

# ANALISA KERUSAKAN BAUT PENGIKAT KEPALA MESIN FRAIS VERTIKAL

Jufrianda<sup>1</sup>, Akhyar Ibrahim<sup>2</sup>, Turmizi<sup>2</sup>, Mohd. Arskadius<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata

Email : jufrianda@gmail.com

## Abstrak

Baut merupakan pengikat dua komponen atau lebih yang ikatannya bersifat semi permanen dan digunakan secara luas oleh masyarakat. Pemilihan baut juga merupakan faktor yang penting untuk menghindari terjadinya kegagalan/kerusakan pada baut. Sejarah kegagalan baut pengikat kepala mesin frais vertikal dimana baut pengikat kepala mesin frais bawaan dari pabrik sudah pernah di ganti sebelumnya, faktor pergantian baut pengikat kepala mesin frais bawaan dari pabrik yaitu terjadinya patahan terhadap baut tersebut. Teknisi laboratorium produksi dan permesinan mengambil keputusan untuk melakukan pergantian baut bawaan dari pabrik dengan menggunakan material Amutit. Pada bulan April tahun 2018, baut pengikat kepala mesin frais vertikal telah patah beberapa kali. Hasil pengujian fraktografi pada patahan awal memperlihatkan adanya pola pembebanan dinamis yang terus berulang pada baut sehingga permukaan patahan baut mengalami patah getas intergranular. Hasil pengujian Komposisi kimia antara baut dari pabrik, baut patah pertama, dan baut patah kedua tidak jauh berbeda dan terdapat nilai gradess C, dimana material baut tersebut telah mengalami prose carburizing dimana suhu carburizing mencapai 150-200°C sedangkan pada kulitnya mencapai suhu 800-1200 °C. Hasil pengujian kekerasan tertinggi terjadi pada baut pabrik yakni sebesar 47.7 HRC, diikuti baut batah 2 sebesar 44.8 HRC dan 43.8 HRC pada baut patah 3. Hasil pengujian SEM baut pertama terlihat terjadi inclusion dan porosity dan pada baut kedua terlihat adanya patah brittle fracture dan fatigue dimana terjadi dengan adanya penjalaran retak yang lebih cepat dengan penyerapan energy yang lebih sedikit.

**Kata Kunci :** Baja Amutit, Scanning Electron Microscopy, Mesin Frais Vertikal, dan Analisa Kerusakan.

## 1 Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Baut yang mengikat suatu konstruksi banyak mengalami perubahan kondisi fisik, yang mengakibatkan terjadinya suatu kegagalan dari suatu alat. Pemilihan baut juga merupakan faktor yang penting untuk menghindari terjadinya kegagalan/ kerusakan baut. Oleh karenanya untuk menjamin suatu konstruksi permesinan agar aman ketika beroperasi maka kondisi baut harus terjamin kekuatannya.

Sejarah kegagalan baut pengikat kepala mesin frais vertikal dimana baut pengikat kepala mesin frais bawaan dari pabrik sudah pernah di ganti sebelumnya, faktor pergantian baut pengikat kepala mesin frais bawaan dari pabrik yaitu terjadinya perpatahan terhadap baut tersebut. Dengan adanya permasalahan patah nya baut pengikat kepala mesin frais bawaan dari pabrik, membuat mesin frais vertikal terkendala dalam operasi untuk praktikum mahasiswa. Teknisi laboratorium

produksi dan permesinan mengambil keputusan untuk melakukan pergantian baut bawaan dari pabrik dengan menggunakan material Amutit, setelah proses pergantiaan baut pengikat kepala mesin frais vertikal bawaan dari pabrik dengan menggunakan baut material amutit untuk pengikat kepala mesin frais.

Proses perlakuan panas dilakukan oleh pandai besi tradisional, sehingga pada saat baut dipanaskan dimungkinkan temperatur terlalu tinggi dan langsung didinginkan dengan air sehingga dimungkinkan bahan yang dasarnya keras menjadi getas dan rapuh sehingga mudah patah saat menerima beban.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan khusus dari penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis kerusakan baut pengikat kepala mesin frais vertikal di Laboratorium

produksi dan permesinan Politeknik Negeri Lhokseumawe.

2. Menganalisa penyebab terjadinya patahan baut.
3. Mengidentifikasi masalah, pemeriksaan fraktografi, kekuatan bahan dan struktur mikro.

### 1.3 Batasan Masalah

Mengingat sangat kompleksnya permasalahan dalam proses penelitian tersebut, maka penulis membatasi permasalahan agar pembahasannya lebih berfokus. Adapun batasan masalah tersebut sebagai berikut:

1. Pengujian kekuatan material material yang dilakukan untuk pembahasan skripsi adalah menggunakan alat uji kekerasan (*Hardness Test*), uji *Structure Electron Microscope* (SEM) dan pengujian fraktografi.
2. Spesimen yang digunakan adalah jenis baja Amutit dengan bentuk uji standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM).
3. Analisa hasil pengujian meliputi analisa karakteristik kekerasan material.

## 2 Teori Dasar

### 2.1 Analisa Kerusakan

Analisa kerusakan bertujuan untuk menentukan penyebab utama dari suatu kerusakan, sehingga kemudian dapat dilakukan langkah-langkah koreksi/perbaikan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang sejenis dikemudian hari. Mekanisme kerusakan/kegagalan komponen atau alat dalam operasi yang mungkin terjadi dapat berupa: Keausan (*wear*), Korosi (*corrosion*), perubahan bentuk (*distorsion*), retak, patah/pecah akibat kelelahan (*fatigue*), beban berlebih (*overload*), suhu tinggi (*elevated temperature failures*), lingkungan (*environmentally affected fractures*) dan perubahan warna/penampakan [1].

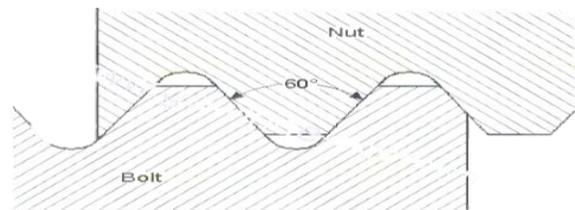
### 2.2 Definisi Fatigue

Fatigue adalah satu jenis kerusakan / kegagalan yang diakibatkan oleh beban berulang (*Donald J Wuppy, Understanding How Component Fail*). Ada 3 fase di dalam kerusakan akibat *fatigue* yaitu: pengintaian retak (*crack initiation*), perambatan retak (*crack propagation*) dan patah statik (*fracture*). *Fatigue* adalah fenomena yang menyebabkan patahnya logam akibat dikenai beban yang berfluktuasi/siklik dengan nilai tegangan maksimum lebih rendah dari nilai kekuatan tarik

material. Sedangkan *fatigue fracture* adalah progresif, dimulai dengan retak *mikroskopik* yang tumbuh di bawah pengaruh beban atau tegangan yang berfluktuasi [2].

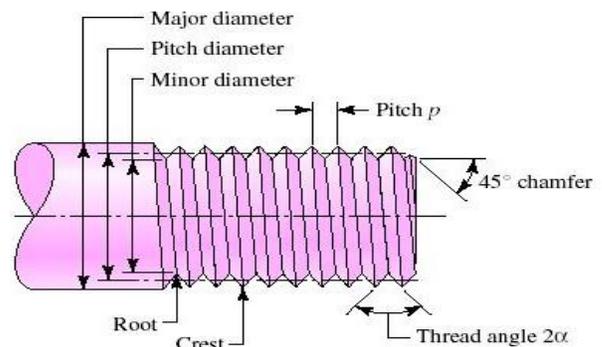
### 2.3 Baut

Baut merupakan elemen mesin dengan alur heliks padapermukaan yang berfungsi untuk mengikat dua atau lebih komponen (*fastener*) yang bersifat *nonpermanent*, artinya, *fastener* ini dapat dibongkar pasang untuk melepas elemen-elemen mesin yang digabungkan. Baut dapat dikencangkan dan dilepas dengan memberikan torsi pada *bolt head* atau pada *nut*. Ulir ISO (*metric*) memiliki sudut antara *root* dan *crest* sebesar  $60^\circ$  seperti gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Sudut pada ulir ISO

Semua ulir dibuat dengan aturan tangan kanan (*right-hand rule*) sehingga baut mengalami pengencangan saat diputar searah jarum jam, dan sebaliknya. Terminologi ulir terlihat seperti pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Terminologi ulir

### 2.4 Analisa Tegangan

Dua elemen yang disambung dengan menggunakan baut dan mur jika pada konstruksi sambungan tersebut menyebabkan terjadi beban  $F$  pada baut dan murnya, maka untuk menghitung tegangan yang di terima pada baut pengikat kepala mesin frais vertikal sebagai berikut.

$$\text{Pada Ulir Baur} \quad \tau b \frac{F}{\pi \cdot d_r \cdot (h/2)} \quad (1)$$

$$\text{Pada Ulir Mur} \quad \tau n \frac{F}{\pi \cdot d \cdot (h/2)} \quad (2)$$

$$\text{Pada Kedua Ulir} \quad \tau n \frac{F}{(h/2) \cdot (a^2 - d_r^2) \cdot (h/p)} \quad (3)$$

## 2.5 Pengujian Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan sebuah benda atau material terhadap penetrasi / daya tembus dari benda lain yang lebih keras, pengujian kekerasan merupakan salah satu dari sekian banyak pengujian kekerasan yang dipakai, karena dapat dipakai pada benda uji kecil tanpa kesulitan mengenai spesifikasi.

Pengujian *Rockwell* merupakan metode yang paling umum digunakan karena simple dan tidak menghendaki keahlian khusus. Pada metode *Rockwell* digunakan kombinasi variasi indenter dan beban untuk bahan metal serta campuran mulai dari bahan lunak dan keras.

## 2.6 Pengujian SEM

*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah salah satu mikroskop electron yang menggambar specimen dengan memindainya menggunakan sinar electron ber energi tinggi dalam *scan* pola raster. Elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga specimen menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang topografi permukaan specimen, komposisi, dan karakteristik lainnya seperti konduktivitas listrik. Metode deteksi yang paling umum atau standar, pencitraan electron sekunder atau *secondary electron imaging* (SEI). SEM dapat menghasilkan gambar resolusi sangat tinggi dari permukaan specimen, menghasilkan ukuran yang detailnya kurang dari 1 mm, karena berkas electron sangat sempit, gambar SEM memiliki kedalaman yang dapat menghasilkan tampilan karakteristik tiga dimensi yang berguna untuk mengetahui struktur permukaan specimen [3].

## 2.7 Fraktografi

Fraktografi adalah ilmu metalurgi fisik yang mempelajari permukaan patahan. Informasi penting mengenai sifat patah suatu bahan dapat diamati melalui pemeriksaan mikroskopik permukaan patah. Penampakan utama atau mode patahan yang diamati dalam analisis mikro-fraktografi secara umum adalah belahan (cleavage).

Cleavage merupakan penampakan patah yang transgranular atau lintas butiran. Penampakan lintas butiran ini akan lebih jelas dalam pemeriksaan metalografi. Patah jenis ini merupakan jenis patah getas yang umumnya terjadi pada temperatur rendah, terjadi pada kondisi tegangan triaksial yang tinggi pada sebuah takikan atau terjadi pada deformasi laju tinggi seperti pada pembebanan impak dan. Patah jenis ini juga dapat diakibatkan oleh faktor-faktor lingkungan [4].

## 3. Metoda Penelitian

### 3.1 Tempat Penelitian

Tempat pengambilan data dilakukan di Laboratorium produksi dan permesinan Politeknik Negeri Lhokseumawe. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2018 sampai dengan April 2019. Adapun pengambilan data tentang penyebab-penyebab kerusakan baut pengikat kepala mesin frais vertikal dapat dilakukan dengan beberapa pengujian serta melakukan survey langsung kepada teknisi Laboratorium produksi dan permesinan Politeknik Negeri Lhokseumawe.

### 3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan selama melakukan penelitian ini adalah kunci L, palu, mesin frais vertical, alat uji kekerasan, dan alat uji *scanning electron microscopy*.

Bahan yang digunakan adalah baut pengikat kepala mesin frais vertikal baja amutit dengan ukuran panjang 110 mm, diameter dalam 8 mm, diameter luar 10 mm, dan jarak ulir ke ulir 2 mm yang telah mengalami kerusakan yaitu kegagalan patah. Baja amutit ini memiliki tegangan tarik maksimal sebesar 677 N/mm<sup>2</sup>. Mesin frais vertikal terlihat seperti pada gambar 3 dibawah ini.

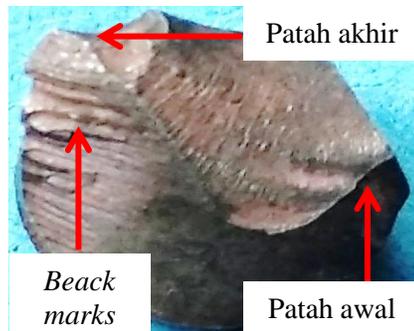


Gambar 3 Mesin frais vertikal

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Fraktografi

Adapun hasil dari pengamatan baut amutit kepala mesin frais vertikal secara visualisasi dapat dilihat seperti gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 Bentuk permukaan patahan baut amutit

Dari gambar 5 diatas menunjukkan hasil pengamatan visual secara makro menggunakan kamera pada daerah permukaan patahan baut amutit kepala mesin frais vertikal, patahan pada baut diatas terbagi menjadi 3 daerah yakni patah awal, penjalaran patah, dan patah akhir. Pada daerah patah awal awal terlihat jelas terdapat pola pembebanan dinamis yang terus berulang pada baut amutit di daerah patahan awal, sehingga permukaan patahan baut mengalami patah getas intergranular. Fenomena penjalaran patah cukup jelas terlihat dari patahan awal kemudian menjaral mengikuti garis penjalaran sehingga penjalaran patah mempunyai arah dan pola dari jenis pembebanan, yaitu berupa beban puntir sampai akhirnya patah akhir.

### 4.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Adapun hasil uji aktual komposisi kimia pada baut kepala mesin frais vertikal dapat dilihat pada tabel 1, 2, dan 3 dibawah ini.

Tabel 1 Hasil uji aktual komposisi kimia baut pabrik

Komposisi Kimia							
Element	Si %	Ti %	Cr %	Mn %	Fe %	Nb %	Sn %
	0,95	3,18	0,10	0,34	95,31	0,02	0,10
Gradess: C-1020 (0,28), C-1026 (0,45)							

Tabel 2 Hasil uji aktual komposisi kimia baut patah pertama

Komposisi Kimia									
Element	Si %	W %	S %	Ti %	Cr %	Mn %	Fe %	Mo %	P %
	1,18	0,51	0,17	0,15	0,66	0,62	96,53	0,08	0,10
Gradess: C-1026 (0,37), C-1020 (0,37)									

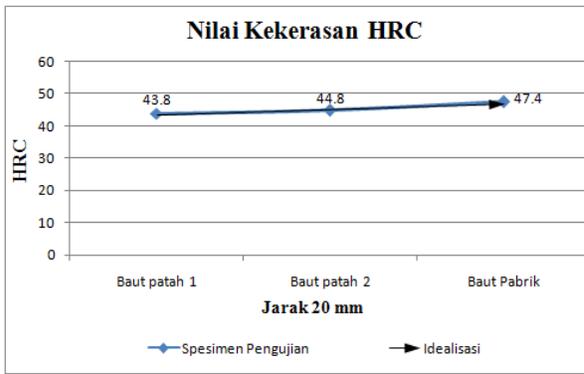
Tabel 3 Hasil uji aktual komposisi kimia baut patah kedua

Komposisi Kimia									
Element	Si %	W %	S %	Ti %	Cr %	Mn %	Fe %	Mo %	Sb %
	1,13	0,46	0,10	0,81	0,66	0,60	96,10	0,08	0,06
Gradess: C-1026 (0,37), C-1020 (0,37)									

Pada ketiga tabel diatas terdapat nilai *grades C*, dimana C itu menunjukkan yang bahwa material tersebut telah mengalami *carburizing* dimana suhu *carburizing* mencapai 150-200°C sedangkan pada kulitnya mencapai suhu 800-1200 °C. Kemudian dilakukan *tempering* pada suhu 150-200 °C untuk memperbaiki ketangguhan kulit yang kecil berpengaruh pada kekerasan. Nilai kekerasan pada kulit 60 HRC yang diperoleh terhadap baja *caborisasi C-1020*.

### 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan

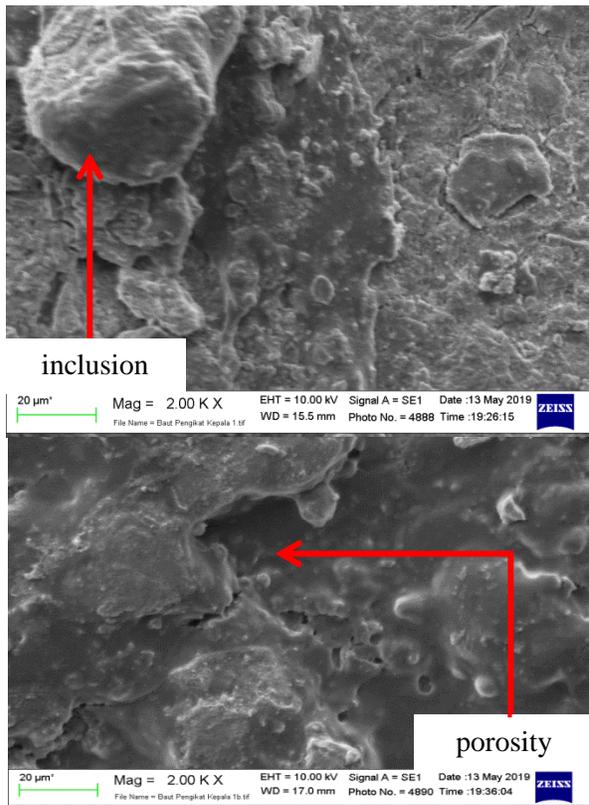
Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen baut pabrik yakni sebesar 47,7 HRC. Nilai kekerasan tertinggi kedua terjadi pada spesimen baut patah 2 sebesar 44,8 HRC. Nilai kekerasan terendah terjadi pada spesimen baut patah 1 sebesar 43,8 HRC. Alasan dilakukan pengujian kekerasan adalah untuk menentukan dan mengetahui daya tahan, kekuatan, fleksibilitas, dan kemampuan dari material yang di uji. Grafik nilai kekerasan HRC terlihat seperti pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6 Grafik nilai kekerasan HRC

#### 4.4 Hasil Pengujian SEM

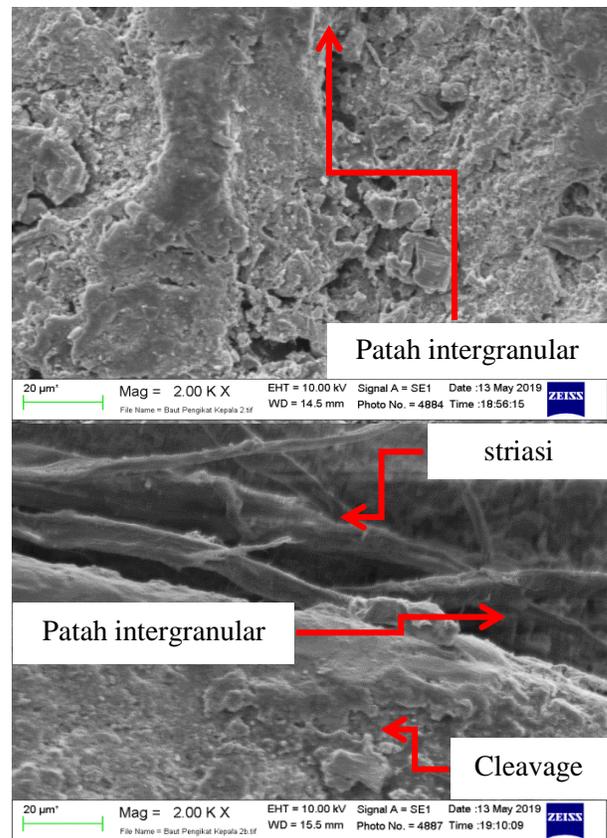
Pengujian SEM ini dilakukan untuk mengetahui permukaan patahan dari material dalam pembesaran yang lebih besar sehingga dapat diketahui pola yang terbentuk pada permukaan patahan jenis baut baja amutit. Adapun spesimen yang diuji menggunakan pengujian SEM sebanyak dua buah baut pengikat kepala mesin frais vertikal. Hasil foto SEM baut patah pertama terlihat seperti pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7 Hasil foto SEM baut patah awal terjadinya inclusion pada baut dan porosity pada baut

Berdasarkan hasil pengamatan scanning electron microscope (SEM) baut patah pertama diatas menunjukkan pengamatan permukaan patahan ada terjadinya inclusion dan porosity. Dimana inclusion adalah terjebaknya partikel-partikel material asing dalam padatan yang bukan bagian dari stuktur kisi Kristal logam tersebut. Sedangkan porosity ialah salah satu cacat kristal yang disebabkan oleh senyawa terperangkapnya gas dalam logam cair pada waktu proses pengecoran, beberapa bentuk cacat Kristal dari porosity tersebut berbentuk bulat atau titik-titik baik pada permukaan maupun pada bagian dalam cor dan terdapat juga cacat kristal porosity dengan bentuk memanjang yang disebabkan oleh gas yang mencoba untuk keluar dari logam cair.

Berdasarkan hasil pengamatan pada baut patah kedua melalui scanning electron microscope (SEM) dengan perbesaran 2000x menunjukkan terdapat adanya patah Brittle fracture dan fatigue. Dimana Patah getas ini terjadi dengan ditandainya penjalaran retak yang lebih cepat dengan penyerapan energi yang lebih sedikit, serta hampir tidak disertai dengan deformasi plastis. Hasil foto SEM baut patah kedua terlihat seperti pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8 Hasil foto SEM baut *heat treatment* baut kedua patah secara *intergranular*, *fatigue*, dan patah getas *intergranular*

## 5. Kesimpulan

- 1 Hasil pengujian fraktografi pada area baut yang patah terlihat jelas terdapat pola pembebanan dinamis yang terus berulang pada baut amutit di daerah patahan awal, sehingga permukaan patahan baut mengalami patah getas *intergranular*.
- 2 Hasil pengujian Komposisi kimia antara baut dari pabrik, baut patah pertama, dan baut patah kedua tidak jauh berbeda dan terdapat nilai *gradess C*, dimana material baut tersebut telah mengalami prose *carburizing* dimana suhu *carburizing* mencapai 150-200°C sedangkan pada kulitnya mencapai suhu 800-1200°C.
- 3 Hasil pengujian kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen baut pabrik yaitu sebesar 47.7 HRC, kemudian diikuti spesimen baut patah 2 yakni sebesar 44.8 HRC, dan spesimen baut patah 1 sebesar 43.8 HRC.
- 4 Hasil foto SEM baut patah awal terlihat adanya penjalaran retak (*Beach Mark*), *inclusion* dan *porosity*.

## 6. Saran

1. Sebaiknya dilakukan pengujian SEM pada raw material atau material yang tidak terjadi kegagalan patah agar bisa dibandingkan

dengan foto hasil SEM yang terjadi patahan dan tidak terjadi patahan.

2. Sebaiknya dilakukan *hardening* melalui proses *heat treatment* agar mendapatkan struktur mikro yang baik.

## 7. Daftar Pustaka

- [1] Ilham, Hatta. (2000). *Analisa Kerusakan Baut Pengikat Meja Putar Pada Sistem Transportasi Alat Angkat*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol. 3 No. 1.
- [2] Pratowo, B. (2016). *Analisa Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah S10C dengan Tipe Rotary Bending*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol. 2 No. 1.
- [3] Martinez, M. (2010). *Sebuah Pemahaman Dasar Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Microscopy Electron Energy*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [4] Rochiem Rochman. (2014). *Analisa Kegagalan Baut VVCP Gas Compressor Gemini DS-504 Emp Malacca Strait*. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknik Industri - ITS.