. Dari lokasi tersebut akan berawal retak lelah yang selanjutnya terjadi perambatan retak sejalan dengan pembebanan yang berfluktuasi. Bila perambatan retak ini telah jauh, sehingga luas penampang yang tersisa tidak lagi mampu mendukung

beban, maka komponen akan patah. Peristiwa patah tahap akhir ini disebut patah akhir. Modus patahan pada tahap tersebut adalah patah statis yaitu karena tegangan yang bekerja pada penampang yang tersisa sudah melampaui kekuatan tarik material.

4. Retak korosi tegangan

Peristiwa retak korosi tegangan adalah gabungan antara tegangan tarik dengan pengaruh lingkungan yang telah mengandung ion-ion ataupun larutan kimia. Kebanyakan retaknya mengikuti batas butir. Secara makro perambatan retak korosi tegangan terlihat bercabang seperti akar atau ranting pohon.

5. Penggetasan

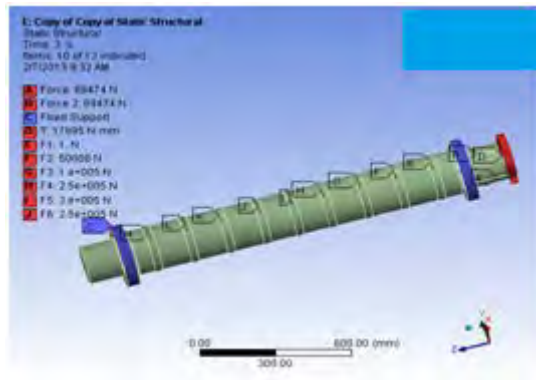
Peristiwa penggetasan ini dapat terjadi pada material yang peka terhadap penggetasan hydrogen, Atom-atom hydrogen yang larut interstisi dapat bertemu dan berkumpul membentuk molekul gas hydrogen, sehingga mengakibatkan material menjadi patah karena tidak tersedianya ruang yang cukup untuk gas tersebut, yang akhirnya gas bertekanan tinggi akan mendesak material menjadi patah.

6. Mulur / Creep

Peristiwa mulur yaitu deformasi yang berjalan dengan waktu oleh karena itu mulur selalu ditandai dengan adanya deformasi plastis yang cukup besar. Peristiwa mulur ini terjadi bila komponen bekerja pada suhu tinggi.

2.8 Penelitian Terdahulu

2.8.1 Nugraha Udiana (2012) melakukan penelitian dengan judul Analisa Kerusakan Wobbler Bar Pada Proses Pengumpanan Batu Kapur PT Semen Gresik Unit 1 Tuban. Pada saat dilakukan *simulasi FEM*, menunjukkan hasil besarnya tegangan yang terjadi dan titik kritis pada wobbler bar ketika diberikan pembebanan, dapat dilihat bahwa tegangan terbesar pada wobbler bar terjadi pada bagian tengah wobbler bar sebesar 354 MPa.



Gambar 2.5 Distribusi Gaya pada *Wobbler Bar*

Tegangan terbesar terjadi di bagian tengah wobbler bar diakibatkan oleh gaya dari batu kapur yang mengenai bagian sirip atau elips dari wobbler bar, karena diameter bagian sirip atau elips memiliki diameter yang lebih besar dari wobbler bar sehingga menghasilkan torsi yang besar ketika memindahkan batu kapur. Pada bagian pemutar tidak terlihat adanya tegangan yang

besar atau titik kritis akibat putaran atau gaya rantai, sehingga dapat disimpulkan kerusakan atau patah yang terjadi pada wobbler bar diakibatkan oleh torsi yang tinggi pada ujung elips wobbler bar pada saat proses pemindahan batu kapur.

Sedangkan uji analisis kimia dengan metode *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Data hasil pengujian komposisi kimia selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1Data hasil komposisi kimia *Wobbler Bar* 19

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

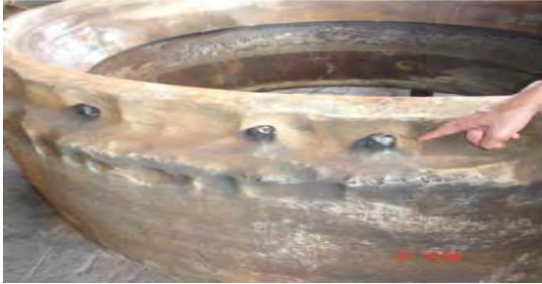
Berikut merupakan data-data material standart yang mendekati hasil dari pengujian material yang telah dilakukan.

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 %

Gambar 2.6 Komposisi Kimia ASTM A331

sumber: matweb.com

2.9.3 Gunawarman(2011) melakukan analisis kegagalan pada roller tyre pada pabrik Semen Padang. Roller tyre adalah suatu komponen pabrik semen yang berfungsi untuk penggilingan bahan baku pada pabrik Semen Padang. Masalah yang terjadi adalah rusaknya roller tyre yang relative baru mengalami retak-retak pada beberapa bagian sehingga tidak dapat digunakan lagi. Maka dari itu penulis melakukan penelitian dengan cara melakukan test komposisi kimia serta melakukan metalografi dengan cara membandingkan 2 material roller tyre. Type pertama disebut roller tyre yg rusak dan disebut roller tyre G dan material kedua adalah roller tyre yang lain dan yang tahan lama serta panjang umurnya dan disebut roller tyre P.



Gambar 2.9 *Roller Tyre*



Gambar 2.10 Retakan pada *Roller Tyre*

Pemeriksaan komposisi kimia terhadap RTG menunjukkan bahwa material adalah baja karbon dengan kadar karbon (C) sekitar 0.3%, ditambah sedikit paduan (Mn) sekitar 1,3 %. Komposisi ini cukup sesuai dengan spesifikasi bahan yang diberikan oleh pemasok. Penelusuran literatur menunjukkan komposisi Roller tyre

RTG mendekati komposisi antara AISI 1030 dan AISI 1132, yakni tergolong baja karbon menengah (medium plain carbon steel). Baja jenis ini tergolong jenis baja biasa yang banyak tersedia di pasaran. Sementara material RTP menunjukkan komposisi baja paduan tinggi dengan kandungan lebih 0,6% C, 3% Mn, 8-13% Cr dan sekitar 4% Ni. Hasil penelusuran menunjukkan bahwa tidak ada *alloy* di pasaran yang mendekati komposisi material ini. Namun berdasarkan unsur pepadu, material RTP tergolong paduan tahan aus (wear resistance alloy). Dihat dari sisi material ini, maka harga bahan baku RTP tentu jauh lebih tinggi dari bahan baku RTG.

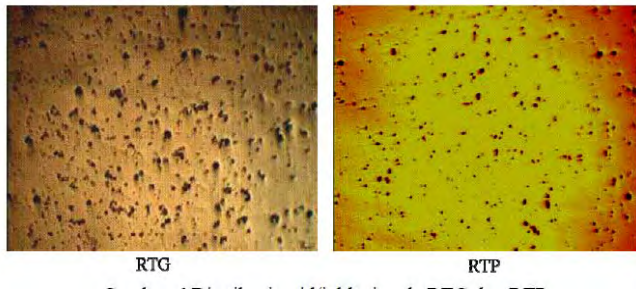
Tabel 2.2. Hasil Komposisi Kimia

No	Sampel	Element (%)				
			Mn	Cr	Ni	C
1	RTG	1	1.30	0.12	0.04	0.293
		2	1.36	0.14	0.04	
2	RTP	1	3.27	8.34	4.15	0.624
		2	3.62	11.44	4.28	

Tabel 2.3.Fraksi Fasa pada RTP dan RTG

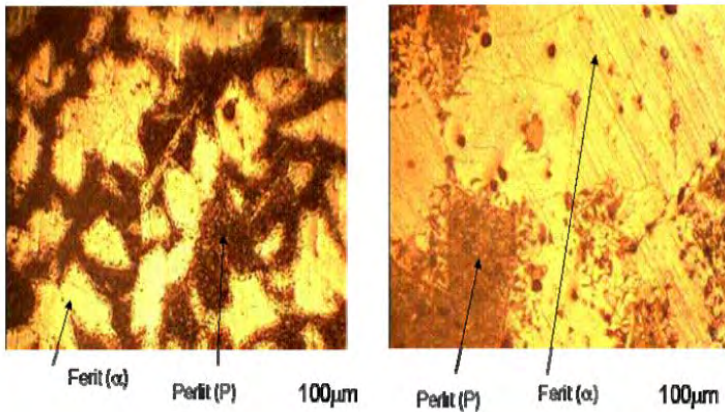
No	RTP		RTG	
	Ferit %	Perlit %	Ferit %	Perlit %
1	44	56	58	42
2	52	48	59	41
3	53	47	67	33
4	50	50	35	65
Rerata	50	50	55	45
Deviasi	±5	±5	±16	±16

Pemeriksaan struktur mikro juga menunjukkan bahwa RTG mempunyai cacat inklusi/porositas (lubang-lubang halus) lebih banyak dari RTP. Cacat ini merupakan cacat umum pada proses pengecoran yang terjadi karena adanya zat pengotor atau udara yang terperangkap dalam coran. Tingginya jumlah inklusi/porositas menunjukkan bahwa pengontrolan proses pengecoran kurang baik. Produk coran dengan porositas yang relatif tinggi akan lebih mudah retak karena relatif tingginya konsentrasi tegangan pada daerah tersebut. Penjalaran retak akan terfasilitasi dengan banyaknya porositas dan pengotor, yang dibuktikan dengan retak yang dialami oleh RTG sedangkan awalnya dimulai oleh tegangan terkonsentrasi pada sisi dimana terdapat pasir yang terperangkap. Pemeriksaan struktur coran (casting structure) diperlihatkan pada Gambar 2.11 dan 2.12.

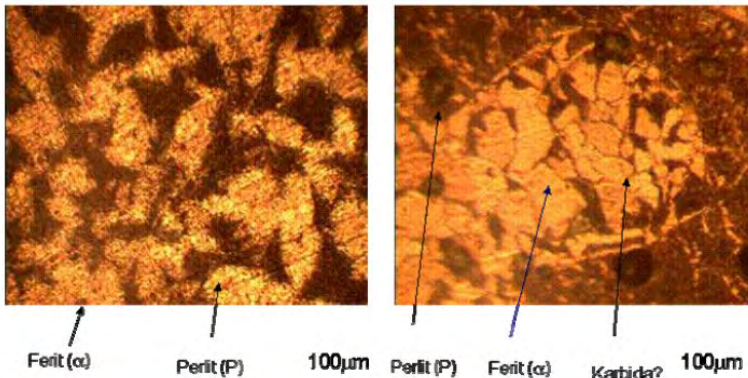


Gambar 2.11Distribusi *Void* atau Inklusi

Gambar m enunjukkan bahwa proses homogenisasi pada Roller tyre RTG belum sesempurna RTP. Hal ini ditandai oleh masih ditemukannya struktur dendrit (struktur pembekuan) pada RTG, yang seharusnya sudah hilang bila proses homogenisasi sempurna seperti yang diperlihatkan oleh RTP. Hasil struktur mikro juga menunjukkan RTG mempunyai cacat inklusi atau porositas lebih banyak dari RTP



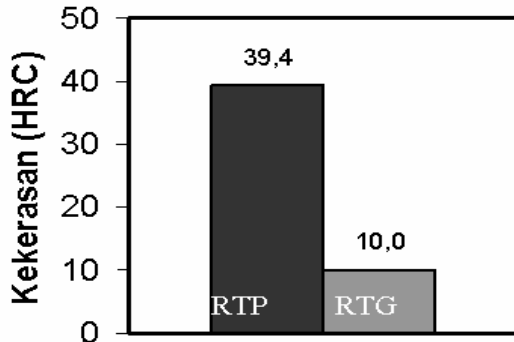
Gambar 2.12 Struktur Mikro RTG



Gambar 2.13 Struktur Mikro RTP

Hal ini diperkuat dengan kenyataan bahwa sebaran fasa ferit dan perlit pada RTG kurang merata atau flukturnya terlalu besar (16%) dibandingkan dengan RTP (5%) seperti terlihat pada Tabel 5. Fluktuasi fraksi fasa yang kecil pada struktur mikro material

terjadi bila proses homogenisasi berlangsung cukup lama. Untuk produk sebesar roll-tyre dibutuhkan waktu yang cukup lama agar proses homogenisasi berlangsung secara sempurna.



Gambar 2.14 Hasil Pengujian Kekerasan RTP dan RTG

Dari hasil pengujian kekerasan yang dilakukan didapatkan hasil bahwa kekerasan RTP lebih baik daripada kekerasan dari RTG yang ditunjukkan dari hasil RTP yang sebesar 39,4 HRC dan RTG yang sebesar 10,0 HRC. Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode pengujian Rockwell.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang menjadi referensi penulisan tugas akhir ini, maka metode pengujian material untuk menganalisis kerusakan pada *wobbler bar* adalah pengujian pengamatan patahan secara visual dan analisis tegangan menggunakan *fatigue curve* dan analisis pembebanan dengan software Solidworks.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pengambilan Data dan Penelitian

Spesifikasi alat uji:

1. Wobbler Bar



Gambar 3.1 Wobbler Bar

Produsen	:	Universal Engineering
Kontraktor	:	Fuller
Putaran	:	30 Rpm
Daya power	:	60 HP
Penggerak	:	Rantai dengan Sprocket 20 cm
Bearing	:	Roller Bearing 24 buah tiap wobbler
Dimensi	:	P:195 cm L:37 cm T:31 cm
Max Feed Size	:	36 inchi atau 90 cm
Kapasitas	:	1200 ton/jam

2. Roll Meter

Merk	:	GDO
Range	:	3 m
Ketelitian	:	0.5 mm

3. Kamera Digital

Merk	:	Canon
Megapiksel	:	8 MP

4. Motor Listrik

Merk	:	ABB Motors
Daya	:	118Hp
Putaran	:	15.000 Rpm

5. Software Simulasi

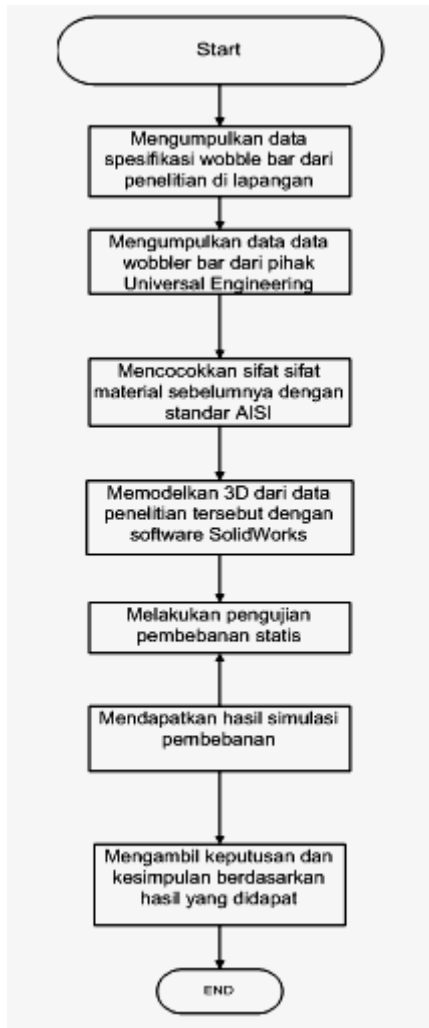
Produsen	:	SolidWorks
Sistem Operasi	:	Windows 7
RAM	:	Minimum 2GB
Prosesor	:	Intel core I3
Memori	:	Minimum 5GB

3.2 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Melakukan inspeksi lapangan
- b) Melakukan pengukuran dimensi dari wobbler bar serta mengambil foto yang dibutuhkan
- c) Mengumpulkan data data perawatan, sejarah kerusakan wobbler bar, tanggal dan waktu pengerjaan, pihak yang ditunjuk untuk melakukan pengadaan wobbler bar dan pemasangan
- d) Mengkonsultasikan hasil inspeksi lapangan dengan dosen pembimbing
- e) Melakukan permodelan dari wobbler bar dan simulasi pembebanan berdasarkan kenyataan di lapangan
- f) Melakukan analisa terhadap hasil simulasi yang dilakukan.

3.3 Flowchart Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil studi lapangan dan studi literatur pada komponen *Wobbler Bar* yang mengalami kegagalan diperoleh beberapa data. Data yang didapat ini nantinya digunakan untuk mempermudah dalam analisa dan pembahasan kegagalan yang terjadi. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

4.1. Data Awal Kerusakan

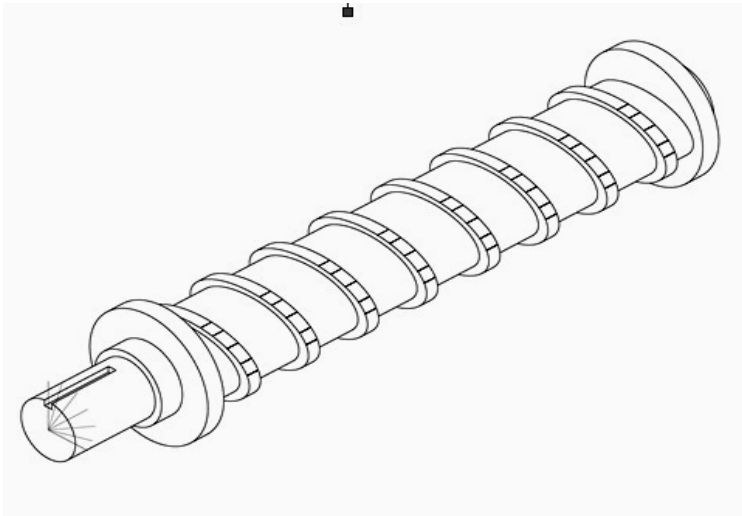
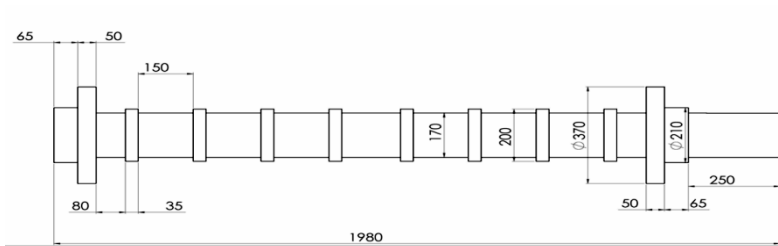
Setelah dilakukannya studi lapangan dan studi literatur, didapatkan beberapa informasi tentang bentuk kerusakan dan juga informasi tentang komponen yang mengalami kegagalan tersebut. Komponen yang mengalami kegagalan adalah *wobbler bar* nomor 19. Komponen ini terpasang pada *wobbler feeder*. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

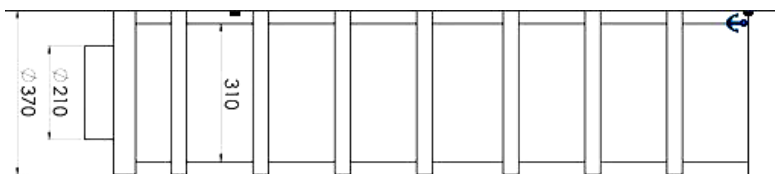
Tabel 4.1 Hasil pengamatan lapangan

No.	Item	Keterangan
1	Nama komponen	<i>Wobbler Bar.</i>
2	Posisi komponen	<i>Wobbler Bar</i> nomor 19 atau <i>Wobbler Bar</i> paling ujung pada sistem <i>wobbler feeder</i> sebelum <i>Hammer Mill.</i>
3	Umur dari komponen	Kurang lebih 6-12 bulan
4	Bentuk kerusakan	Patahan/ <i>fracture.</i>
5	Tipe dari kegagalan	Tipe kegagalan lelah (<i>fatigue</i>) dibuktikan

		dengan adanya <i>beach mark</i> pada sisi atas .
--	--	--

4.2. Dimensi dari Wobbler Bar

**A****B**



C

Gambar 4.1 Dimensi dari *wobbler bar*

Gambar diatas adalah gambar dari dimensi wobbler bar yang digunakan pada wobbler feeder PT Semen Gresik. Dimana Gambar A adalah wujud 3 dimensi dari wobbler bar, gambar B dan gambar C adalah tampak depan dan atas beserta dimensi dari wobbler bar

4.2 Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Identifikasi komposisi kimia dilakukan dengan metode *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Data hasil pengujian komposisi kimia selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data hasil komposisi kimia *Wobbler Bar* yang patah

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

Berikut merupakan data-data material standar AISI yang memiliki komposisi kimia yang identik dengan hasil dari pengujian komposisi kimia wobbler bar yang patah.

Tabel 4.3 AISI 4130 Material Properties

Element	Composition %		
C	0.28 - 0.33		
Cr	0.8 - 1.1		
Fe	97.3 - 98.22		
Mn	0.4 - 0.6		
Mo	0.15 - 0.25		
P	Max 0.035		
S	Max 0.04		
Si	0.15 - 0.35		
Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	<u>7.85 g/c</u> <u>c</u>	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties			
Hardness, Brinell	197	197	
Hardness, Knoop	219	219	Converted from Brinell hardness.

Hardness, Rockwell B	92	92	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell C	13	13	Converted from Brinell hardness. Value below normal HRC range, for comparison purposes only.
Hardness, Vickers	207	207	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	<u>670 MPa</u>	97200 psi	
Tensile Strength, Yield	<u>435 MPa</u>	63100 psi	
Elongation at Break	<u>25.5 %</u>	25.5 %	in 50 mm
Reduction of Area	<u>60 %</u>	60 %	
Modulus of Elasticity	<u>205 GPa</u>	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	<u>140 GPa</u>	20300 ksi	Typical for steel
Poisson's Ratio	0.29	0.29	Calculated

Izod Impact	<u>87 J</u>	64.2 ft-lb	
Machinability	<u>70 %</u>	70 %	annealed and cold drawn. Based on 100% machinability for AISI 1212 steel.
Shear Modulus	<u>80 GPa</u>	11600 ksi	Typical for steel

Sumber: matweb.com

Dengan memperbandingkan Material AISI 4130 dengan material yang digunakan pada wobbler bar sangat identik dengan material AISI 4130. Material wobbler bar dianggap cocok dengan AISI 4130 dikarenakan kadar Sulfur, Silikon, Molybdenum, Ferrous, Karbon, Phosphor mendekati dengan standard material 4130.

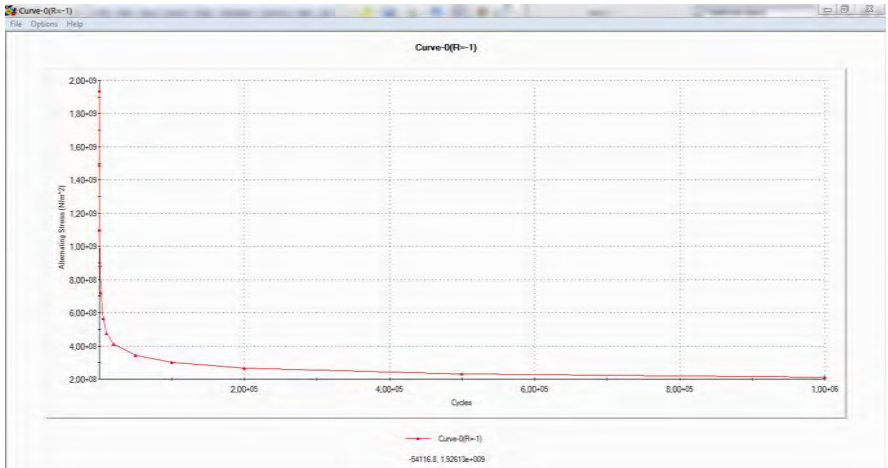
4.3 Analisis Tegangan berdasarkan *Fatigue Curve Material AISI 4130*

Dari data yang didapatkan, wobbler bar mengalami kerusakan dalam waktu 6 bulan sejak pemasangan. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan yang terjadi pada wobbler bar pada saat terjadi kerusakan.

- Diketahui : - Putaran bar no.19 = 30 rpm
- Jam operasi dari pemasangan awal hingga kerusakan = 6 bulan = 180 hari
 - Jam operasional = 16 jam/hari

Maka didapat cycles to failure dengan perhitungan sebagai berikut :

180 hari x 16 jam = 2880 jam x 60 menit = 172800 menit x 30 rpm = 5.184.000 cycles



Gambar 4.2 *Fatigue Curve Material AISI 4130*^[1]

Gambar 4.8 menunjukkan besarnya tegangan yang terjadi pada wobbler bar dengan mengalikan durasi waktu kerusakan dengan putaran bar, lalu didapatkan hasil cycles to failure sebesar 5.184.000 cycles maka didapatkan besarnya tegangan yang terjadi yaitu sekitar 200 MPa dengan cara menarik garis dari hasil cycles to failure menuju stress amplitude (MPa) pada grafik fatigue curve pada gambar 4.8

4.4 Input Data Metode Elemen Hingga

Analisis Metode Elemen Hingga ini bertujuan untuk mengetahui posisi titik kritis dari komponen *Wobbler Bar* pada saat kondisi pengoperasian, dimana dalam pengujian dengan menggunakan metode elemen hingga, pengujian dilakukan dalam dua tahap yakni:

1. Pengujian dengan membebani wobbler bar dengan batu kapur
2. Pengujian dengan membebani wobbler bar dengan batu kapur dan Torsi Motor

Mengetahui beban batu kapur yang lewat dikalkulasi dengan perhitungan berikut:

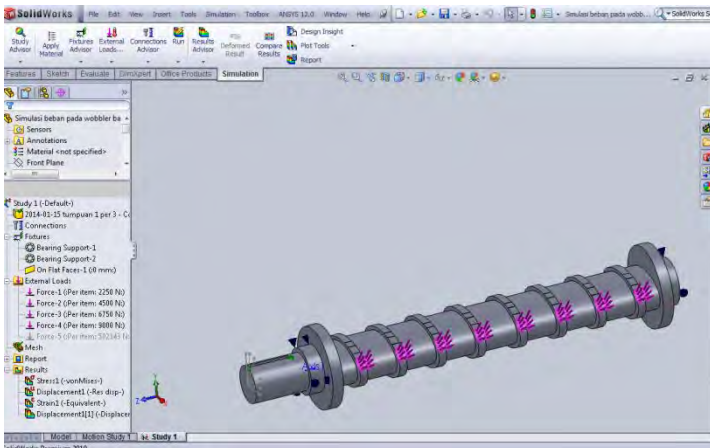
Diketahui : - Beban aktual= $W = 2700$ ton/jam
 - Putaran motor = 30 rpm
 - Beban/putaran= $W/\text{cycle} = 2700/60 \text{ menit}/30 \text{ rpm}$
 $= 1.5 \text{ ton/rpm} = 15000 \text{ N/rpm}$

Mencari nilai gaya pada rantai (F_c) adalah

$$F_c = (W/\text{cycle} \times \text{jari jari terluar lobe}) / \text{jari jari sprocket} \times 19 \text{ wobbler bar}$$

$$= (15000 \text{ N/rpm} \times 0.185 \text{ m}) / 0.105 \text{ m} \times 19$$

$$= 502142.85 \text{ N}$$



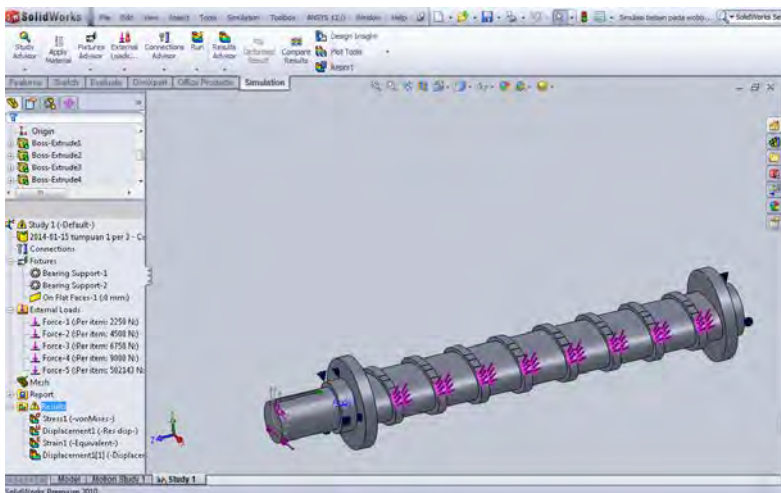
Gambar 4.3 Distribusi Pembebanan Batu Kapur pada Wobbler Bar

Gambar diatas menunjukkan distribusi beban batu kapur yang diberikan ke wobbler bar dan jenis tumpuan yang menumpu

wobbler bar. Jenis tumpuan yang digunakan adalah tumpuan bearing pada sisi kanan kiri dan fixed pada flat face sisi kiri di daerah pasak sedangkan distribusi beban tertera pada tabel di samping.

Tabel 4.4 Distribusi beban pada wobbler bar

Lobe	Beban (Newton)
1	2250
2	4500
3	6750
4	9000
5	9000
6	6750
7	4500
8	2250



Gambar 4.4 Distribusi Pembebanan Batu Kapur dan Gaya Rantai pada Wobbler Bar

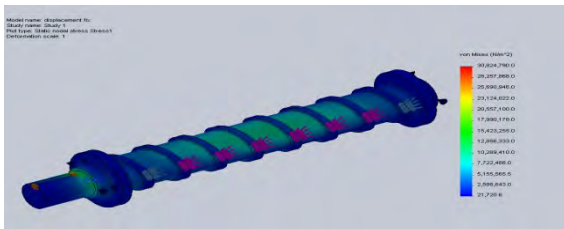
Gambar diatas menunjukkan distribusi beban batu kapur yang diberikan ke wobbler bar, gaya tarik rantai 502142.85 N dan jenis tumpuan yang menumpu wobbler bar. Jenis tumpuan yang

digunakan adalah tumpuan bearing pada sisi kanan kiri dan fixed pada flat face sisi kiri di daerah pasak sedangkan distribusi beban tertera pada **tabel 4.4**.

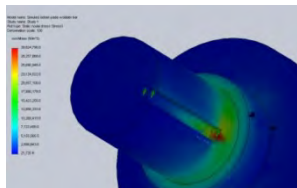
4.5 Hasil data Metode Elemen Hingga pada Wobbler Bar

4.5.1 Stress pada Wobbler Bar pada pembebanan batu kapur

Hasil utama dari simulasi pembebanan menggunakan software Finite Elemen yang ingin diketahui umumnya adalah stress. Stress dapat diartikan sebagai gaya yang bekerja pada stress persatuan panjang material. Dengan simulasi tegangan yang menggunakan software finite element Solidworks ini kita dapat mengetahui area yang terdampak stress akibat gaya dari beban batu kapur.



A



B

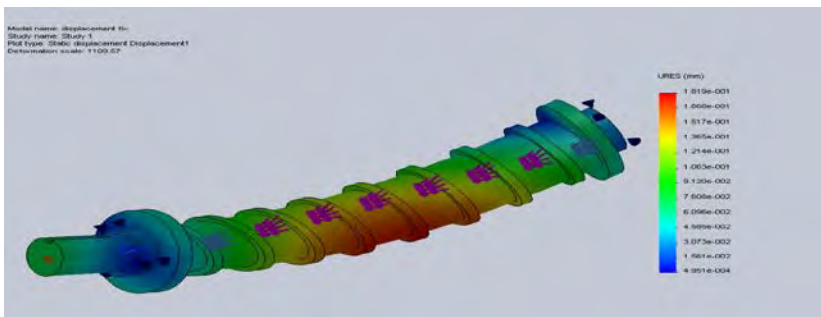
Gambar 4.5 Distribusi Gaya dan stress pada *Wobbler Bar* oleh pembebanan batu kapur

Gambar A menunjukkan hasil simulasi dari pembebanan batu kapur dan Gambar B perbesaran dari area yang mengalami stress yang paling besar.

Pada gambar 4.5 terlihat bahwa tegangan paling besar terjadi pada sisi samping lingkaran yang berada di pinggir dari wobbler bar dimana stress yang terjadi sebesar 30.824.790 Nm atau 30,82 Mpa. Tegangan terjadi akibat beban batu kapur yang dipindahkan oleh wobbler bar tiap satu putaran. Besarnya tegangan yang diterima oleh wobbler bar akibat beban batu kapur dan tanah liat sangat kecil bila dibandingkan dengan fatigue s-n curve AISI 4130, dimana material tersebut baru mengalami fatigue pada cycle diatas 1.000.000 cycle bila terkena tegangan minimum 200-300 Mpa.

4.5.2 Displacement pada Wobbler Bar pada Pembebanan Batu Kapur

Pada pengujian simulasi finite elemen di Solidworks hasil pengujiannya memunculkan hasil displacement yang terjadi bila spesimen dikenai pembebanan. Displacement dapat didefinisikan sebagai perpindahan yang terjadi akibat adanya gaya dari luar yang mengenai spesimen atau material. Berikut adalah hasil displacement yang terjadi pada wobbler bar yang dikenai beban dari batu kapur.



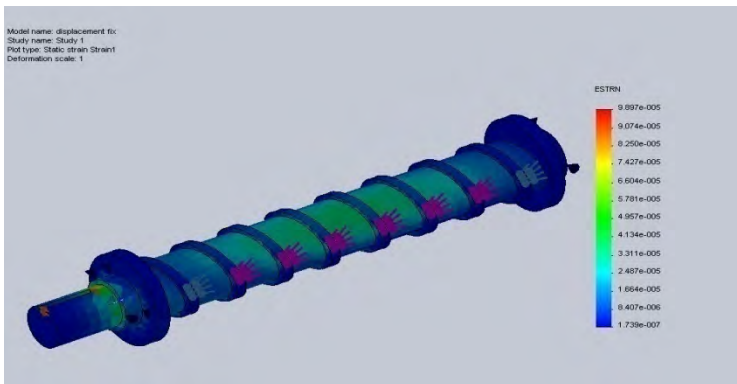
Gambar 4.6 *Besarnya Static Displacement pada wobbler bar setelah pembebanan batu kapur*

Gambar 4.6 menunjukkan hasil besarnya static displacement pada wobbler bar setelah menerima beban dari batu kapur. Static displacement diartikan sebagai besarnya perpindahan yang diakibatkan oleh stress yang terjadi. Static displacement terbesarnya mencapai 0.1819 mm dan berada di posisi tengah. Hal ini bisa dipahami dikarenakan posisi tengah agak jauh dari titik tumpu yang berada di kanan dan kiri sehingga wobbler bar mengalami static displacement yang paling besar.

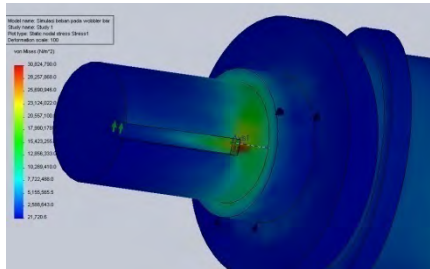
4.5.3 Strain pada Wobbler Bar pada Pembebanan Batu Kapur

Program Solidworks juga mampu untuk menunjukkan hasil strain yang terjadi pada material yang terkena pembebanan batu kapur. Definisi dari strain adalah perbandingan antara perubahan panjang dari material atau spesimen yang terjadi akibat tegangan dengan panjang spesimen awal. Persamaan untuk strain adalah

$$Strain = \frac{\Delta L}{L_0}$$



A



B

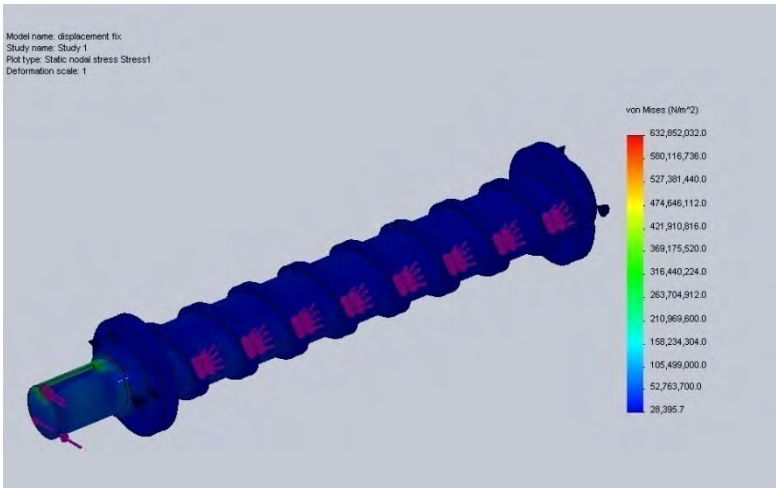
Gambar 4.7 Static Strain pada wobbler bar

Gambar A diatas menunjukkan hasil simulasi dan Gambar B adalah perbesaran dari daerah yang mengalami strain paling besar

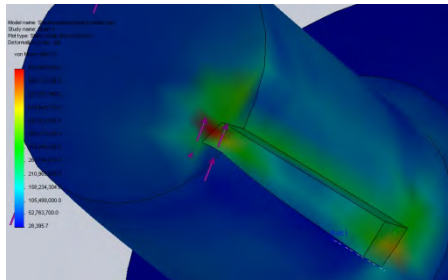
Besarnya static strain yang diakibatkan oleh stress terpusat di area pinggir wobbler bar yang merupakan lokasi support roller bearing dimana wobbler bar bertumpu disana. Hal ini bisa dimengerti karena beban mayoritas batu kapur dari wobbler bar ada pada tumpuan baranya sehingga menyebabkan regangan atau strain pada daerah tersebut.

4.5.4 Stress Pada Wobbler Bar dengan Pembebanan Batu Kapur dan Gaya Rantai

Hasil utama dari simulasi pembebanan menggunakan software Finite Elemen yang ingin diketahui umumnya adalah stress. Stress dapat diartikan sebagai gaya yang bekerja pada stress persatuan panjang material. Dengan simulasi tegangan yang menggunakan software finite element Solidworks ini kita dapat mengetahui area yang terdampak stress akibat gaya dari beban batu kapur dan gaya rantai.



A



B

Gambar 4.8 Stress yang terjadi setelah pembebanan batu kapur dan gaya rantai

Gambar A diatas menunjukkan hasil simulasi dan Gambar B adalah perbesaran dari daerah yang mengalami tegangan paling besar.

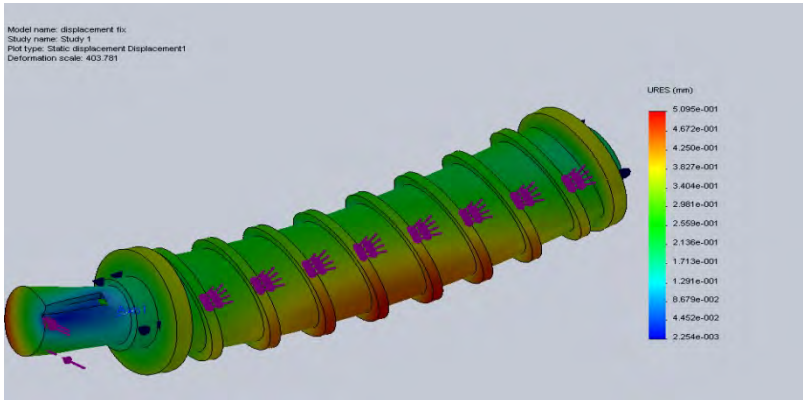
Setelah dilakukan penambahan beban oleh gaya tarikan rantai hasil simulasi stress berubah amat signifikan pada semua sisi namun yang paling mendapat perhatian yakni stress yang

terjadi pada area pasak dimana area tersebut terkena gaya rantai dari rantai menuju sprocket lalu menuju pasak untuk kemudian diteruskan untuk memutar wobbler bar. Stress pada area pasak tersebut memiliki nilai 632.852.032 Nm atau 632 Mpa dimana tegangan tersebut sangat tinggi dan diatas tegangan Fatigue S-N Curve untuk cycle diatas 1.000.000 yakni 200-300 MPa untuk material AISI 4130. Tegangan dari stress tersebut dapat dimengerti karena di beberapa laporan maintenance sering juga terjadi kegagalan yang menimpa rantai dan sprocket. Ini dapat dipahami karena P.T. Semen Gresik Unit 1 Tuban mengaplikasikan motor listrik ABB yang memiliki daya 88 KW atau 118 hp untuk mengimbangi meningkatnya beban batu kapur yang melewati wobbler Feeder yang menurut manual book dari Universal Engineering seharusnya dilewati maksimum 1200 ton per jam dengan daya motor 60 HP namun karena beban aktual yang mencapai 2700 ton perjam sehingga daya motor juga dinaikkan hingga 118 HP. Secara kekuatan material dari AISI 4130 sendiri mampu untuk mengangkut beban batu kapur hingga 2700 ton/jam namun secara bersamaan material tersebut tidak lagi mampu untuk menangani besarnya gaya tarikan rantai yang mencapai 502142 Newton. Posisi Wobbler Bar sendiri yang menempati daerah paling ujung yakni no 19 menyebabkan mengalami stress paling besar dibanding wobbler bar lain karena menjadi tempat berputarnya rantai untuk berotasi sehingga stress yang terjadi sangat besar dan menyebabkan Wobbler Bar no 19 sering mengalami kegagalan.

4.5.5 Displacement Pada Wobbler Bar dengan Pembebanan Batu Kapur dan Gaya Rantai

Pada pengujian simulasi finite elemen di Solidworks hasil pengujiannya memunculkan hasil displacement yang terjadi bila spesimen dikenai pembebanan. Displacement dapat didefinisikan sebagai perpindahan yang terjadi akibat adanya gaya dari luar yang mengenai spesimen atau material. Berikut adalah hasil

displacement yang terjadi pada wobbler bar yang dikenai beban dari batu kapur dan gaya tarik dari rantai.

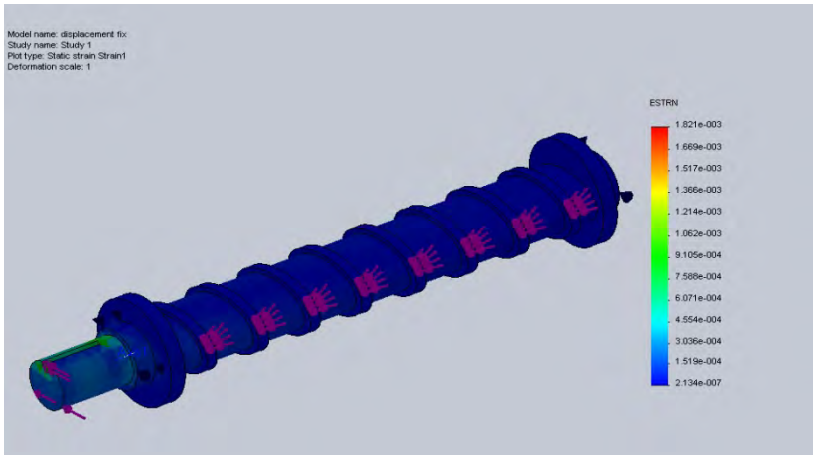


Gambar 4.9 Displacement yang terjadi setelah pembebanan batu kapur dan gaya rantai

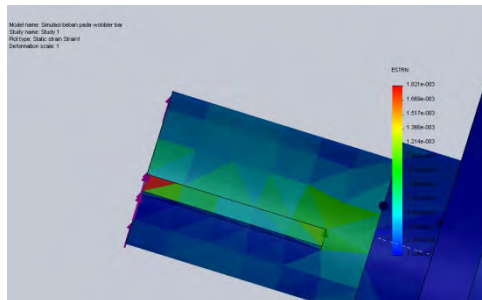
Pada gambar 4.9 displacement yang paling besar ada di sisi paling kiri yakni sebesar 0.5095 mm pada area yang terkena gaya dari tarikan rantai yang menjadi tempat bernaung sprocket rantai. Pada daerah tersebut gaya tarik rantai yang besar menyebabkan batang melendut kearah gaya tarikan rantai. Lendutan pada sisi lobe wobbler bar ditengah mengalami displacement sebesar 0.45 mm diakibatkan oleh beban dari batu kapur yang lewat diatasnya

4.5.6 Strain Pada Wobbler Bar dengan Pembebanan Batu Kapur dan Gaya Rantai

Program Solidworks juga mampu untuk menunjukkan hasil strain yang terjadi pada material yang terkena pembebanan batu kapur dan gaya rantai. Definisi dari strain adalah perbandingan antara perubahan panjang dari material atau spesimen yang terjadi akibat tegangan dengan panjang spesimen awal. Persamaan untuk strain adalah $Strain = \frac{\Delta L}{L_0}$.



A



B

Gambar 4.10 Strain yang terjadi setelah pembebanan batu kapur dan gaya rantai

Gambar A menunjukkan hasil simulasi dan Gambar B perbesaran dari daerah yang mengalami strain paling besar.

Gambar diatas menunjukkan distribusi strain. Area yang mengalami strain paling besar adalah area pasak dan sekelilingnya. Hal ini dikarenakan terkena pemodelan yang kurang baik definisi boundary conditionnya. Posisi sisi keyways yang didefinisikan sebagai tumpuan roller membuat area ini tidak bisa

bergerak terhadap tarikan rantai yang besar sehingga menyebabkan strain yang lebih signifikan dibanding area lainnya. Seharusnya, stress dan strain maksimum terjadi pada ujung silinder tempat sprocket dimana selama ini merupakan posisi tempat terjadinya patahan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan simulasi yang telah dilakukan beberapa hal yang diketahui dari wobbler bar milik P.T. Semen Gresik Unit 1 Tuban yakni material yang digunakan dalam pembuatan wobbler bar adalah AISI 4130. Material tersebut memiliki kekuatan yang sangat baik untuk menanggung beban dari bobot batu kapur hingga 2700 ton/jam bahkan lebih sehingga wobble bar tidak akan rusak karena pemakaian normal akibat beban batu kapur dan torsi normal untuk memutar wobble bar tersebut.

Namun, khusus pada Wobbler bar no 19 yang berada pada posisi paling depan, memiliki beban stress yang jauh lebih besar daripada wobbler bar lain karena sprocketnya menjadi tumpuan tarikan rantai motor yang menarik semua sprocket woble bar dibelakangnya. Gaya tarik rantai yang mencapai 502.142,85 Newton membuat beban stress yang melanda area sekitar pasak dan sprocket sebesar 632 Mpa. Beban stress ini sudah jauh diatas stress yang diijinkan untuk cycle diatas 1.000.000 yang hanya sebesar 200-300 Mpa berdasarkan grafik S-N Curve. Jadi wajar bila pasak no 19 life time wobbler barnya sangat pendek dibandingkan wobbler bar lain.

5.2 Saran

Dapat disimpulkan bahwa kerusakan yang terjadi selama ini pada wobbler bar no 19 adalah akibat beban yang berlebih yang ditanggung wobbler feeder sehingga motor harus mengeluarkan tenaga sangat besar untuk menarik rantai wobbler feeder yang menyebabkan stress yang terjadi pada ujung wobbler bar didekat sprocket yang mengalami stress yang sangat tinggi sehingga terjadi retak dan putusnya wobbler bar. Sehingga untuk mengatasi kerusakan pada wobbler bar no 19 adalah dengan mengurangi beban material yang melewati wobbler feeder sehingga stress pada wobbler bar menjadi berkurang dan menaikkan lifetime dari wobbler bar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abrianto, A. 2004. “Kerusakan Pegas Ulir pada Boogie Kereta Api”. Semarang: Fakultas Teknologi Jurusan Teknik Material Universitas Jendral Ahmad Yani.
- [2] Gorge, V.V. 1992. ASM Handbook vol 9: Metalography and Microstructure. United States.
- [3] Putri , E. 2004. Failure Analysis in Materials, <URL:<http://www.Tukanginsinyur.blogspot.com>>.
- [4] Gunawarman. 2011. “Analisis Kegagalan Pada Roller Tyre di Pabrik Semen Padang”. Padang: Teknik Mesin Universitas Andalas.
- [5] Gys, V.Zyl. 2013. “Failure analysis of conveyor pulley shaft. Abdulmohsin Al-Sahli: Materials and Corrosion Section, SABIC T&I, Jubail, Saudi Arabia.
- [6] Semen Gresik. 2008. Perkembangan Pabrik Dari Masa ke Masa, <URL:<http://www.Semengresik.com>>.
- [7] Manual book of Design: Operation and Maintenance. Bethlehem: Universal Engineering.
- [8] William, T.B., and Roch, J.S. 2002. ASM Handbook Volume 11: Failure Analysis and Prevention. Ohio.
- [9] Callister, William D. 2010. *Materials Science and Engineering, 8th Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- [10] Deutchman, Aaron D. 1975. Machine Design : Theory and Practice. New York : Macmillan
- [11] <http://asm.matweb.com>

[Halaman sengaja dikosongkan]

TENTANG PENULIS



Triangga Indra Lukmana, lahir di kota Surabaya pada tanggal 06 Januari 1990, merupakan putra pertama dari pasangan Lukman Hakim Soetriesno dan Diah Wiwiek Andayani. Penulis memulai pendidikan di TK Pertiwi Jombang, kemudian melanjutkan di SDN Jombatan 3 Jombang, SMPN 29 Surabaya, dan SMAN 3 Malang. Setelah lulus SMA, penulis memutuskan untuk melanjutkan belajar di Teknik Mesin ITS Surabaya.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai forum otomotif di Internet maupun dikampus diantaranya apada forum Modifikasi.com dengan username UberAlles dan member pengetahuan tentang memilih kendaraan yang baik untuk slalom pada acara pengenalan slalom yang diadakan oleh Mesin Autosports. Beberapa kali penulis memposting dan mereview beberapa parts racing yang dijual di pasaran untuk kendaraan roda 4. Pada tahun 2009 penulis ikut serta dalam membentuk Toyota Soluna Vios Community. Dan pada tahun 2013 iku tserta dalam rancang ulang system simulasi kapal perang yang diadakan oleh TNI AL Indonesia yang diadakan di Koarmatim Dermaga Ujung Surabaya.

Penulis yang mempunya ihobi diskusi mengenai otomotif dan failure analysi sini dapat dihubungi melalui email: trianggaindra@gmail.com atau 081233728994.

Lampiran 1 Spesifikasi Wobbler Bar

REPAIR SERVICE INSTRUCTIONS 12-1/2" P — 14-1/2" P

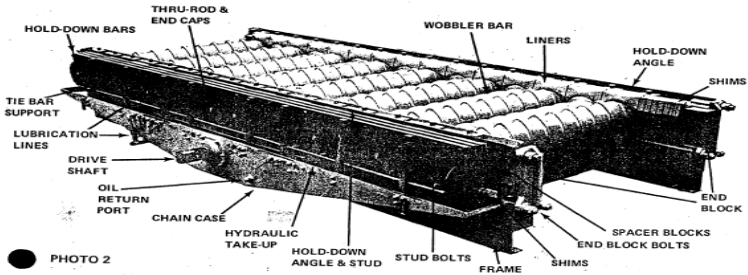


PHOTO 2

DISASSEMBLY INSTRUCTIONS

The frame of the Wobbler is designed for simplicity. The bearing housing and Wobbler bars set on top of the frame and are held secure with stud bolts, hold-down angle, and end blocks. Rotate chain until master link, (indicated by paint), is on top side. Collapse hydraulic take-ups by relieving pressure in pump or by loosening either end of the connecting oil line on top of the cylinders. Remove stud bolts from hold-down bars and spacer blocks. Lift off hold-down bars and spacer blocks. Re-

move master pin from chain and roll chain off sprockets. Loosen end bolts and end blocks on each end of Wobbler. Remove stud bolts from hold-down angle from between bearing housings. Take off end blocks and hold-down angle. The bearing housings and Wobbler bars are now exposed to give access to only one or all of them. Disconnect oil lines from bearings to be removed. (Refer to Photo 2).

UNIVERSAL

INSTRUCTION 424
SECTION 2
PAGE 4

Lampiran 2 Spesifikasi Wobbler Bar

