

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Apron Feeder**

Dermaga Kertapati sendiri mempunyai banyak alat dermaga salah satunya yang berperan penting ialah *apron feeder*. *Apron feeder* adalah sebagai penerima awal batubara dari kereta api menuju tongkang. *Apron feeder* digerakkan oleh drive unit terdiri dari motor listrik, *turbo coupling*, *gearbox*, dan *gear sproket*.

Adapun beban yang diterima oleh Apron Feeder ialah sebesar 150 Ton dan dibagi menjadi 2 yaitu sebesar 75 Ton 1 Apron Feeder. karna Apron Feeder yang mengangkut batu bara itu ada 2 yaitu Apron Feeder laut dan Apron Feeder darat.



**Gambar 2.1 Apron Feeder**

#### **2.2 Gearbox**

*Gearbox* dalam hal penggunaannya banyak terdapat pada bidang kebutuhan industry atau permesinan. *Gearbox* memiliki fungsi sebagai pemindah tenaga dari tenaga penggerak (motor listrik) ke alat yang ingin digerakkan. Setidaknya ada 2 alasan kunci mengapa penggunaan *Gearbox* dalam dunia permesinan memegang peranan penting, pertama fungsi *Gearbox*

utama nya adalah memperlambat kecepatan putaran yang dihasilkan dari perputaran motor listrik dan yang kedua adalah untuk memperkuat tenaga putaran yang dihasilkan oleh motor listrik (Harlan, Buspa 2019).

Selain sebagai “Speed Reducer” fungsi lain Gearbox terutama dalam keperluan industry seperti pabrik, pertambangan, perikanan, dan lainnya

adalah untuk memperkuat daya / tenaga dari electric motor. Seiring dengan fungsi utama gearbox sebagai pengurang kecepatan, secara otomatis gearbox juga berfungsi untuk memperkuat torsi dari dynamo atau diesel. Tanpa didukung oleh gearbox yang sesuai, dinamo motor atau mesin diesel akan kesulitan untuk mengangkat benda-benda berat ,jika dipaksaakan dapat mempercepat usia dinamo motor atau bahkan merusak motor tersebut (Harlan, Buspa 2019).

Pada PT Bukit Asam Tbk. terdapat suatu gearbox yang terletak pada Apron feeder. gearbox tersebut berfungsi sebagai penggerak apron feeder. Pada gearbox tersebut terdapat bagian-bagian penting yang mendukung fungsi dari apron feeder. Salah satu bagian penting pada gearbox yaitu shaft yang berfungsi sebagai penyalur daya dari motor ke gearbox. kecepatan motor yang digunakan pada apron feeder sebesar 1500 rpm dan mempunyai dayasebesar 55 kw.



**Gambar 2.2** Gearbox Hansen p4

### 2.2.1 Spesifikasi *Gearbox* Hansen P4

- Type : QHPE-LRN-50
- Torsi : 350,3184 N.m
- Daya : 55 KW
- Ratio : 48,502
- Kecepatan Putaran (Input) : 1500 Rpm
- Kecepatan Putaran (Output) : 30,93 Rpm
- Kapasitas Oli : 35 Liter

### 2.2.2 Cara Menghitung Kecepatan di *Shaft Output*

Diketahui :  $N_1 = 1500$  Rpm

$$i = 48,502$$

Ditanya :  $N_2$ ?

Penyelesaian :

$$N_2 = N_1 : i$$

$$N_2 = 1500 : 48,502$$

$$N_2 = 30,9265 \text{ Rpm}$$

Jadi kecepatan ketika di *shaft output* itu sebesar 30,93 Rpm (dibulatkan)

### 2.2.3 Rumus mencari torsi motor

Diketahui :  $P = 55 \text{ KW} = 55.000 \text{ W}$

$$N = 1500 \text{ Rpm}$$

Ditanya :  $T$ ?

Penyelesaian :

$$T = \frac{9,55 \times P}{N}$$

$$T = \frac{9,55 \times 55.000}{1500}$$

$$T = \frac{525.250}{1500}$$

$$T = 350,1666 \text{ N.m}$$

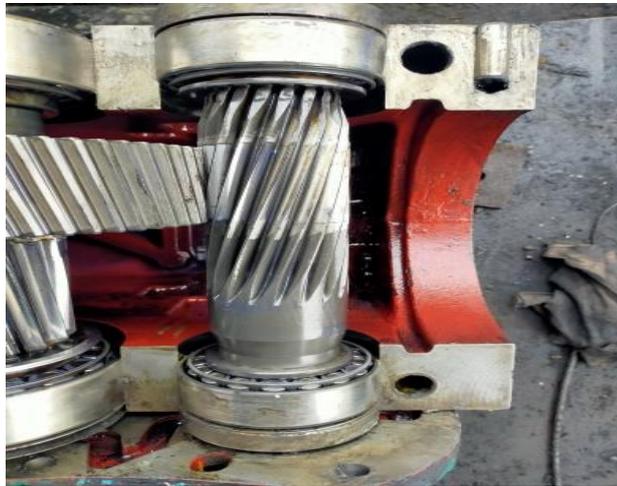
Maka beban maksimal pada *Apron Feeder* adalah sebesar 350.166 N.m

### 2.2.4 Komponen Utama didalam *Gearbox*

Adapun nama - nama *gear* atau gigi di dalam susunan *gear* di dalam *gear box* tersebut adalah sebagai berikut :

### 2.2.5 *Gear Pinion*

*Gear pinion*, yaitu gigi *gear* pertama yang menerima gerakan putaran beban dari motor listrik yang kemudian beban putaran tersebut akan di teruskan ke *bevel gear*.



**Gambar 2.3** *Gear Pinion*

### 2.2.6 *Bevel Gear*

*Bevel Gear*, yaitu gigi *gear* yang menerima beban putaran motor listrik melalui *pinion gear*.



**Gambar 2.4** *Bevel Gear*

### 2.2.7 Gear Drive

*Gear Drive*, yaitu gigi gear yang menerima beban putar dari *bevel gear* yang akan di teruskan ke *shaft output*.



**Gambar 2.5** *Gear Drive*

### 2.2.8 Shaft Output

*Shaft Output*, yaitu shaft yang menghasilkan putaran dalam kecepatan rendah dan meneruskan atau mentransfer putaran tersebut ke gear sproket. Ketika di shaft output ini kecepatan yang ditransfer dari motor listrik sebesar 1500 Rpm menjadi 30.93 Rpm.



**Gambar 2.6** *Shaft Out Put*

### **2.3 Poros atau Shaft Output**

Poros berfungsi untuk meneruskan tenaga baik berupa puntiran, torsi maupun bending dari suatu bagian ke bagian yang lain. Akibat beban tersebut poros mengalami pembebanan yang terus berulang. Akibatnya suatu poros sering mengalami kegagalan dalam operasinya. Kegagalan akibat beban berulang sangat tidak diinginkan karena tanda-tanda akan terjadinya kegagalan tidak dapat diketahui secara langsung. Kegagalan ini dapat berupa crack yang terus berkembang hingga terjadi perambatan crack yang kemudian menjadi patah (Sugiarto, 2013).

### **2.4 Baja**

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe), karbon (C), dan unsur lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting dalam campuran baja karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dibidang teknik dalam bentuk pelat, pipa, batang dan sebagainya. Secara garis besar baja dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon terbagi menjadi tiga macam yaitu:

1. baja karbon rendah ( $<0,25\%C$ )
2. baja karbon sedang ( $0,25-0,6\%C$ )
3. baja karbon tinggi ( $0,6-1,4\%C$ )

Sedangkan baja paduan terdiri dari baja paduan rendah dan baja paduan tinggi. Penggunaan dari masing-masing jenis baja berbedabeda tergantung kandungan karbon pada baja tersebut. Baja karbon rendah biasanya digunakan untuk kawat, sekrup, ulir dan baut. Baja karbon sedang digunakan untuk rel kereta api, poros roda gigi. Baja karbon tinggi digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, milling cutter.

#### **2.4.1 Klasifikasi Baja Karbon**

Baja karbon terdiri dari besi dan karbon, karbon merupakan unsur yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Selain itu karbon termasuk unsur yang paling efektif dan murah. Oleh karena itu, sebagian besar baja

mengandung unsur karbon dengan kadar yang cukup besar dibandingkan dengan unsur paduan lainnya seperti Mn, P, Cu, S dan Si.

Adapun pengaruh unsur paduan pada bahan baja karbon adalah :

- a. Carbon (C) Karbon pada baja dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja. Akan tetapi jika berlebihan akan menurunkan ketangguhan baja (toughness).
- b. Manganese (Mn) Pada umumnya semua baja mengandung mangan karena mangan sangat dibutuhkan dalam proses pembuatan baja. Mangan tidak akan memberikan pengaruh yang besar pada struktur baja dengan kadar yang rendah. Dengan adanya unsur paduan mangan pada baja akan membuat butiran struktur mikro baja lebih halus. Penambahan unsur mangan dalam baja juga dapat meningkatkan kekuatan tarik. Sehingga baja dengan adanya penambahan unsur mangan akan memiliki sifat yang kuat. Selain itu unsur mangan juga dapat mencegah terjadinya hot shortness (kegetasan pada temperatur tinggi).
- c. Phosphor (P) Phosphor bisa membuat baja mengalami kegetasan pada temperatur rendah. Akan tetapi phosphor dapat menaikkan fluiditas yang membuat baja mudah dirol panas. Kadar phosphor dalam baja biasanya kurang dari 0,05%.
- d. Sulphur (S) Sulfur bisa membuat kegetasan pada baja di temperatur tinggi. Akibatnya baja dengan paduan unsur sulfur di temperatur tinggi akan sulit jika dilakukan pengerjaan seperti pengerolan. Kadar sulfur harus dibuat serendah rendahnya yaitu lebih rendah dari 0,05% agar bisa mendapatkan sifat baja yang diinginkan.
- e. Silicon (Si) Si dengan kadar 3,2 % akan menurunkan kekerasan baja. Akan tetapi jika lebih akan meningkatkan kekerasan baja. Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin dan lainnya. Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yaitu :

### 1. Baja Karbon Rendah (Low Carbon Steel)

Baja dengan kandungan karbon  $< 0,25\%$  memiliki kekuatan sedang dengan keuletan yang baik. Baja karbon rendah biasanya digunakan untuk pembuatan jembatan, bangunan gedung, kendaraan bermotor dan kapal laut. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Penggunaan baja karbon rendah yaitu sebagai berikut:

- a. Sebagai pelat pada kendaraan.
- b. Profil, batang untuk keperluan tempa.
- c. Pekerjaan mesin dan konstruksi bangunan.

### 2. Baja Karbon Sedang (Medium Carbon Steel)

Baja ini mengandung karbon antara  $0,25\%$  sampai dengan  $0,60\%$ . Baja karbon ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan baja karbon rendah. Baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Besarnya karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (heat treatment) yang sesuai. Baja karbon sedang dalam dunia teknik biasanya digunakan sebagai alat-alat perkakas, poros, engkol, roda gigi, ragum, pegas, dan lainlain Baja Karbon Tinggi (high carbon steel) Baja yang mengandung karbon antara  $0,60\%$  sampai dengan  $1,4\%$ . Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan. Baja karbon ini banyak digunakan untuk keperluan pembuatan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau dalam penggunaannya akan menerima dan mengalami panas, misalnya landasan, palu, gergaji, pahat, kikir, mata bor, bantalan peluru dan sebagainya. (Callister, 2014)

## 2.5 Analisa Kegagalan

Kegagalan dapat diartikan sebagai pemeriksaan/pengujian terhadap komponen-komponen atau struktur yang mengalami kerusakan beserta kondisi yang menyebabkan kegagalan dengan tujuan untuk mengetahui penyebab dari kegagalan tersebut. Jadi tujuan utama dari analisa kegagalan adalah untuk mengetahui mekanisme terjadinya kegagalan serta memberikan solusi-solusi yang dapat dilaksanakan untuk menanggulangi masalah kegagalan tersebut.

Dengan kata lain, analisa kegagalan berujung pada observasi pada komponen-komponen yang rusak. Pengamatan pola patahan yang rusak adalah kunci bagi seluruh proses analisa kegagalan, oleh sebab itu pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis harus dilaksanakan secara bertahap. Selain itu pengujian mekanik juga diperlukan karena secara umum kegagalan disebabkan oleh gaya-gaya yang bekerja dari lingkungan kerja komponen. Menurut sumber-sumber penelitian yang ada di dunia industry, faktor penyebab kegagalan yang sering terjadi di dunia industri dapat dikarenakan :

a. Faktor kesalahan pemilihan material

Hasil penelitian mengenai faktor kegagalan material yang dominan yaitu faktor kesalahan dalam memilih material.

b. Perawatan komponen yang kurang baik

Proses perawatan komponen mesin yang kurang baik termasuk salah satu penyebab kegagalan yang paling dominan.

c. Kesalahan dalam perancangan komponen

Faktor kesalahan dalam proses perancangan komponen mesin adalah sebagai berikut:

- Kegagalan ulet akibat pembebanan yang melebihi kekuatan material
- Kegagalan getas akibat beban kejut
- Kegagalan pada temperatur tinggi (pemuluran)
- Kondisi kerja yang ekstrim Permasalahan yang spesifik dalam kegagalan komponen mesin akibat kondisi kerja yang ekstrim

## 2.6 Prosedur dalam Analisa Kegagalan

Ketika terjadi sebuah kegagalan atau retak, perlu dilakukan suatu tindakan untuk mencegah terjadinya kegagalan yang sama dengan menginvestigasi dan menganalisa kegagalan komponen yang terjadi. Adapun tindakan yang perlu dilakukan dalam menginvestigasi komponen yaitu (Nishida, 1992):

1. Data produksi : *spesification of shaft and gearbox*
2. Sifat mekanik : tensile, hardness, bending test.
3. Struktur metalurgi : struktur makro dan mikro struktur
4. Dokumentasi : Patah permukaan

## 2.7 Kelelahan (Fatigue)

Kelelahan atau Fatigue adalah kerusakan material yang diakibatkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik maksimum (ultimate tensile strength) ( $\sigma_u$ ) maupun tegangan luluh (yield). Apabila suatu logam dikenai tegangan berulang maka logam tersebut akan patah pada tegangan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan tegangan yang dibutuhkan untuk menimbulkan perpatahan pada beban statik. Adapun mekanisme terjadinya kegagalan fatigue dapat dibagi menjadi 3 fase yaitu antara lain :

1. Awal Retak (crack initiation)

Mekanisme fatigue umumnya dimulai dari adanya awal retakan yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadinya konsentrasi tegangan dipermukaan akibat adanya pembebanan yang berulang.

2. Perambatan Retak (crack propagation)

Jumlah total siklus yang menyebabkan kegagalan fracture merupakan penjumlahan jumlah siklus yang menyebabkan retakan awal dan fase perambatannya. Perambatan ini kemudian akan terus menjalar yang nantinya akan berujung pada failure.

3. Patah Patahnya material terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen. Ketika terjadi penjalaran retak, penampang pada bagian tersebut akan

berkurang sampai pada kondisi dimana penampang pada bagian tersebut tidak mampu menahan beban yang terakhir kali.

Pada tahap ini penjalaran retak yang terjadi sangat cepat sehingga struktur akan terpecah menjadi dua. Karakteristik kelelahan logam dibagi menjadi dua yaitu :

a. Karakteristik makro

Karakteristik makro merupakan ciri-ciri kelelahan yang dapat diamati secara visual (dengan mata telanjang dan kaca pembesar).

b. Karakteristik mikro.

Karakteristik mikro merupakan ciri-ciri kelelahan yang hanya dapat diamati dengan menggunakan mikroskop. Pada dasarnya kegagalan fatigue dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji.

Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat fatigue sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan

## **2.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Lelah**

Faktor-faktor yang mempengaruhi atau cenderung mengubah kekuatan lelah yaitu jenis pembebanan, kelembaban lingkungan (korosi), temperatur, komposisi kimia bahan.

a. Faktor kelembaban

Faktor kelembaban lingkungan sangat mempengaruhi kekuatan lelah, kelembaban relatif 70 % sampai 80%. Lingkungan kelembaban yang tinggi akan terjadi korosi dan akan mengalami retak pada permukaan spesimen yang menyebabkan kegagalan lebih cepat terjadi. (Haftirman, 1995)

b. Tipe pembebanan

Tipe pembebanan sangat mempengaruhi kekuatan lelah sebagaimana yang diteliti oleh Ogawa (1989) bahwa baja S45S yang diberikan tipe pembebanan lentur putar dan pembebanan aksial mempunyai kekuatan lelah yang sangat berbeda, baja S45C dengan pembebanan aksial

mempunyai kekuatan lelah lebih rendah dari baja yang menerima pembebanan lentur putar. (Darami, 2009)

- c. Faktor komposisi kimia Faktor komposisi kimia sangat mempengaruhi kekuatan lelah karena apabila komposisi kimia tidak sesuai dengan standar yang sudah ada maka akan cepat mengalami kegagalan (failure). Sebagai contoh apabila suatu baja kekurangan kadar unsur karbon maka kekerasan dan kekuatannya akan turun sehingga akan cepat mengalami patah atau kegagalan. Perambatan Retak Fatigue Perambatan retak adalah tahap kedua dari ketiga tahap proses kegagalan atau kerusakan.

Dalam tahap ini retak akan tumbuh dan menjalar hingga mencapai batas kritis (critical size). Dengan adanya perambatan retak maka suatu material akan memiliki umur (fatigue life) yang menandakan bahwa material tersebut

sudah berada pada titik akhir dan tidak bisa menerima beban lagi. Fatigue life dapat ditingkatkan dengan cara :

1. Mengontrol tegangan
  - a. Peningkatan tegangan akan menurunkan umur fatigue.
  - b. Kegagalan fatigue selalu dimulai pada peningkatan tegangan.
2. Mengontrol permukaan
  - a. Dalam banyak pengujian dan aplikasi pemakaian, tegangan maksimum terjadi pada permukaan.
  - b. Umur fatigue sensitif terhadap kondisi permukaan.
  - c. Faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah tegangan sisa permukaan

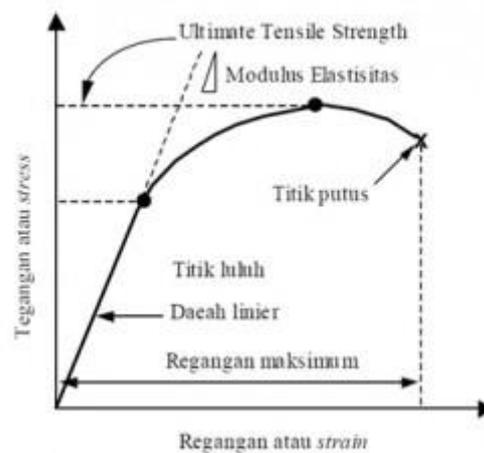
## **2.9 Macam-Macam Pengujian**

Untuk mengetahui sifat dan karakteristik suatu material diperlukan yang namanya pengujian. Berikut beberapa macam pengujian untuk material, yaitu:

## 1. Uji Tarik

Merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*).

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 2.7. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



**Gambar 2.7** Kurva uji tarik [ 3 ]

## 2. Uji Komposisi

Material Tujuan utama dari pengujian komposisi bahan dalam penelitian ini yaitu untuk mendapatkan komposisi bahan yang terkandung dalam *shaft output*. Proses dari pengujian komposisi yaitu untuk mendapatkan hasil seberapa besar nilai unsur penyusun bahan misalnya dari unsur utama Fe, C, Mn, Si, Ni, V, Mo dan lain sebagainya.