

RANCANGAN ALAT BANTU PEMBERSIH COMPRESSOR BLADE PADA ROTOR TURBIN GAS MITSUBISHI M701F

Handi Prastiyo Tri Pamungkas¹, Ade Sumpena²,

¹Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. GA Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

Telp : +6221 7270044 Fax : (021)7270034

E-mail : handiprastiyo@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Pada kegiatan Major Inspection di UPJP Priok Blok 3.1 dilakukan proses pembersihan pada bagian sudu yang terletak pada bagian compressor, atau disebut compressor blade, yang masih terpasang pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F. Proses pembersihan sudu masih dilakukan secara manual, menggunakan kain majun dan kain scotch brite. Ada beberapa kesulitan yang dihadapi pekerja saat membersihkan sudu tersebut, yaitu jarak antar sudu yang cukup sempit, serta banyak pekerja yang tangannya terluka, akibat tergores sisi-sisi sudu yang tajam sehingga mengganggu jalannya proses pembersihan. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, maka dibuatlah rancangan alat bantu pembersih compressor blade, untuk mempermudah proses pembersihan bagian tersebut. Metodologi yang digunakan ialah mendesain alat bantu pembersih compressor blade dimana pada rancangan alat tersebut menggunakan motor listrik untuk memutar scotch brite disc, dan pada pemegang disc tersebut juga terdapat engsel untuk memudahkan proses pembersihan. Selanjutnya dilakukan perhitungan teknik meliputi perhitungan gaya gesek, kekuatan rangka, material, kemudian dilakukan analisis serta simulasi kerja alat pada software Solidworks. Rancangan alat didesain berdasarkan ukuran jarak serta lebar sudu terkecil, sehingga dapat menjangkau bagian compressor blade yang terkecil. Hasil perencanaan yang diperoleh untuk rancangan alat bantu pembersih compressor blade pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F adalah sebagai berikut: panjang 1465 [mm], diameter scotch brite disc 5 [inci], daya motor yang digunakan 350 [watt], gagang menggunakan pipa stainless steel diameter 1 [inci]. Dengan dirancangnya alat bantu tersebut, diharapkan dapat membantu proses pembersihan compressor blade pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F serta meminimalisir adanya resiko kecelakaan kerja.

Kata Kunci: Compressor Blade, Motor Listrik, Scotch Brite Disc

Abstract

In the Major Inspection activity at UPJP Priok Block 3.1 is performed on the blade which is mounted on the compressor, or called compressor blade, which is still mounted on the Mitsubishi M701F turbine rotor gas. The process of cleaning the blades is still done manually, using a majun fabric and scotch brite disc. There are several types of problems, namely the distance between the blades is quite narrow, also many workers are injured, because scratched by the sharp edges of compressor blade, so disturb the cleaning process. To tackle the problem, it was made to help clean the compressor blade, to clean up the cleaning process of that part. The methodology used to design tools for cleaning the blades on these devices uses an electric motor to rotate the scotch brite disc, and on the disc used for the cleaning process. Furthermore, the calculation of techniques that include force, strength, material, then performed analysis and measurement of the performance of Solidworks devices. The design of the tool is designed based on the smallest distance and width of the blade, can be used the appropriate wind compressor parts. The result of compressor blade cleaner tool on gas turbine rotor Mitsubishi M701F are: 1465 [mm] length, 5 [inch] scotch brite disc diameter, motor power 350 [watt], handle using stainless steel pipe diameter 1 inch. With the design of these tools, it can help to cleaning the blade compressor on the Mitsubishi M701F turbine rotor gas and also minimize the risk of work accident.

Keywords: Compressor Blade, Electric Motor, Scotch Brite Disc

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kegiatan *Major Inspection* merupakan kegiatan inspeksi skala besar yang biasa dilakukan pada mesin pembangkit listrik. *Major Inspection* ditujukan untuk mengecek dan menginspeksi seluruh komponen dari turbin gas, dimulai dengan membuka silinder turbin gas dan memindahkan rotor turbin gas. Perbaikan, penggantian dan atau pembaharuan komponen, bagian, dan sistem diperlukan untuk menjaga keamanan operasi hingga jadwal inspeksi berikutnya.

Pada pengecekan tersebut juga dilakukan pembersihan pada bagian sudu (*blade*) yang terpasang pada rotor turbin. Posisi sudu tersebut terletak pada bagian *compressor*, yang berfungsi untuk menaikkan tekanan dan temperatur udara yang dihisap ke dalam turbin, untuk dilakukan pembakaran dengan bahan bakar. Proses pembersihan bagian tersebut masih dilakukan secara manual, menggunakan kain majun dan kain *scotch brite*. Ada beberapa kesulitan yang dihadapi pekerja saat membersihkan sudu tersebut. Pertama, jarak antar sudu yang satu dengan sudu yang lain rata-rata memiliki jarak yang cukup sempit, sehingga menyulitkan dalam proses pembersihan. Kedua, saat proses pembersihan tak jarang banyak keluhan dari pekerja karena tangannya terluka, akibat tergores sisi-sisi sudu yang tajam, sehingga mengganggu jalannya proses pembersihan. Dampaknya adalah proses pembersihan menjadi lebih lama dan berdampak pula pada kerugian materil perusahaan akibat lamanya proses *Major Inspection*.

Melihat adanya kendala yang dihadapi pekerja serta banyaknya keluhan pekerja akibat tangannya terluka saat membersihkan sudu kompresor (*compressor blade*), maka dirancanglah suatu alat bantu yang dapat mempermudah dan mempercepat proses pembersihan bagian tersebut serta menghindari resiko kecelakaan kerja.

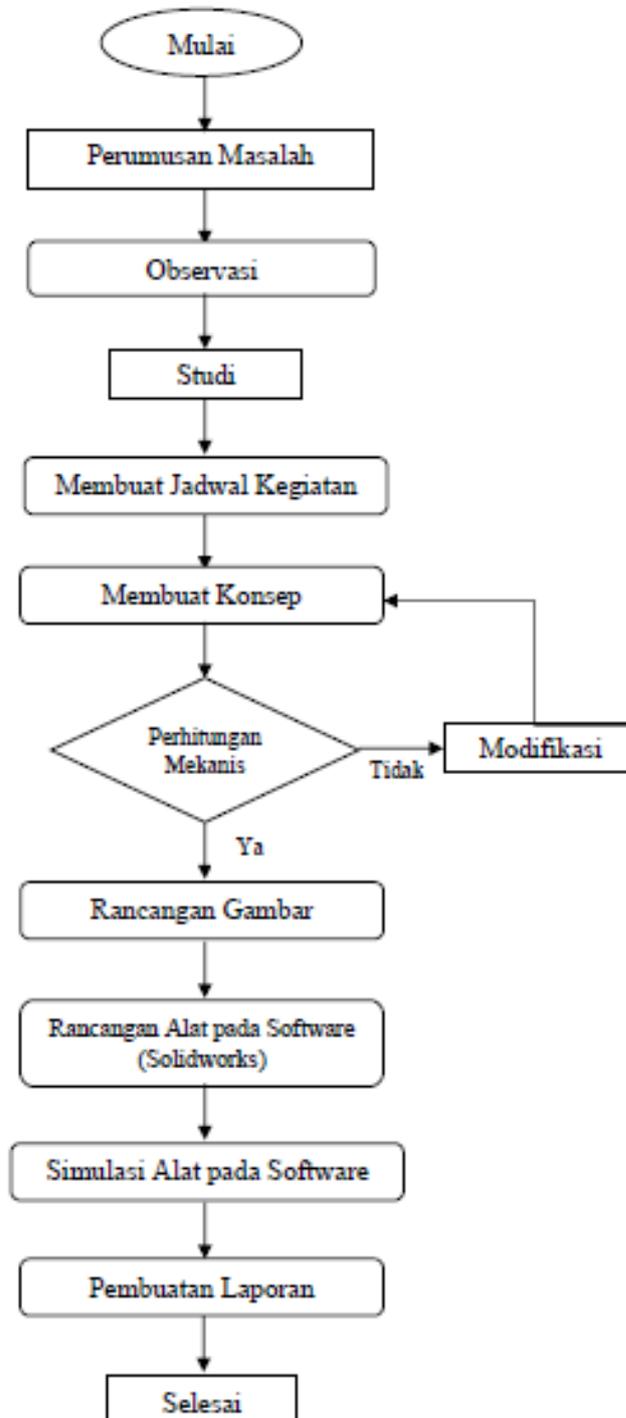
1.2 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penulisan dari karya tulis ini adalah :

1. Dapat merancang alat bantu pembersih *compressor blade* pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F
2. Untuk memudahkan dan mempercepat proses pembersihan *compressor blade* pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F dari row 1 sampai row 17 pada saat *Major Inspection*.
3. Meminimalisir adanya resiko kecelakaan kerja akibat tergores sisi-sisi sudu yang tajam saat proses pembersihan *compressor blade*.

II. METODE PENELITIAN

Rancangan alat bantu ini dilaksanakan sesuai dengan diagram alir berikut ini :



Gambar 1 – Diagram Alir Perancangan Alat Bantu

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Observasi

Pada sub bab ini akan dibahas hasil observasi dan penelitian di PT Indonesia Power UPJP Priok Blok 3.1:

a. *Compressor Blade*

Compressor berfungsi untuk mengkompresikan udara yang berasal dari *air inlet* untuk proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar atau *Combustion Chamber*. Kompresor yang biasanya dipakai pada turbin gas adalah *axial compressore* dan *centrifugal compressore*. Pada *axial compressore*, udara mengalir paralel terhadap sumbu rotor. Rotor ini memiliki beberapa tingkat sudu, yang mengompresikan aliran udara secara aksial sehingga diperoleh udara yang bertekanan tinggi. Bagian ini tersusun dari *wheels*, *stubshaft*, *tie bolt* dan sudu-sudu yang disusun kosentris di sekeliling sumbu rotor.

Pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F ini memiliki 17 tingkat sudu yang mengompresikan aliran udara secara aksial dari 1 [atm] menjadi 17 kalinya sehingga diperoleh udara yang bertekanan tinggi.

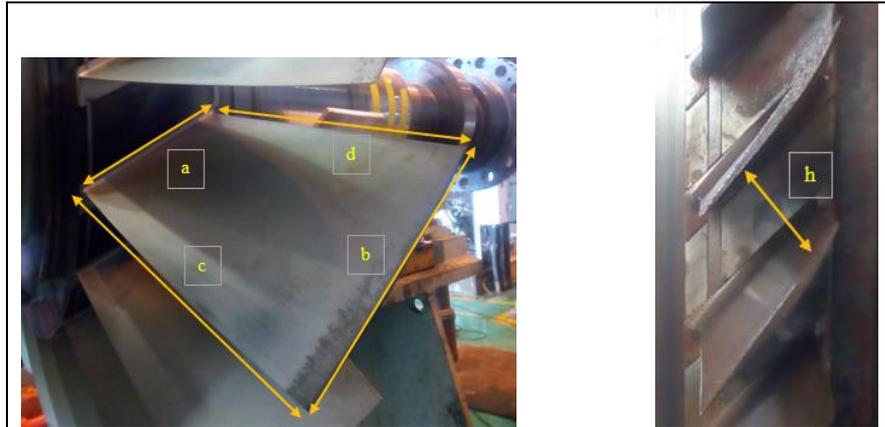


Gambar 2 - *Compressor blade* pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F

Pada kompresor aksial, bentuk dari sudu-sudu rotor mendekati bentuk dari *airfoils*, yang mendorong udara ke sudu tetap. Sedangkan pada sudu tetap, bentuknya menyerupai bentuk dari *diffusor*. *Diffusor* berfungsi untuk memperbesar tekanan dan menurunkan kecepatan dari udara (prinsip Bernoulli Aparatus). Sudu-sudu pada kompresor harus bersih dan sepresisi mungkin. Sudu yang kotor dapat menurunkan performa dari kompresor itu sendiri.

b. Jarak dan ukuran *Compressor Blade* pada Row 1 hingga Row 17

Pada observasi ini, dilakukan pengukuran jarak serta ukuran *compressor blade* pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F dari *row 1* hingga *row 17*. Karena keterbatasan data ukuran yang ada, maka untuk mendapatkan data jarak dan ukuran dari *compressor blade* dilakukan pengukuran secara manual menggunakan rol meter, mistar dan jangka sorong. Besaran nilai dari hasil pengukuran tersebut merupakan hasil ukuran pendekatan atau taksiran terdekat. Berikut data ukuran yang didapat setelah proses pengukuran dalam satuan [mm]:



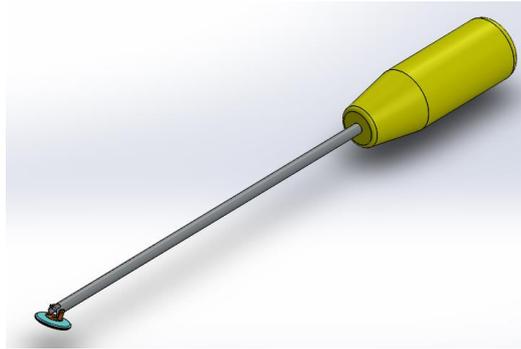
Row	a	b	c	d	h
1	315	340	560	595	160
2	263	263	480	495	130
3	230	230	410	433	124
4	174	174	362	375	88
5	180	180	310	330	98
6	170	170	263	280	93
7	142	142	223	235	77
8	130	130	198	205	53
9	120	120	171	182	52
10	95	95	160	165	45
11	94	94	145	153	44
12	84	84	130	135	41
13	68	68	120	123	34
14	73	73	108	113	35
15	67	67	93	99	34
16	57	57	84	88	27
17	57	57	78	78	27

Tabel 1 – Data pengukuran *compressor blade* row 1 sampai row 17

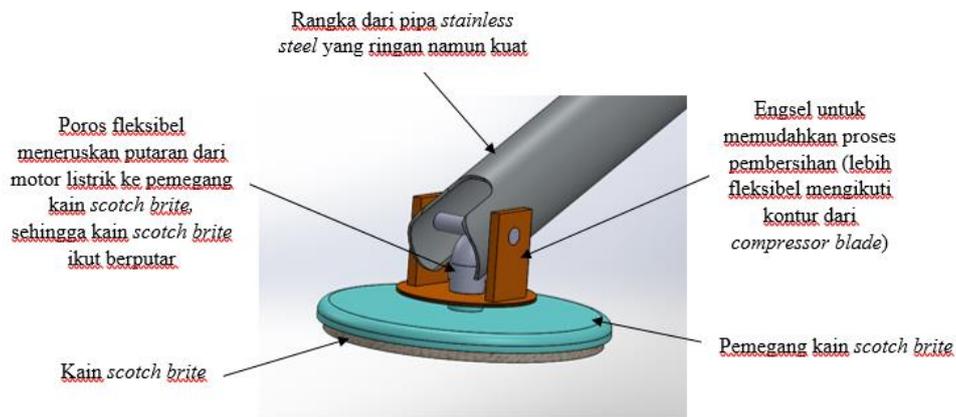
3.2 Konsep Rancangan Alat Bantu Pembersih *Compressor Blade*

Alat bantu ini dirancang untuk dapat membersihkan permukaan sudu kompresor (*compressor blade*) turbin gas Mitsubishi M701F, dengan ukuran lebar permukaan sudu yang bervariasi, dari row 1 sampai row 17, dengan row paling terakhir (row 17) memiliki lebar permukaan terkecil, yaitu 57 [mm]. Jarak antar satu sudu dengan sudu lainnya juga bervariasi, dengan jarak antar sudu terkecil pada row 17 sebesar 27 [mm]. Sehingga penentuan dimensi dari rancangan alat ini didasarkan pada acuan jarak tersebut, agar dapat dioperasikan hingga row yang paling terakhir (row 17). Untuk dapat membersihkan permukaan *compressor blade* dengan baik, maka pada rancangan alat ini menggunakan kain abrasif jenis *scotch brite disc*.

Dalam pengoperasiannya, rancangan alat ini menggunakan putaran dari motor listrik arus searah (DC) 1 fasa sebagai sumber tenaganya. Pada motor listrik tersebut juga sekaligus tersambung dengan poros fleksibel, melalui batang pipa, dan pada salah satu ujungnya tersambung ke pemegang *scotch brite disc*. Poros tersebut akan meneruskan putaran dari motor listrik ke pemegang *scotch brite disc*. Kelebihan dari poros ini adalah konstruksinya yang tidak kaku dan dapat meneruskan putaran secara fleksibel ke arah mana saja, sehingga *scotch brite disc* dapat berputar mengikuti kontur permukaan *compressor blade*, dan proses pembersihan menjadi lebih mudah dan cepat.



Gambar 3 – Konsep Rancangan Alat Bantu Pembersih *Compressor Blade*



Gambar 4 – Cara Kerja Rancangan Alat Bantu Pembersih *Compressor Blade*

Berikut ini spesifikasi dari rancangan alat bantu pembersih *compressor blade* pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F :

- Panjang pipa : 1465 [mm]
- Diameter scotch brite disc : 5 [inchi] atau 127 [mm]
- Daya motor listrik : 350 [watt]
- Diameter pipa : 1 [inch], dengan ketebalan pipa 1 [mm]

3.3 Analisis Perhitungan Rancangan Alat Bantu Pembersih *Compressor Blade*

a. Menentukan dan menghitung putaran scotch brite

Dari katalog yang tersedia, sesuai dengan jenis pekerjaannya, yaitu proses *cleaning* atau *finishing*, maka untuk jenis scotch brite yang digunakan adalah jenis *scotch brite clean and finish disc hook and loop*, dengan grade A VFN dan diameter 5 [inchi]



Gambar 5 - *Scotch Brite Clean and Finish Disc Hook And Loop* (sumber : 3M Engineered Metalworking Solution, 2017.)

Kecepatan operasi (operating speed) yang disarankan untuk proses *cleaning* atau *finishing* adalah 500 – 3000 [SFPM] (*Surface Feet Per Minute*). Angka tersebut harus dikonversi dalam satuan [RPM] (*Rotation Per Minute*). Maka digunakan persamaan :

$$SFPM = N \times \emptyset \text{ scotch brite } x \frac{\pi}{12} \quad \text{[Persamaan 1]}$$

$$500 [SFPM] = N \times 5 [\text{inchi}] x \frac{\pi}{12}$$

$$N = 381,9719 [\text{rpm}]$$

b. Torsi Motor Listrik

Torsi adalah gaya tekan putar pada bagian yang berputar. Makin besar dimensi yang diputar maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan dan makin berat jenis bahan yang diputar maka makin besar pula torsi yang dihasilkan.

$$T = F \times R \quad \dots\dots\dots [\text{Nm}] \quad \text{[Persamaan 2]}$$

Keterangan :

T = Torsi [Nm]

F = Gaya tekan pada saat proses *cleaning* [N]

R = Jari-jari *scotch brite disc* [m]

Untuk proses *cleaning* atau *finishing*, maka dianggap memiliki tekanan yang sama dengan proses *polishing*, dengan F = 25 [lb], dengan ketentuan 1 [lb] = 4,448 [N]. Apabila dikonversi ke satuan [N] maka diperoleh nilai F = 111,206 [N]. Maka besarnya torsi saat proses kerja adalah :

$$T = F \times R$$

$$T = 111,206 [N] \times 2,5 [\text{inch}] \times 0,0254 [m]$$

$$T = 7,0616 [Nm]$$

c. Daya motor listrik

Secara sederhana, daya motor listrik dihitung dengan persamaan :

$$P = T \times \frac{2\pi N}{60} \quad \dots\dots\dots [\text{watt}] \quad \text{[Persamaan 3]}$$

Keterangan :

P = Daya listrik [watt]

T = Torsi [Nm]

N = Putaran *scotch brite disc* [RPM]

Maka besar daya motor listrik adalah :

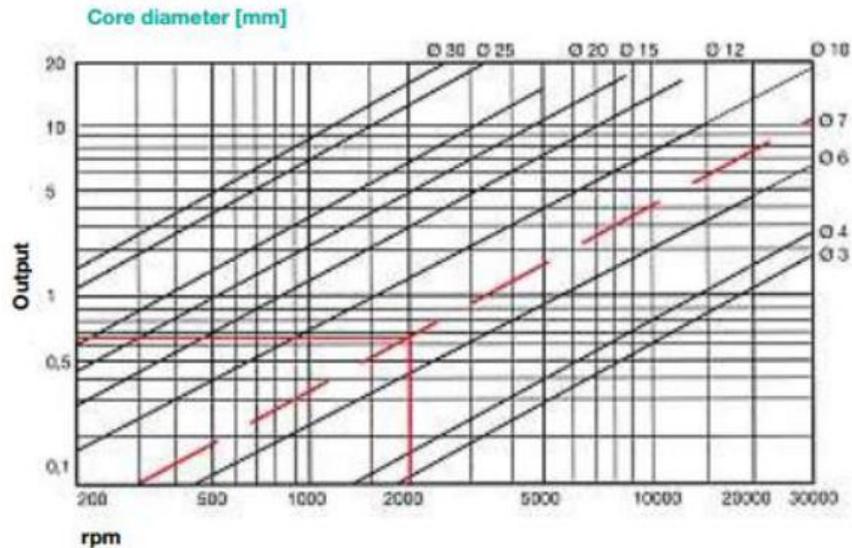
$$P = 7,0616 \times \frac{2\pi \times 381,9719}{60}$$

$$P = 282,4640 [\text{watt}]$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, untuk menyesuaikan dengan motor listrik yang ada di pasaran, maka motor listrik yang digunakan adalah motor listrik *rotary tool* dengan kapasitas daya 350 [watt].

d. Menentukan ukuran poros fleksibel

Untuk menentukan ukuran poros fleksibel yang akan digunakan, maka dibutuhkan data putaran per menit [rpm] serta daya output. Dari hasil perhitungan di atas, maka diperoleh putaran sebesar 381,9719 [rpm] serta daya *output* 282,460 [watt] atau 0,2824 [kW]. Setelah itu, lihat tabel grafik hubungan antara besarnya putaran dengan daya *output* untuk menentukan ukuran diameter poros fleksibel yang diijinkan.



Gambar 6 – Grafik Hubungan antara daya output dengan rpm, untuk menentukan ukuran diameter inti poros fleksibel (sumber : <http://thonab.se/wp-content/uploads/2015/10/Flexible-shaft.pdf> diakses pada 8 Juli 2018)

Dari grafik tersebut, untuk daya *output* 0,2824 tidak tercantum, sehingga dapat dibulatkan ke atas yang terdekat dengan nilai tersebut, yaitu 0,5 [kW]. Sedangkan untuk putaran dapat dibulatkan menjadi 500 [rpm]. Sehingga dari angka-angka tersebut dapat dilihat pada grafik, ukuran diameter inti dari poros fleksibel yang diijinkan adalah 12 [mm]

- e. Menentukan ukuran pipa *stainless steel* untuk gagang

Ukuran pipa *stainless steel* menyesuaikan dengan ukuran diameter poros fleksibel, karena posisi poros tersebut berada di dalam pipa. Berdasarkan ukuran diameter poros fleksibel sebesar 12 [mm], maka untuk pipa *stainless steel* dapat digunakan dengan ukuran diameter 1 [inci], dan ketebalan 1 [mm]

IV. KESIMPULAN

1. Rancangan alat bantu pembersih *compressor blade* dengan dimensi panjang 1465 [mm], diameter *scotch brite disc* 5 [inci] atau 127 [mm], diameter pipa *stainless steel* 1 [inci] menggunakan motor listrik dengan daya (power) 350 [watt] sebagai sumber tenaga putarnya, dan menggunakan poros fleksibel untuk mempermudah proses pembersihan.
2. Alat bantu ini dapat mempermudah serta mempercepat proses pembersihan *Compressor Blade* pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F dari *row* 1 sampai *row* 17 pada saat *Major Inspection*.
3. Alat bantu ini dapat meminimalisir resiko kecelakaan kerja akibat tergores sisi-sisi sudu yang tajam pada saat proses pembersihan *compressor blade*

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pembuatan rancangan alat bantu pembersih *compressor blade* pada rotor turbin gas Mitsubishi M701F ini tentunya tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta arahan dari pihak-pihak yang turut membantu dalam perancangan alat bantu ini. Oleh karena itu penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ade Sumpena, ST. MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Ibu Candra Damis Widiawaty, S.TP., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Sujadi selaku Manajer Unit Jasa Pemeliharaan (UJH) Area I.2 (Priok, Saguling, Kamojang, Cilegon) PT Indonesia Power sekaligus Mentor selama di perusahaan.

5. Bapak Raska Permana selaku Supervisor Senior (SpS) Unit Jasa Pemeliharaan (UJH) Area I.2 (Priok, Saguling, Kamojang, Cilegon) PT. Indonesia Power sekaligus Tutor di perusahaan.
6. Orang tua serta keluarga penulis yang senantiasa memberikan dukungan moril maupun materil kepada penulis.
7. Teman-teman penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Kadir, *Pembangkit Tenaga Listrik Edisi Revisi*. Jakarta: UI-Press, 2010, p. 31.
- [2] *Engineered Metalworking Solutions Catalogue*, 3M Industrial Product for Metalworking, USA, 2017.
- [3] Gerald A. Lux, and William Blum, "Methods of Polishing Steel and Their Effects Upon The Protective Value of Electroplated Coatings," *Part of Journal of Research of The National Bureau of Standards*, vol. 34, no. 1645, pp. 301-314, April 1945.
- [4] *GT Parts Catalogue M701F*, PT Indonesia Power, Jakarta, Indonesia, 2013.
- [5] <http://thonab.se/wp-content/uploads/2015/10/Flexible-shaft.pdf> diakses pada 8 Juli 2018
- [6] <https://www.scribd.com/doc/178611305/6-Turbin-pdf> diakses pada 25 Mei 2018
- [7] P.N. Rao, *Manufacturing Technology Metal Cutting and Machine Tools*, Singapore: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2002, pp. 236-242.
- [8] R.S. Khurmi, and J.K. Gupta, *A Textbook of Machine Design*, New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) Limited, 2005, p.14.
- [9] *Scotch Brite Surface Conditioning Wheels Catalogue*, 3M Industrial Business, USA, 2008.
- [10] V.B. Bhandari, *Design of Machine Elements*, Third Edition, New Delhi: Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2010, p.36.