

Redesign Alat Las Gesek Rotari dengan Pendekatan Fault Tree Analysis (FTA) dan Design for Manufacture and Assembly (DFMA)

Ricky¹, Yohanes², Muftil Badri³

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
1)Rickymesin09@gmail.com2)Yohanes_tmessin@yahoo.com3)Muftilbadri@yahoo.com

ABSTRACT

The FTA is a method to identify the failure of system. Whilst, the DFMA is a method to determine how to design of product, which is purposed to increases the quality of product and make easily the product assembly process. The rotary friction welding is one of type of friction welding, that principle is both of surfaces by friction which one end is fixed and then provides axial pressure to against another the rotating surface until both surface forge together. The Rotary friction welding machine in Production Technology Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Universitas Riau has some shortcoming, as sequences the welding results are not optimal. Furthermore, this research aims to overcome the deficiency rotary friction welding machine in the Mechanical Engineering, Universitas Riau, then identified the problems using the FTA method and redesign one using the DFMA method. There were several steps to conduct testing of the rotary friction welding i.e. before redesign, after redesign, and final testing, which was obtained a final better design. Result of testing indicated an average value of the vibration was reduced, on the x-axis was reduced from 15.34 mm/s to 15.44 mm/s, the y-axis of 20.04 mm/s to 17.94 mm/s, z axis of 28.58 mm/s to 18.58 mm/s. Then, the average maximum tensile strength of the welding specimen increased from 574.66 N/mm² to 651.10 N/mm², and the assembly efficiency increased from 3% to 5%. It can be concluded the redesign of rotary friction welding was better than before.

Keywords: FTA, DFMA, Rotary Friction Welding, Vibration, Tensile Strength, Assembly Efficiency.

1. Pendahuluan

Proses pengelasan adalah suatu proses penyambungan dua komponen material logam dengan memanfaatkan energi panas, baik menggunakan bahan pengisi maupun tidak menggunakan bahan pengisi [1]. Di antara metode pengelasan terdapat metode pengelasan gesek, pada metode ini energi panas yang dihasilkan adalah memanfaatkan kedua permukaan logam yang akan disambung dengan cara gesekan. Salah satu metode pengelasan gesek adalah *rotary friction welding* dengan prinsip kerja kedua permukaan diberi gesekan yang salah satu ujungnya diam yang memberikan tekanan aksial kepada salah satu permukaan yang berputar sampai permukaan tersebut menyatu [2].

Las gesek rotari yang ada di Laboratorium Teknologi Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau merupakan hasil tugas akhir mahasiswa Program Studi Diploma Tiga Teknik Mesin yang dibuat Rafli dan Aziz, (2013) masih ada terdapat beberapa kekurangan ini bisa dilihat dan diverifikasi ke laboratorium dengan *running* alat tersebut. Beberapa kekurangan pada alat las gesek tersebut, antara lain mesin mengalami getaran yang tak diinginkan, sehingga sebaiknya bentuk alur *tail stock* diperhatikan agar tidak terjadi getaran yang kuat ketika proses pengelasan berlangsung [3], dan perlu dilakukannya perubahan sistem pendorong dari pneumatik menjadi hidrolik untuk pengelasan gesek.

Untuk mengatasi permasalahan las gesek rotari di atas maka perlu dilakukan penguatan

identifikasi masalah dengan memakai metode *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan dari suatu sistem [4], kemudian dari permasalahan yang telah diidentifikasi dibuatlah sebuah rancangan perbaikan menggunakan metode *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA), metode DFMA bertujuan untuk menentukan desain produk yang dapat meningkatkan kualitas produk dan memudahkan proses perakitan [5].

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu :

2.1 Observasi lapangan dan *running* alat las gesek rotari

Tahap ini merupakan tahapan dilakukannya observasi ke lapangan untuk pengamatan terhadap alat las gesek dan melakukan proses *running* terhadap las gesek rotari dengan melakukan proses pengelasan.

2.2 Identifikasi masalah

Tahap ini merupakan tahapan identifikasi permasalahan yang ada pada alat las gesek rotari dengan menggunakan metode FTA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

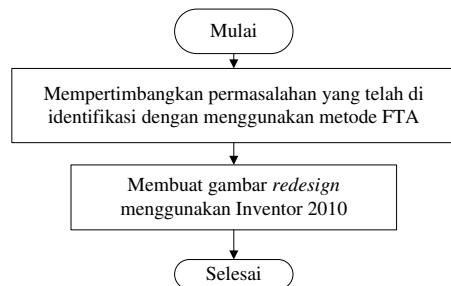
2.3 Tahap pengujian dan pengambilan data sebelum *redesign*

Tahap ini merupakan tahapan dilakukannya pengujian dan pengambilan data sebelum dilakukannya *redesign*. Pengujian alat las gesek rotari dilakukan pada kondisi awal alat yang ada,

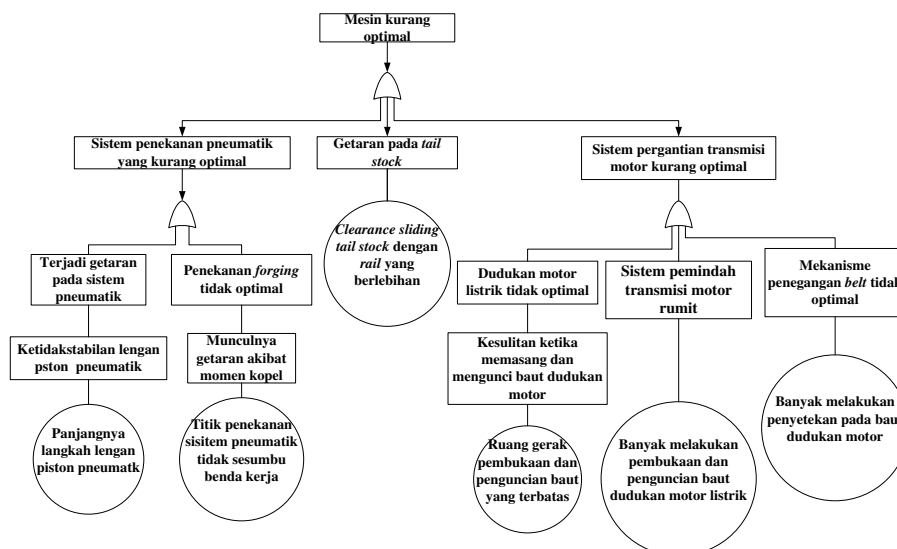
dengan melakukan pengelasan terhadap 10 potong spesimen, proses pengelasan dilakukan pada putaran motor 3800 rpm, tekanan pendorong 6 bar, dan durasi pengelasan 20 detik, mengukur nilai getaran pada spesimen ketika dilakukan proses pengelasan dengan alat ukur getaran *vibration meter* yang diukur pada *tail stock* alat las gesek rotaridengan arah x, y, dan z.Selanjutnya menghitung waktu secara teoritik dari *assembly* sistem komponen alat las gesek rotari dengan metode DFMA dan melakukan uji tarik terhadap 5 spesimen hasil pengelasan sebelumnya untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik maksimum. Pengujian spesimen dilakukan dengan menggunakan standar ASTM E8-M.

2.4 Redesign

Tahap ini merupakan tahapan dimana desain baru dibuat dengan menggunakan metode DFMA, desain baru yang akan dibuat berdasarkan permasalahan yang ada pada alat las gesek rotari, kemudian melakukan *redesign* pada sistem komponen alat las gesek rotari yang berhubungan dengan permasalahan yang ada, setelah dilakukannya identifikasi permasalahan dengan menggunakan metode FTA, tahapan *redesign* dilakukan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Redesign



Gambar 2 Fault Tree Analysis Permasalahan

2.5 Pembuatan alat las gesek rotari

Tahap ini merupakan tahapan pembuatan alat las gesek rotari setelah dilakukannya *redesign*.

2.6 Tahap pengujian dan pengambilan data setelah redesign

Tahap ini merupakan tahapan dilakukannya pengujian dan pengambilan data penelitian dari alat setelah dilakukannya *redesign*. Pengujian alat las gesek rotaridilakukan dengan melakukan pengelasan terhadap 10 potong spesimen, proses pengelasan dilakukan pada putaran motor 3800 rpm, tekanan pendorong 6 bar, dan durasi pengelasan 20 detik, kemudian menghitung nilai getaran parameter kecepatan pada spesimen ketika dilakukan proses pengelasan dengan menggunakan alat ukur getaran *vibration meter* yang di ukur pada *tail stock* alat las gesek rotaridengan arah x, y, dan z.Selanjutnya menghitung waktu secara teoritik dari *assembly* sistem komponen alat las gesek rotaridengan metode DFMA dari desain yang baru dan melakukan uji tarik terhadap 5 spesimen hasil pengelasan sebelumnya untuk mendapatkan kekuatan tarik maksimum. Pengujian spesimen dilakukan dengan menggunakan standar ASTM E8-M.

2.7 Tahap pengolahan data

Tahap ini merupakan tahapan pengolahan data dengan cara membandingkan hasil data awal dengan hasil data akhir, diantaranya nilai getaran pada *tail stock*, kekuatan tarik maksimum, dan data *assembly* dari alat las gesek rotari.

3. Hasil

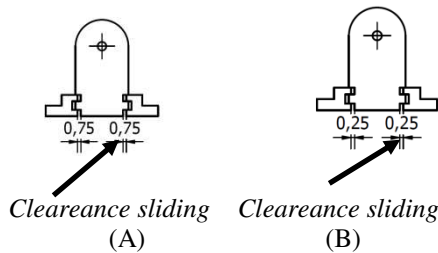
3.1 Fault Tree Analysis Permasalahan Pada Alat Las Gesek Rotari

Berdasarkan Faktor-faktor penyebab permasalahan pada alat las gesek rotari maka didapatkan identifikasi permasalahan dari alat las gesek rotari, seperti pada Gambar 2.

3.2 Desain Alat Las Gesek Rotari

Redesign alat gesek dilakukan dengan mempertimbangan hasil identifikasi permasalahan dengan metode FTA dan metode DFMA, maka *redesign* dilakukan pada bagian ini :

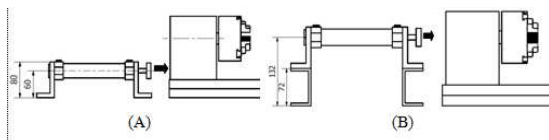
1. Sliding Tail Stock



Gambar 3 (A) *Sliding Tailstock* Sebelum *Redesign*
(B) *Sliding Tailstock* Setelah *Redesign*

Dari Gambar 3 perubahan *sliding* sebelum dan sesudah *redesign* terdapat pada jarak *clearance* masing-masing *sliding*, *clearance* sebelum *redesign* adalah 0,75 mm, kemudian setelah *redesign* *clearance* dikurangi menjadi 0,5 mm.

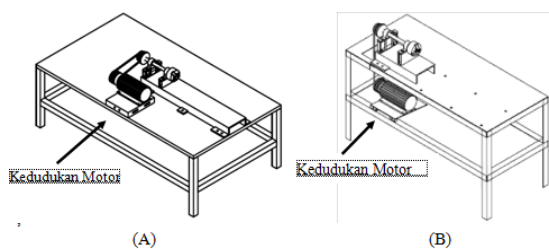
2. Titik Penekanan



Gambar 4 (A) Titik Penekanan Sebelum *Redesign*
(B) Penekanan Setelah *Redesign*

Dari Gambar 4 perubahan titik penekan sebelum dan sesudah *redesign* terdapat pada jarak alas ke sumbu benda kerja, jarak sebelum *redesign* adalah 60 mm, setelah *redesign* jarak ditambah menjadi 132 mm, sehingga titik penekanan menjadi sesumbu dengan benda kerja.

3. Kedudukan Motor



Gambar 5 (A) Kedudukan Motor Sebelum *Redesign* (B) Kedudukan Motor Setelah *Redesign*

Sehingga didapatkan *redesign* alat las gesek rotari pada Gambar 6.



Gambar 6 Alat Las Gesek Rotari Setelah *Redesign*

3.3 Pengukuran Getaran Sebelum Dan Sesudah *Redesign*

Pengukuran getaran diukur dengan menggunakan alat ukur *vibration meter*, getaran diukur pada *tail stock* pada sumbu x, y, z. Hasil setelah dilakukan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengukuran Getaran pada *Tail Stock* pada Saat Proses Pengelasan

No	Pengukuran Getaran Sebelum <i>Redesign</i> (mm/s)			Kecepatan Motor Sebelum <i>Redesign</i> Pada Saat Pengelasan (rpm)	Pengukuran Getaran Sesudah <i>Redesign</i> (mm/s)			Kecepatan Motor Sesudah <i>Redesign</i> Pada Saat Pengelasan (rpm)	
	x	y	z		x	y	z		
1	15,0	20,4	27,4	3538	16,2	19,0	19,5	3310	
2	14,9	22,3	28,8		13,7	17,4	14,7	3280	
3	18,5	20,7	29,6		3502	14,3	14,9	15,9	2940
4	16,3	18,2	28,5		3416	16,2	21,0	23,1	3120
5	17,0	18,6	28,6		3482	16,8	17,4	19,7	3316
Rata-rata	16,34	20,04	28,58		15,44	17,94	18,58		

3.4 Perhitungan Efisiensi Waktu *Assembly* Alat Las Gesek Rotari

a) Perhitungan efisiensi waktu *assembly* sebelum *redesign* untuk proses pemasangan *part* sebagai berikut :

Waktu dasar perakitan per *part* (t_a) = 3 detik

Minimum of part (N_{min}) = 7 *part*,

Waktu total perakitan (t_{ma}) = 698,6 detik

Nilai *minimum of part* dan waktu perakitan total dilihat pada Lampiran 5A.

$$= 0,03 \text{ atau } 3\%$$

Jadi, nilai efisiensi perakitan (E_{ma}) sebelum *redesign* secara teori adalah 3%.

b) Perhitungan efisiensi waktu *assembly* setelah *redesign* untuk proses pemasangan *part* sebagai berikut :

Waktu dasar perakitan per *part* (t_a) = 3 detik

Minimum of part (N_{min}) = 9 *part*

Waktu total perakitan (t_{ma}) = 538,18 detik

Nilai *minimum of part* dan waktu perakitan total dilihat pada Lampiran 14.

— 0,05 atau 5 %

Jadi, nilai efisiensi perakitan (E_{ma}) setelah *redesign* secara teori adalah 5%.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Efisiensi Waktu *Assembly*

	Sebelum	Sesudah
Las Gesek Rotari		
Jumlah minimum <i>part</i>	7	9
Jumlah <i>part</i> keseluruhan	98	75
Waktu <i>assembly</i> (s)	698,6	538,18
Efisiensi <i>assembly</i> (%)	3	5

3.5 Hasil Pengujian Tarik Spesimen Hasil Pengelasan Alat Las Gesek Rotari

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik maksimum dari spesimen hasil pengelasan dari alat las gesek rotari.

Tabel 3 Nilai Kekuatan Tarik Maksimum Hasil Pengelasan

	Sebelum <i>Redesign</i>			Setelah <i>Redesign</i>		
	F (N)	A ₀ (mm)	σ (N/mm ²)	F (N)	A ₀ (mm)	σ (N/mm ²)
1	15600	28,26	552,02	17600	28,26	622,79
2	16000	28,26	566,17	19200	28,26	679,41
3	16800	28,26	594,48	17600	28,26	622,79
4	16200	28,26	573,25	19200	28,26	679,41
5	16600	28,26	587,40	18400	28,26	651,10
Rata-rata			574,66			651,10

4. Pembahasan

4.1 Identifikasi Masalah

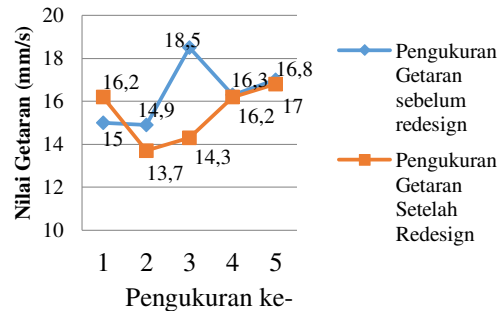
Berdasarkan Gambar 2 diketahui, penyebab permasalahan yang terjadi terdapat pada bagian panjangnya langkah penekanan, titik penekanan, *clearance* antara *rail* dengan *tail stock*, ruang gerak yang terbatas untuk pembukaan dan penguncian baut motor, banyak memerlukan pembukaan dan penguncian baut, perlu banyak langkah kerja untuk melakukan penyetelan *belt* motor.

4.2 Desain Alat Las Gesek

Berdasarkan *redesign* yang telah dilakukan pada bagian *sliding tail stock* titik penekanan, dan kedudukan dari motor, dan kemudian dilakukannya pengukuran getaran, menghitung waktu *assembly* dengan metode DFMA, dan menguji hasil pengelasan dari alat las gesek rotari dengan pengujian tarik, hal ini bertujuan untuk membuktikan apakah *redesign* yang dilakukan lebih baik dari desain yang sebelumnya.

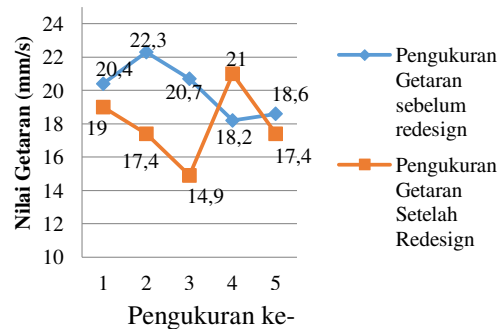
4.3 Pengukuran Getaran

Grafik pengukuran getaran berdasarkan Tabel 1.



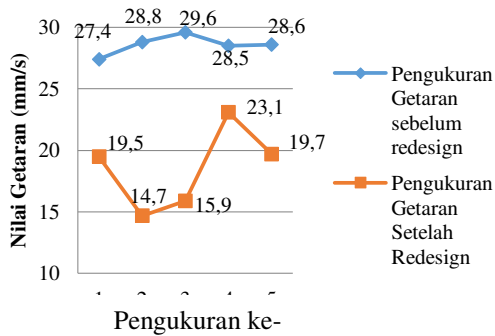
Gambar 7 Pengukuran Getaran Arah Sumbu x

Berdasarkan grafik pengukuran getaran pada arah sumbu x pada Gambar 7 didapatkan pengukuran yang bervariasi, hampir semua pengukuran getaran setelah *redesign* lebih rendah dibandingkan pengukuran sebelum *redesign*, terlihat jelas pada pengukuran 1 setelah *redesign*, didapatkan nilai pengukuran yang nilainya lebih besar dari beberapa pengukuran sebelum *redesign*, dimana seharusnya pengukuran setelah *redesign* lebih rendah dibandingkan pengukuran sebelum *redesign*, hal ini bisa disebabkan oleh faktor ketelitian dari operator yang melakukan persiapan dalam pengukuran, sehingga didapatkan data yang bervariasi.



Gambar 8 Pengukuran Getaran Arah Sumbu y

Berdasarkan grafik pengukuran getaran pada arah sumbu y pada Gambar 8 didapatkan pengukuran yang bervariasi, hampir semua pengukuran getaran setelah *redesign* lebih rendah dibandingkan pengukuran sebelum *redesign*, terlihat jelas pada pengukuran 4 setelah *redesign*, didapatkan nilai pengukuran yang nilainya lebih besar dari beberapa pengukuran sebelum *redesign*, dimana seharusnya pengukuran setelah *redesign* lebih rendah dibandingkan pengukuran sebelum *redesign*, hal ini bisa disebabkan oleh faktor ketelitian dari operator yang melakukan persiapan dalam pengukuran, sehingga didapatkan data yang bervariasi.



Gambar 9 Pengukuran Getaran Arah Sumbu z

Berdasarkan grafik pengukuran getaran pada arah sumbu z pada Gambar 9 didapatkan pengukuran semua getaran setelah *redesign* lebih kecil dibandingkan getaran sebelum *redesign*.

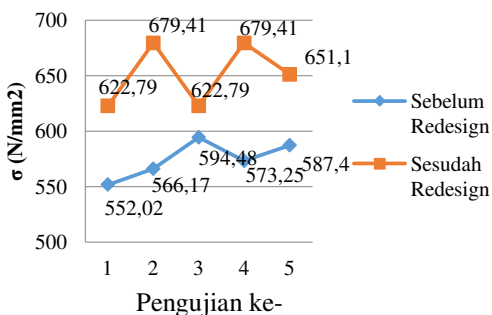
Berdasarkan semua grafik pengukuran getaran diketahui bahwa nilai getaran pada alat las gesek rotari setelah *redesign* lebih kecil dari alat las gesek rotari sebelum *redesign*, disebabkan karena *redesign* pada bagian *clearance rail* dengan *tail stock*, jarak *clearance* sebelumnya adalah 1,525 mm dan setelah *redesign clearance* diperkecil menjadi 0,25 mm.

4.4 Efisiensi Waktu Assembly

Berdasarkan Tabel 2 diketahui efisiensi pada alat las gesek setelah *redesign* lebih baik dari sebelumnya, efisiensinya meningkat dari 0,3 % menjadi 0,5 %, karena waktu *assembly* dari semua *part* menjadi berkurang setelah alat las gesek *redesign* dari 698,6 menjadi 538,18 kemudian jumlah minimum *partnya* juga bertambah yang awalnya 7 menjadi 9.

4.5 Hasil Pengujian Tarik Spesimen Hasil Pengelasan Alat Las Gesek Rotari

Grafik nilai kekuatan tarik spesimen berdasarkan Tabel 3.



Gambar 10 Grafik Kekuatan Tarik Spesimen

5. Kesimpulan

- 1) Berdasarkan identifikasi masalah yang dilakukan dengan menggunakan metode FTA, sehingga didapatkan penyebab permasalahan dari alat las gesek rotari, penyebab permasalahan itu adalah:

- a. *Clearance* yang berlebih antara *rail* dengan *tail stock*.
 - b. Titik penekanan tidak pada sesumbu dengan benda kerja dan panjangnya langkah penekanan yang dilakukan pneumatik.
 - c. Kemudian ruang gerak yang terbatas dalam pembukaan dan penguncian buat dudukan motor penggerak, banyaknya melakukan pembukaan dan penguciaan baut ketika melakukan pemindahan transmisi motor dan banyaknya langkah dalam penyetelan tegangan *belt*.
- 2) Berdasarkan *redesign* yang telah dilakukan didapatkan desain yang lebih baik dari sebelumnya, diketahui dari pengambilan data yang telah dilakukan, yaitu :
 - a. Nilai rata-rata getarannya berkurang Setelah *redesign* arah sumbu x adalah 15,44 mm/s, y 17,94 mm/s, dan arah sumbu z 18,58 mm/s, sedangkan pengukuran getaran sebelum *redesign* sumbu x adalah 16,34 mm/s, sumbu y 20,34 mm/s, z 28,58 mm/s.
 - b. Efisiensi waktu perakitan setelah *redesign* yang lebih baik, efisiensi perakitannya adalah 0,5%, sedangkan pada sebelum *redesign* efisiensi perakitannya adalah 0,3%.
 - c. Nilai kekuatan tarik maksimum spesimen hasil pengelasan meningkat dari 574,66 N/mm² menjadi 651,10 N/mm².

Daftar pustaka

- [1] Wenya LI, Shangxiang Shi, Feifan Wan, Zhihan Zhang, Tiejun Ma and Jinglong Li.2012. *Numerical Simulation Of Friction welding Processes Based on ABAQUS Environment*. Journal of Engineering Science and Technology.ISSN: 1791-2377.
- [2] Haryanto, Poedji. 2011. Pengaruh Gaya Tekan, Kecepatan Putar, dan Waktu Kontak Pada Pengelasan Gesek Baja ST60 Terhadap Kualitas Sambungan Las. Prosiding Seminar Nasional, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, Semarang.ISBN:978-602-99334-0-6.
- [3] Khan,M.Azis dan Rafli Hadi. 2013 Perancangan Dan Pembuatan Mesin Las Gesek Rotari.Skripsi.Program Studi Diploma Tiga Teknik Mesin Universitas Riau.
- [4] Nugroho,Susatyo.Analisa Penyebab Penurunan Daya Saing Produk Susu Sapi Dalam Negeri Terhadap Susu Sapi Impor Pada Industri Pengolahan Susu Dengan Metode *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Barrier Analysis*.jurnal teknik industri.Vol 6, No 2, Mei 2011.
- [5] Libyawati, Wina.2011.*Penggabungan DFMA Dalam Kompleksitas Produk Dan Proses Untuk Sand Casting-Studi Kasus:Flange Yoke*, Universitas Indonesia, Jakarta.