

Analisa Crack Impeller Pada Fan Motor Assy

Rino Harco*

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, STT Wastukencana
Jl. Cikopak No.53, Sadang, Purwakarta

*Corresponding Author: rinoharco@stt-wastukencana.ac.id

Abstract—Fan motors assy in the air conditioning system of the vehicle are one component that works to blow air into the vehicle room, and also serves to increase the air pressure volume that will be flowed in the vehicle room. In the assembly process of the motor motor assy the XXX model is by using a pressing method to combine the motor blower with the impeller, in the impeller pressing process, the reject product occurs which is crack in the impeller hole during the pressing process. This happens because the dimensions of the impeller are not standard, namely the dimensions of the hole in the impeller has experienced a shift deviation of 0.15 mm from the standard tolerance ± 0.1 mm. At 0.15 mm shift deviation, it is found that the slope of 1° has the potential to crack in the impeller hole during the pressing process, because the material on the impeller PPGF-20, is unable to withstand the twisting force of 1.388 KN when pressing process.

Keywords: Crack, Impeller, Pressing.

Intisari— Fan motor assy pada sistem pendingin udara pada kendaraan adalah salah satu komponen yang bekerja untuk menghembuskan udara ke dalam ruangan kendaraan, dan juga berfungsi juga sebagai untuk menaikkan atau memperbesar volume tekanan udara yang akan dialirkan dalam ruangan kendaraan. Pada proses perakitan Fan motor assy model XXX ini adalah dengan menggunakan metode pengepresan untuk menggabungkan antara motor blower dengan impeller, pada proses pengepresan impeller ini terjadi reject produk yaitu pecah pada bagian lubang impeller saat proses pengepresan. Hal ini terjadi dikarenakan dimensi pada impeller yang tidak standart yaitu dimensi lubang pada impeller telah mengalami penyimpangan pergeseran sebesar \bar{x} 0.15 mm dari standard toleransi ± 0.1 mm. Pada penyimpangan pergeseran \bar{x} 0.15 mm ini mendapati kemiringan sudut 1° berpotensi mengalami pecah pada bagian lubang impeller saat proses pengepresan yang dikarenakan material pada impeller yaitu PPGF-20 tidak mampu menahan besarnya gaya puntir lebih dari 1.388 KN saat proses penekanan/pengepresan impeller.

Kata kunci : Impeller, Pengepresan, Pecah.

I. PENDAHULUAN

Dalam sebuah sistem pendingin udara pada kendaraan atau HVAC (*Heating Ventilation Air Conditioning*) dan sistem pendinginan ini dipergunakan untuk mempertahankan kondisi udara, baik temperatur dan kelembabannya dengan cara berikut :

1. Pada saat temperatur ruangan tinggi atau panas pada ruangan kendaraan maka *air*

conditioner akan menyerap panas dari lingkungan sekitar sehingga temperatur disekitarnya akan turun atau dingin dan sebaliknya saat suhu disekitar turun maka *air conditioner* akan melepaskan panas ke udara sekitar dan temperatur udara akan naik.

2. Bersamaan dengan hal itu kelembaban udara berkurang sehingga kelembaban udara akan dipertahankan pada tingkat

yang nyaman pada dalam ruangan kendaraan tersebut.

Dan salah satu komponen yang terdapat dalam sistem pendinginan udara yaitu *fan motor assy/blower assy* yang bertugas menghembuskan angin atau udara ke dalam ruangan mobil, yang juga berfungsi untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara yang akan dialirkan dalam ruangan kendaraan atau sebagai pengatur atau pengontrol volume udara dalam mobil.

Oleh sebab itu kualitas *fan motor assy/blower assy* harus dalam kondisi sempurna dan tidak boleh ada cacat produksi agar hembusan udara yang dihasilkan dapat bersirkulasi dengan baik, dan analisa ini dilakukan karena pada PT. VAI XXX terjadi kondisi abnormal proses pada perakitan *fan motor assy/blower assy* yaitu pada bagian lubang impeller telah terjadi retakan/pecah ketika sedang diproduksi yaitu pada saat proses pengepresan. Dan *crack* pada impeller ini mengakibatkan putaran impeller tidak *balance* yang mengakibatkan *vibrasi*/getaran pada hvac semakin besar dan berpotensi impeller tersebut dapat terlepas dari *motor blower* pada saat putaran/rpm tinggi.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa metode untuk mengumpulkan data yang diperlukan antara lain

a. Penelitian Lapangan

Penelitian ini merupakan metode pengumpulan data yang diperoleh langsung dari lapangan antara lain :

- i. Observasi lapangan.
- ii. *Interview* atau wawancara langsung.

b. Penelitian Kepustakaan

Merupakan metode pengumpulan data dari studi kepustakaan yang digunakan sebagai pedoman dalam bidang yang diambil.

c. Metode Korelasional

Pada metode korelasional, hubungan antara variable diteliti dan dijelaskan. Hubungan yang dicari ini disebut sebagai korelasi, jadi metode korelasional mencari hubungan diantara variabel-variabel yang diteliti.

Tujuan metode korelasi yaitu meneliti sejauh mana variabel pada satu faktor yang berkaitan dengan variasi pada faktor lainnya. Jika pada metode ini hanya dua variabel yang dihubungkan maka disebut korelasi sederhana dan jika lebih dari dua variabel dihubungkan disebut korelasi berganda. Pada metode ini pencarian hubungan (korelasi) antara dua variabel menggunakan koefisien korelasi atau ukuran yang menunjukkan berapa banyak variasi dalam data dapat dijelaskan (koefisien determinasi). *Point Analisa Penelitian Menggunakan Metode 4M.*

Metode *cause and effect* ;

- *Man*
- *Machine*
- *Method*
- *Material*

A. Pengujian Pada Mesin

1) Pengecekan *pressure pressing* impeller

- Tujuannya untuk mengambil data penekanan impeller apakah sudah sesuai standard pengepresan.
- Dilakukan proses pengepresan dengan menggunakan mesin *wheel inserting* Janome Tipe JP504L dengan standard *pressure* pengepresan antara 1.1 KN - 2.8 KN.
- Alat yang digunakan untuk melihat hasil dari pengepresan adalah dengan melihat *display* pada mesin *wheel inserting*.

2) Pengecekan *air pressure* mesin

- Bertujuan untuk melihat *supply air pressure* pada mesin sudah sesuai standard.
- Dilakukan pengecekan *air pressure* pada mesin *wheel inserting* dengan standard tekanan 0.3 MPa – 0.5 MPa.
- Alat yang dipakai untuk menentukan tekanan udara pada mesin adalah dengan menggunakan *air regulator*.

3) Pengecekan *alignment jig* pada mesin

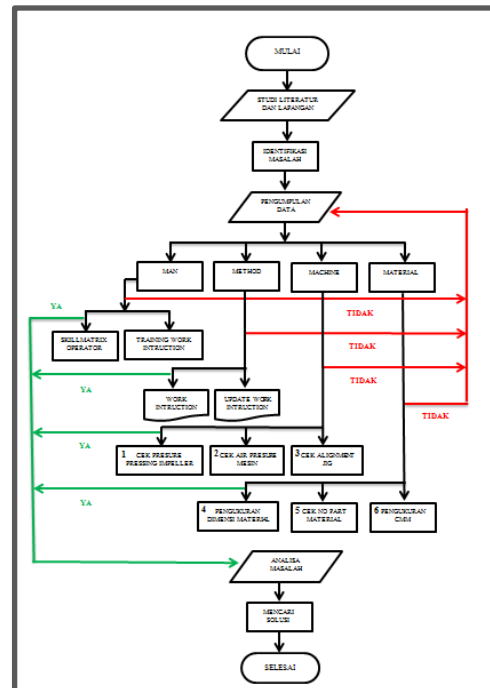
- Pengecekan ini bertujuan apakah jig impeller dan jig *motor blower* pada posisi *alignment* atau *center* pada mesin *wheel inserting*.

- Pengujian ini dilakukan dengan cara mempertemukan antara pin pada jig impeller dengan *shaft motor blower*.
- Alat untuk pengujian ini adalah dengan menggunakan *motor blower* dan jig impeller.

B. Pengujian Pada Material

1) Pengukuran dimensi pada material

- Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui dimensi material apakah sesuai dengan standard.
- Dilakukan pengecekan pada setiap komponen *fan motor assy* pada bagian-bagian yang berpotensi adanya keabnormalan.
- Alat yang dipakai untuk mengukur material tersebut adalah dengan menggunakan alat ukur *caliper digital*.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

➤ **Pengecekan nomor part material fan motor assy**

- Pengecekan ini dilakukan untuk melihat apakah produk tersebut menggunakan *part* nomor yang sama sesuai standard.
- Dilakukan pengecekan dengan cara melihat nomor *part* yang ada di *carton box* ataupun yang ada di *part* tersebut.
- Cara yang dilakukan adalah dengan melihat secara visual *part* number tersebut apakah sesuai dengan *Bill Of Material* atau BOM.

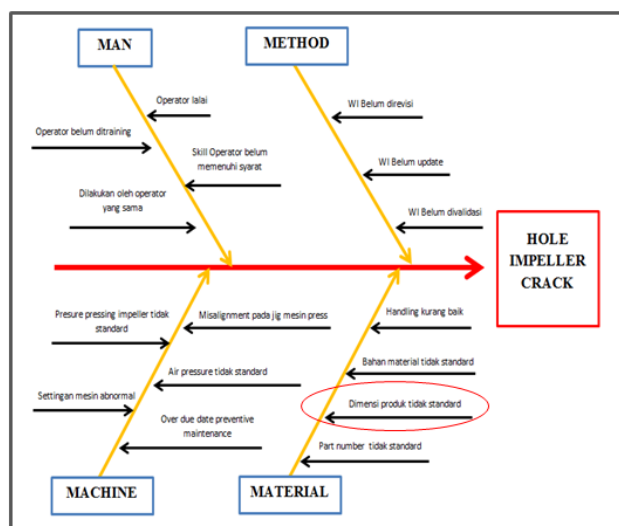
2) Pengukuran Coordinate Measuring Machine / CMM

- Pengukuran ini bertujuan untuk melihat dengan presisi dimensi aktual *part* impeller.
- Dilakukan pengukuran apakah sesuai dengan standard yang ada pada *drawing* pada *part* tersebut.
- Alat yang dipakai untuk mengukur *part* impeller tersebut adalah dengan menggunakan mesin *Coordinate Measuring Machine* atau CMM.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Metode Fishbone

Pada analisa yang dilakukan pada metode 4 M dapat digambarkan menjadi diagram *fishbone* dan dapat dilihat pada Gambar 2 dan rangkuman diskusi terlihat pada Tabel 1 [4]



Gambar 2 Diagram *fishbone*.

Tabel 1. Rangkuman diskusi terkait analisa *fishbone*

Possible Root Cause	Discussion	Root Cause?
MAN		
Belum ditraining	Diberikan training WI	N
Jumping proses	Diberikan training WI	N
Skill belum siap	Diberikan training WI	N
METHOD		
WI belum direvisi	WI sudah diupdate	N
WI tidak update	WI sudah diupdate	N
WI belum divalidasi	WI sudah divalidasi	N
MACHINE		
Low air pressure	Regulator tidak rusak	N
Settingan parameter error	Cek mesin normal	N
Misalignment pada mesin	Cek mesin normal	N
Over Pressing	Cek parameter mesin normal	N
Preventive maintenance	Tidak over due date	N
MATERIAL		
Handling kurang baik	Diberikan training WI	N
Material part	Material standard	N
Dimensi produk	Tidak sesuai drawing	Y
Part number	Part number sesuai standard	N

B. Analisa Pada Mesin

1) Spesifikasi Mesin Pressing (Janome JP-504L)

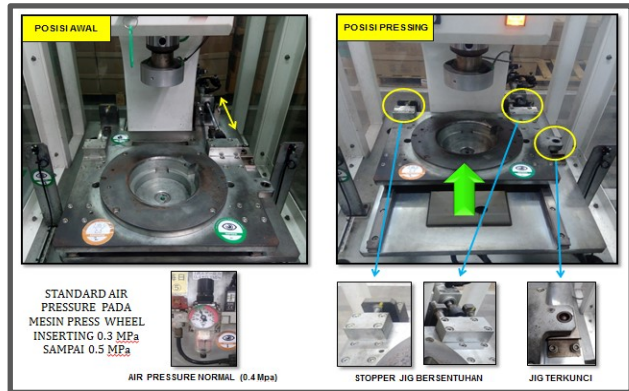
Mesin *wheel inserting* dengan tipe Janome JP-504L ini adalah mesin *press* yang digunakan untuk merakit *fan motor assy* yaitu dengan cara menekan *impeller* terhadap *shaft motor* sehingga *impeller* tersebut dapat terpasang. Berikut adalah spesifikasi mesin Janome JP-504L dapat dilihat pada Tabel 2 [1]

Tabel 2. Spesifikasi Mesin Janome JP-504L

Model	JP-JPH-JPU-504(L)	JP-JPH-JPU-1004(L)
Pressing capacity	Maximum 500N (500kgf) Variable range 0.05 – 5kN (5 – 500kgf) Increment 1N (0.1kgf) Minimum limit of detection 10N	10kN (1000kgf) 0.1 – 10kN (10 – 1000kgf) 1N (0.1kgf) 20N
Ram stroke	Maximum 100mm (Long stroke model) 150mm Variable range 0 – 100mm (Long stroke model) 0 – 150mm Increment 0.001mm	100mm 150mm 0 – 100mm 0 – 150mm 0.001mm
Ram speed	Approaching/Ascending 1 – 166mm/sec Pressing 0.01 – 35mm/sec Increment 0.01mm/sec	1 – 166mm/sec 0.01 – 35mm/sec 0.01mm/sec
Holding time	Maximum 999.9sec Variable range 0 – 999.9sec Increment 0.1sec	999.9sec 0 – 999.9sec ⁻¹ 0.1sec
Repeatability	±0.005mm	±0.005mm
Load display accuracy (N) ²	±50 when a load of 500N or more is applied.	±100 when a load of 1000N or more is applied.
Load control range	0.5 – 5kN (50 – 500kgf)	1 – 10kN (100 – 1000kgf)
Power supply	Three-Phase 180 – 250V, 850W Single-Phase 180 – 250 V, 850W	180 – 250 V, 850W
Dimensions and weight (excluding any cables/protruding parts)	Stand-Alone type 520W x 580D x 875H (mm) Long stroke Stand-Alone type 520W x 580D x 950H (mm) Head type 280W x 505D x 495H (mm) Long stroke Head type 280W x 505D x 570H (mm) Unit type (machine) 146W x 495D x 250H (mm) Long stroke Unit type (machine) 280W x 570D x 250H (mm) Unit type (control box) 398W x 280D x 198H (mm)	160kg 170kg 100kg 110kg 35kg 42kg 13kg

2) Analisa Tekanan Udara (*Jig Motor Blower*)

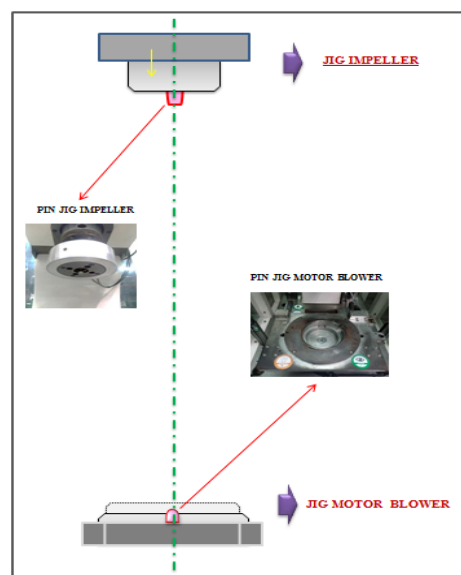
Untuk standard tekanan udara pada mesin *wheel Inserting* adalah 0.3 MPa sampai 0.5 MPa, jika tekanan udara kurang ataupun lebih pada mesin akan berakibat posisi *jig blower motor* tidak akan sejajar pada *jig impeller* dan hal ini berakibat proses pengepresan abnormal yang berpotensi pada *motor blower* tidak sejajar terhadap lubang *impeller*, dan dapat dilihat pada Gambar 3 [6]



Gambar 3. Posisi jig saat proses pengepresan.

3) Analisa *Alignment Wheel Inserting Machine*

Pada analisa ini peneliti ingin memastikan apakah pada mesin *wheel inserting* bermasalah dikarenakan posisi antara *jig impeller* dengan *jig motor blower* tidak sejajar dan kesejajaran antara *jig impeller* dan *jig motor blower* dapat dilihat pada Gambar 4 [6]



Gambar 4. Metode *alignment*.

4) Hasil analisa *alignment* mesin press

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa antara pin impeller dengan *shaft* pada motor *touching* atau bersentuhan dengan posisi yang sejajar/*center*. Dan dapat disimpulkan bahwa pada analisa penelitian yang dilakukan dengan metode *alignment* pada mesin *press* ini dinyatakan normal/ tidak berpotensi bermasalah dan dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Hasil penelitian metode *alignment*.

C. Analisa Pada Material

1) Material *Impeller*

Material yang dipakai untuk pembuatan impeller ini adalah PP-GF20 yang mempunyai arti *polypropylene* dengan campuran *fiber glass* sebesar 20% dan termasuk jenis plastik *thermoplast* yaitu adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. *Polypropylene* (pp) merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. Propilena mempunyai *specific gravity* rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. Dan *polypropylene* juga mempunyai titik leleh yang cukup tinggi (190⁰ C - 200⁰C), sedangkan titik kristalisasinya antara 130⁰C - 135⁰C. *Polypropylene* mempunyai ketahanan yang baik terhadap bahan kimia (*chemical Resistance*) yang tinggi, akan tetapi didapati ketahanan pukul (*impact strength*) nya rendah. Berikut *datasheet* material *impeller* pp-gf20 pada Tabel 3 [7].

Tabel 3. Material impeller pp-gf20.

PHYSICAL PROPERTIES	METRIX	ENGLISH	COMMENTS
Density	1.05 g/cc	0.0379 lb/in ³	ASTM D792
Water Absorption	0.010 % @Time 86400 sec	0.010 % @Time 24.0 hour	ASTM D570
Linear Mold Shrinkage, Flow	0.0040 cm/cm @Thickness 3.17 mm	0.0040 in/in @Thickness 0.125 in	ASTM D955
MECHANICAL PROPERTIES	METRIX	ENGLISH	COMMENTS
Hardness, Rockwell R	112	112	ASTM D785
Tensile Strength, Yield	60.7 MPa	8800 psi	ASTM D638
Elongation at Break	5.0 %	5.0 %	ASTM D638
Flexural yield Strength	96.5 MPa	14000 psi	ASTM D790
Flexural Modulus	3.10 GPa	450 ksi	ASTM D790
Izod Impact, Notched	0.961 J/cm @Thickness 3.17 mm	1.80 ft-lb/in @Thickness 0.125 in	ASTM D256
Izod Impact, Unnotched	8.54 J/cm @Thickness 3.17 mm	16.0 ft-lb/in @Thickness 0.125 in	ASTM D256
ELECTRICAL PROPERTIES	METRIX	ENGLISH	COMMENTS
Volume Resistivity	4.00e+16 ohm-cm	4.00e+16 ohm-cm	ASTM D257
Dielectric Strength	20.9 kV/mm	530 kV/in	Method A (Short-Time). ASTM D149
THERMAL PROPERTIES	METRIX	ENGLISH	COMMENTS
CTE, Linear, Parallel to Flow	34.2 μm/m-°C	19.0 μin/in-°C	ASTM D696
Melting Point	163 °C	325 °F	
Deflection Temperature at 0.46 Mpa (66 psi)	163 °C	325 °F	Unannealed. ASTM D648
Deflection Temperature at 1.8 Mpa (264 psi)	154 °C	310 °F	Unannealed. ASTM D648
Flammability, UL94	HB	HB	

2) Pengecekan *Jig Go/No Go*

Pengecekan dengan menggunakan *jig go/no go* bertujuan untuk mengetahui apakah gap pada *impeller* masih masuk standard dan mengontrol kemiringan impeller saat terinstal pada motor blower terlihat pada Gambar 6



Gambar 6. Pengecekan *jig go/no go*.

3) Pengujian Menggunakan Mesin CMM

Dari uji 4 *sample* untuk toleransi ketegaklurusan lubang *impeller* mempunyai nilai $\perp 0.1$ dan hasil dari pengukuran ada variasi kemiringan yang keluar dari dimensi pada *drawing*, dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 4

INSPECTION DATA			REMARK
Didownload			OK (NG)
Part No.	TP6992 A	Part Name	BLOWER WHEEL
Material		Quantity	6 Pcs
Yielder / Supplier		Heat Treatment	
Surface Treatment		Inspector	Ido. Roby
Check Process		Check Process	

Item Check	Standart	Judgment
1	0.1	

No	Position	Coordinate X	Coordinate Y	Judgment
#1		0.145	0.001	NG
#2		0.182	0.023	NG
#3		-0.020	-0.120	NG
#4		0.148	-0.022	NG

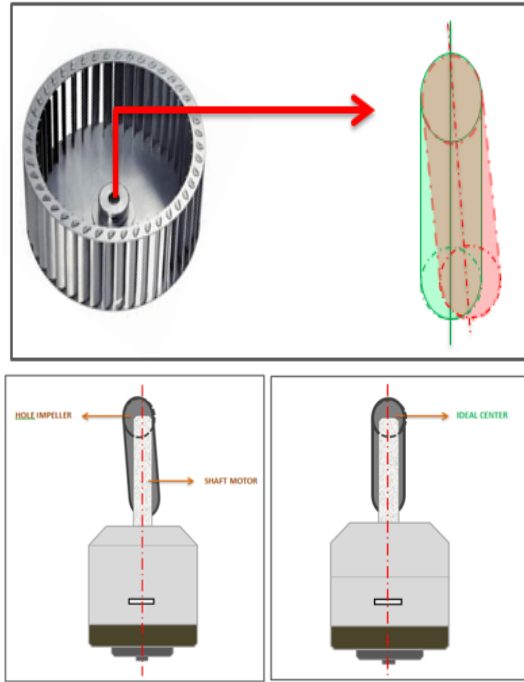
Gambar 7. Hasil pengukuran CMM.

Tabel 4. Hasil pengukuran cmm

POSITION	Lot Number	STANDARD $\perp 0.1$ (mm)		JUDGEMENT
		COORDINATE X	COORDINATE Y	
#1	17C	0.145	0.001	NG
#2	19C	0.182	0.023	NG
#3	26C	-0.020	-0.120	NG
#4	28C	0.148	-0.022	NG

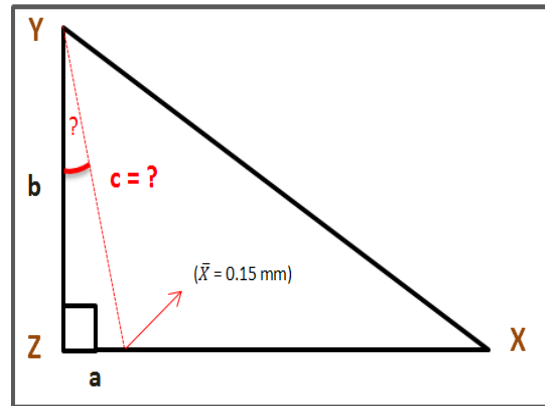
4) Simulasi lubang *impeller* keadaan miring

Berikut ini adalah gambar ketika *impeller* dalam keadaan miring dan *ideal center* pada *fan motor assy*, terlihat perbedaan jika lubang *impeller* miring maka *shaft motor* bersentukan terhadap disebagian dinding dan jika lubang *impeller* lurus maka *shaft motor* akan seimbang disisi-sisi dinding bagian dalam lubang *impeller* dan posisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8. Simulasi lubang *impeller*.

5) Perhitungan Gaya Yang Bekerja



Gambar 9. Hasil pengukuran CMM.

Perhitungan mencari kemiringan garis (c) [3]

Pergeseran *impeller* ($\bar{X} = 0.15$ mm)
 Tinggi lubang *impeller* = 28 mm
 Garis (c) ?

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 c^2 &= a^2 + b^2 \\
 c^2 &= 0.15^2 + 28^2 \\
 &= 0.0225 + 784 \\
 &= \sqrt{784.0225} \\
 c &= 28.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan mencari kemiringan sudut (Y)

Pergeseran *impeller* ($\bar{X} = 0.15 \text{ mm}$)

Tinggi lubang *impeller* = 28 mm
Sudut (c) = 28.1 mm
Sudut (Y) ?

Perhitungan :

$$\cos Y = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$\cos Y = \frac{28^2 + 28.1^2 - 0.15^2}{2(28)(28.1)}$$

$$= \frac{784 + 789.61 - 0.0225}{1573.6}$$

$$= \frac{1573.587}{1573.6}$$

$$\cos Y = 0.999 \rightarrow Y = 1^\circ$$

➤ Perhitungan gaya gesek [5]

Berikut ini adalah perhitungan gesekan yang terjadi antara *shaft motor blower* dengan lubang *impeller* jika dalam kondisi tegak lurus/*center* :

$$F_{\text{gesek}} = P_{\text{impeller}} \times A_{\text{shaft motor}}$$

$$= P_{\text{impeller}} \times \pi r^2$$

$$= 2.4 \cdot 10^3 \times \pi (3.9975)^2 \times 10^{-6}$$

$$= 2.4 \times 3.14 (3.9975)^2 \times 10^{-3}$$

$$= \mathbf{0.1204 \text{ N (normal)}}$$

Berikut ini adalah perhitungan gesekan yang terjadi antara *shaft motor blower* dengan lubang *impeller* jika dalam kondisi miring :

$$F_{\text{gesek}} = P_{\text{impeller}} \times \cos \theta \times A_{\text{shaft motor}}$$

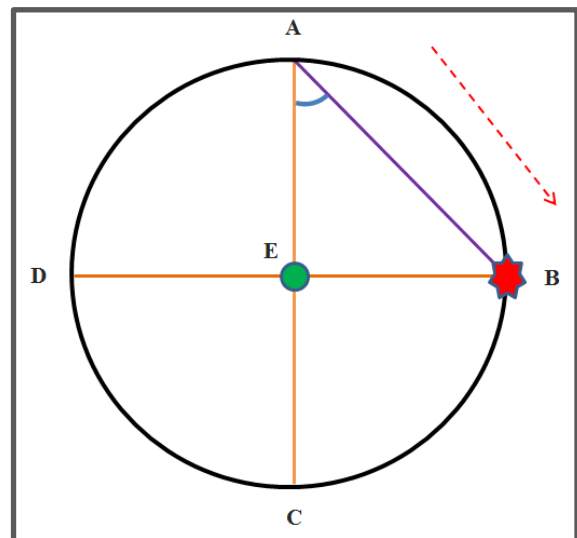
$$= P_{\text{impeller}} \times 0.1^\circ \times \pi r^2$$

$$= 2.4 \cdot 10^3 \times 0.999 \times \pi (3.9975)^2 \times 10^{-6}$$

$$= 2.4 \times 0.999 \times 3.14 (3.9975)^2 \times 10^{-3}$$

$$= \mathbf{0.1203 \text{ N (miring)}}$$

➤ Perhitungan tegangan geser puntir



Gambar 10. Lingkaran mohr.

Berikut ini adalah hasil perhitungan tegangan geser puntir yang terjadi saat proses pengepresan yang berpotensi mengakibatkan *crack* pada bagian lubang *impeller* saat proses pengepresan. [7]

$$T_{\text{geser puntir}} = \frac{F_{\text{impeller}} \times \sin \theta \times r_{\text{impeller}}}{\pi d_{\text{impeller}}^4 / 32}$$

$$= \frac{F_{\text{impeller}} \times 1^\circ \times r_{\text{impeller}} \times 32}{\pi (2r_{\text{impeller}})^4}$$

$$= \frac{2400 \times 0.0175 \times (60.5 \times 10^{-3}) \times 32}{3.14 (2 \times 60.5 \times 10^{-3})^4}$$

$$= 120.82 \times 10^3 \text{ Pa} = \mathbf{120.82 \text{ KPa}}$$

➤ Perhitungan gaya puntir

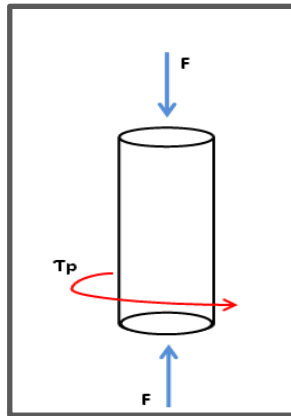
Berikut ini adalah hasil dari perhitungan gaya puntir yang terjadi saat proses pengepresan yang berpotensi menyebabkan pecah/*crack* pada bagian lubang *impeller* ketika saat proses pengepresan. [2]

$$F_{\text{puntir}} = T_{\text{geser puntir}} \times \pi (r_{\text{impeller}})^2$$

$$= 120.82 \times 10^3 \times 3.14 (60.5 \times 10^{-3})^2$$

$$= 120820 \times 3.14 \times (3660 \times 10^{-6})$$

$$= 1388.5 \text{ N} = \mathbf{1.388 \text{ KN}}$$



Gambar 11. Gaya puntir pada lubang *impeller*.

IV. KESIMPULAN

Metode analisa penyebab *impeller crack* dilakukan dengan menggunakan metode 4M dan setelah dilakukan pengembangan penelitian terhadap *main power* dan *method* tidak berpotensi masalah dan potensi pada mesin *press*, yaitu pengecekan pada *air pressure*, tekanan pada *impeller* dan *alignment* pada mesin *press* tidak ditemukan keabnormalan yang dapat berpotensi menyebabkan terjadinya *crack* pada lubang *impeller*. Setelah dilakukan pengecekan dan pengukuran pada material terkait maka hasilnya peneliti menemukan keabnormalan pada material, dimana dimensi pada *part impeller* tersebut sudah keluar dari spesifikasi yang telah ditetapkan oleh *drawing/standard*. Faktor yang berpotensi menyebabkan terjadinya *crack* pada lubang *impeller* yaitu dikarenakan posisi pada bagian bawah lubang *impeller* telah mengalami pergeseran sebesar $\bar{X} \perp = 0.15 \text{ mm}$ dari standard $\perp 0.1 \text{ mm}$. Dan pergeseran tersebut yang menyebabkan ketika proses pengepresan *impeller* terhadap *motor blower* akan berpotensi pecah / *crack* pada bagian lubang *impeller* dikarenakan material pada *impeller* tidak mampu menahan gaya puntir sebesar 1.388 KN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada para karyawan PT XXX yang telah mensupport serta membantu memberikan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Operation manual specifications janome electro press jp4series / 22 / Janome Sewing Machine Co., Ltd.- Tokyo, Japan. january 2009.
- [2] Joseph Edward Shigley. Larry D. Mitchell Perencanaan Teknik Mesin. Edisi ke Empat (Jilid 1) Jakarta. Erlangga.1999.
- [3] Buku ajar fisika jilid 1, (17- 18)1.Fisika dasar-digital library uwp-Universitas WijayaPutra pdvlibrary.uwp.ac.id. Diakses 25 Mei 2018.
- [4] Purba, H.H. (2008, September 25). Diagram Fishbone dari Ishikawa. Retrieved from (hardipurba.com /2008/09/25/ diagram-fishbone-dari-ishikawa.html). Diakses 03 Juli 2018.
- [5] E.P.Popov. Mekanika Teknik Edisi kedua (Versi S1). Jakarta: Erlangga. 1996.
- [6] Piotrowski, John, Shaft alignment handbook. Third Edition. New York. by Taylor & Francis Group, LLC. 1952.
- [7]Matweb.[http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx? matguid](http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid) Diakses 03 Juli 2018.