



**EVALUASI PERFORMA MESIN GURDI TPM D018S
BERDASARKAN TAHAPAN *REVERSE*
*ENGINEERING***

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Teknik Program Studi Teknik Mesin

Oleh

Muhammad Bagus Laroybafih

NIM.5212415023

**TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Muhammad Bagus Laroybafih
NIM : 5212415023
Program Studi : Teknik Mesin S1
Judul : Evaluasi Performa Mesin Gurdy TPM D018S
Berdasarkan Tahapan *Reverse Engineering*

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 10 Oktober 2019

Pembimbing,



Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T. IPP.

NIP. 197509272006041002

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Evaluasi Performa Mesin Gurdi TPM D018S Berdasarkan Tahapan *Reverse Engineering* telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada 23 September 2019.

Oleh

Nama : Muhammad Bagus Laroybafih

NIM : 5212415023

Program Studi : Teknik Mesin S1

Panitia Ujian:

Ketua Panitia



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Penguji 1



Dr. Wirawan S, M.T.
NIP. 196601051990021002

Penguji 2



Samsudin A, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197601012003121002

Pembimbing



Dr. Ir. Rahmat D W, S.T., M.T., IPP.
NIP. 197509272006041002

Mengetahui,

Dekan, Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
196911301994031001

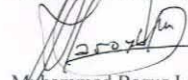
PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 10 Oktober 2019

Yang membuat pernyataan



Muhammad Bagus Laroybafih

NIM. 5212415023

MOTTO

1. Sesungguhnya bersama dengan kesulitan, ada kemudahan (Q.S.Al-Insyirah/94; Ayat 5-6).
2. Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan Allah (HR. Turmudzi).
3. Balas dendam terbaik adalah dengan memperbaiki diri (Ali bin Abi Thalib).
4. Jika kau tak suka sesuatu, ubahlah. Jika tak bisa, maka ubahlah cara pandangmu tentangnya (Maya Angelou).
5. Sukses adalah saat persiapan bertemu dengan kesempatan (Bobby Unser).
6. Jika kau ingin perdamaian bersiaplah untuk perang (Winston).

RINGKASAN

Muhammad Bagus Laroybafih. 2019. Evaluasi Performa Mesin Gurdi TPM D018S Berdasarkan Tahapan *Reverse Engineering*. Ir. Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP. Teknik Mesin S1.

Metode yang dapat digunakan untuk membuat prototipe adalah *reverse engineering* dan perancangan parametrik. Rekayasa peniruan menyoroti metode terbalik, penarikan kesimpulan, dan penemuan desain ulang. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat menyempurnakan tahapan pada proses *reverse engineering* mesin gurdi TPM D018S agar mesin tersebut dapat berfungsi sebagai mestinya dan diketahui performanya.

Proses pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu perbaikan komponen dan pengujian performa. Prosedur penelitian ini dibagi menjadi menjadi 11 tahapan khusus dan secara garis besar dapat diringkas menjadi 4 tahapan, yaitu: identifikasi masalah, penemuan solusi, *trial*, pengujian mesin.

Setelah dilakukan perbaikan terhadap mesin gurdi TPM D018S, dapat disimpulkan bahwa mesin dapat melakukan pengeboran pada material aluminium dan baja ST37. Kecepatan maksimum mesin 1908 *rpm*. Kecepatan minimum 1073,3 *rpm*. Penyimpangan ukuran lubang terhadap mata bor adalah 0,18 mm. panjang langkah pemakanan adalah 26,3 mm. Seiring dengan turunnya *rpm* akibat pemakanan, daya motor penggerak semakin naik.

Kata kunci: *reverse engineering*, mesin gurdi TPM D018S, uji performa.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul . Evaluasi Performa Mesin Gurdi TPM D018S Berdasarkan Tahapan *Reverse Engineering*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan syafaat Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM., Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Dr., Ir. Basyirun S.Pd., M.T., IPP., Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Prof. Dr. Ir. Yatna Yuwana Martawirya selaku ketua kelompok keahlian Teknik Produksi Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung yang telah menyediakan fasilitas dan memberi pelajaran sekaligus menjadi pembimbing dalam penulisan tugas akhir.
4. Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T. IPP., selaku Pembimbing I yang penuh perhatian dan atas berkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
5. Dr. Sri Raharno, S.T., M.T., IPM., dan Dr. Wirawan Sumbodo, M.T., selaku penguji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.

6. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Teknik Produksi Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung yang telah membantu sumbangsih pemikiran pada penelitian ini.
7. Bapak Edy, Bapak Miftah, Bapak Saiful, Bapak Eko, dan Bapak Asep, selaku Teknisi Laboratorium Teknik Produksi Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung yang telah membantu proses penelitian ini hingga selesai.
8. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
9. Bapak Subiyono dan Ibu Siti Solikhati sebagai orang tua saya yang telah menjadi penyemangat dan motivasi dalam menyelesaikan kuliah dan penulisan skripsi.
10. Fajar Satrio Aji sebagai rekan kerja dalam penelitian.
11. Muhammad Zufahmi Febriansyah selaku Mahasiswa Strata 2 Teknik Produksi Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung yang telah membantu dan memberikan sumbangsih pemikiran dan tenaga pada proses penelitian ini.
12. Mas Luqman dan Mas Joy selaku mahasiswa Peotro Universitas Pasundan yang telah membantu dan sumbangsih pemikiran pada penelitian ini.
13. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin S1 Angkatan 2015 dan teman satu kontrakan yang selalu menghibur, membantu, dan memberi masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
14. Teman-teman Prodi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang seluruh angkatan, yang telah menemani dan bersama-sama membentuk diri pada perkuliahan di Universitas Negeri Semarang.
15. Hilya Hamzah R, selaku tokoh yang berpengaruh pada Prodi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang seluruh angkatan, yang telah membantu memberi solusi permasalahan pada penelitian ini.
16. Bagas Wijaya DPP dan Widi Santoso selaku mahasiswa Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang yang telah membantu dalam penyelesaian masalah nonteknis pada penelitian ini.

17. Anjar Hermawan selaku sahabat dan saudara yang telah membantu mencerahkan pemikiran pada penelitian ini.

18. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi/TA ini dapat bermanfaat sebagai sumbangan pemikiran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Semarang, 10 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	iv
RINGKASAN	vi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan	7
1.6 Manfaat	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	10

2.1 Kajian Pustaka.....	10
2.2 Landasan Teori.....	14
2.2.1 Mesin Perkakas	14
2.2.2 Mesin Gurdi	16
2.2.3 Mesin Gurdi TPM D018S	21
2.2.4 <i>Reverse Engineering</i>	22
2.2.5 Perbaikan.....	24
2.2.6 Uji Performa.....	25
2.2.7 Aluminium	28
2.2.8 Baja ST37.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.1.1 Waktu Penelitian	30
3.1.2 Tempat Penelitian.....	30
3.2 Desain Penelitian.....	30
3.2.2 Diagram Alir Penelitian	31
3.2.3 Proses Penelitian	32
3.3 Alat dan Bahan.....	35
3.3.1 Alat.....	35
3.3.2 Bahan	46

3.4 Parameter Penelitian.....	49
3.4.1 Parameter Bebas.....	49
3.4.2 Parameter Terikat	50
3.4.3 Parameter Kontrol	50
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	50
3.6 Kalibrasi Instrumen.....	56
3.6.1 Jangka Sorong	56
3.6.2 <i>High Gauge</i>	57
3.6.3 Takometer	58
3.6.4 <i>Wattmeter</i>	59
3.7 Teknik Analisis Data.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Deskripsi Data.....	60
4.2 Analisis Data dan Pembahasan	68
4.2.1 Perbandingan Rancangan dan Spesifikasi Perbaikan.....	68
4.2.2 Pengujian Daya Motor	73
4.2.3 Pengujian Performa Kecepatan Putaran Tanpa Pemakanan	75
4.2.4 Pengujian Performa Kecepatan Putaran dan Daya Mesin Saat Pemakanan Material Aluminium Ketebalan 6 mm	76

4.2.5 Pengujian Performa Kecepatan Putaran dan Daya Mesin Saat	
Pemakanan Material Baja ST37 Ketebalan 9 mm.....	78
4.2.6 Pengujian Performa Hasil Ukuran Lubang dengan Pemakanan Material	
Aluminium Ketebalan 6 mm	79
4.2.7 Pengujian Performa Hasil Ukuran Lubang dengan Pemakanan Material	
Baja ST37 Ketebalan 9 mm.....	80
4.2.8 Pengujian Performa Panjang Langkah Pemakanan <i>Spindle</i>	81
BAB V PENUTUP	83
5.1 Simpulan	83
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	88

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

mm	: milimeter
TPM D018S	: Teknik Produksi Mesin <i>Drilling Machine</i> 0.18 kW Smart
HSS	: <i>High Speed Steel</i>
ST37	: <i>Steel 37</i>
IPTEK	: Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
%	: Presentase
v	: Kecepatan potong
f	: Gerak makan
Rev/min	: <i>Revolution/minutes</i>
ASTM	: <i>American Standart Testing Material</i>
rpm	: <i>Rotation per minutes</i>
AC	: <i>Alternating Current</i>
W	: <i>watt</i>
3D	: 3 dimensi
HV	: <i>Hardness Vickers</i>
Ni	: Nikel
Co	: Kobalt
MPa	: <i>Mega Pascal</i>

M10	: <i>Metric 10</i>
JIS	: <i>Japanese Industrial Standards</i>
ISO	: <i>International Organization for Standardization</i>
Rc	: <i>Rockwell c</i>
ST	: <i>Strength of Tensile</i>
V	: <i>volt</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Mesin Gurdi TPM D018S	22
Tabel 3.1 Solusi Permasalahan	51
Tabel 3.2 Perbandingan Rancangan Perbaikan	53
Tabel 3.3 Spesifikasi Data Perbaikan.....	53
Tabel 3.4 Pengujian Daya Motor	54
Tabel 3.5 Pengujian Performa Kecepatan Putaran Tanpa Pemakanan	54
Tabel 3.6 Pengujian Performa Kecepatan Putaran dan Daya Mesin Saat Pemakanan Material Aluminium Ketebalan 6 mm	54
Tabel 3.7 Pengujian Performa Kecepatan Putaran dan Daya Mesin Saat Pemakanan Material Baja ST37 Ketebalan 9 mm.....	55
Tabel 3.8 Pengujian Performa Hasil Ukuran Lubang dengan Pemakanan Material Aluminium Ketebalan 6 mm	55
Tabel 3.9 Pengujian Performa Hasil Ukuran Lubang dengan Pemakanan Material Baja ST37 Ketebalan 9 mm.....	55
Tabel 3.10 Pengujian Performa Panjang Langkah Pemakanan <i>Spindle</i>	56
Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Rancangan Perbaikan	61
Tabel 4.2 Spesifikasi Perbaikan	62
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Daya Motor.....	63
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kecepatan Putaran Tanpa Pemakanan.....	64
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Performa Kecepatan Putaran dan Daya Mesin Saat Pemakanan Material Aluminium Ketebalan 6 mm	64

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Performa Kecepatan Putaran dan Daya Mesin Saat Pemakanan Material Baja ST37 Ketebalan 9 mm.....	65
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Performa Hasil Ukuran Lubang dengan Pemakanan Material Aluminium Ketebalan 6 mm.....	66
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Performa Hasil Ukuran Lubang dengan Pemakanan Material Baja ST37 Ketebalan 9 mm	67
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Panjang Langkah Pemakanan <i>Spindle</i>	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rancangan Enam Komponen Utama	10
Gambar 2.2 Komponen Sistem Transmisi Mesin Gurdi TPM D018S.	11
Gambar 2.3 Mesin Bubut	15
Gambar 2.4 (a) Mesin Frais Horizontal (b) Mesin Frais Vertikal.....	16
Gambar 2.5 Proses <i>Countersink</i>	17
Gambar 2.6 Proses <i>Boring</i>	17
Gambar 2.7 Proses <i>Counterboring</i>	18
Gambar 2.8 Proses <i>Spotfacing</i>	18
Gambar 2.9 Proses <i>Reaming</i>	19
Gambar 2.10 Proses <i>Taping</i>	19
Gambar 2.11 Bagian Bagian Mesin Gurdi.....	20
Gambar 2.12 Diagram Alir Proses Perbaikan	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2 Mesin Gurdi TPM D018	35
Gambar 3.3 Jangka Sorong	36
Gambar 3.4 Mesin Bubut	36
Gambar 3.5 Mesin Frais.....	37
Gambar 3.6 <i>Dial Indicator</i>	38
Gambar 3.7 <i>Autodesk Inventor Professional 2015</i>	39
Gambar 3.8 Mesin Las Listrik	39
Gambar 3.9 Gerinda Duduk	40

Gambar 3.10 Gerinda Tangan	40
Gambar 3.11 Bor Duduk	41
Gambar 3.12 Tanggem.....	42
Gambar 3.13 <i>Gas torch</i>	42
Gambar 3.14 Kunci L.....	43
Gambar 3.15 Tap M4 dan <i>Stang Tap</i>	43
Gambar 3.16 Tap M10	44
Gambar 3.17 Takometer.....	45
Gambar 3.18 <i>Wattmeter</i>	45
Gambar 3.19 <i>High Gauge</i>	46
Gambar 3.20 Baja ST37	46
Gambar 3.21 Aluminium	47
Gambar 3.22 Baut L	47
Gambar 3.23 Pasak 4 mm x 4 mm	48
Gambar 3.24 <i>Snapring</i>	48
Gambar 4.1 (a) Mesin Gurdi Sebelum Perbaikan, (b) Mesin Gurdi Setelah Perbaikan	68
Gambar 4.2 <i>Column Baru</i>	68
Gambar 4.3 Poros <i>Pulley Driven</i>	69
Gambar 4.4 Poros dan Dudukan Poros <i>Pulley Driven</i>	69
Gambar 4.5 Pegas <i>Feeding Mechanism</i>	70
Gambar 4.6 Pasak <i>Quill Feeding Mechanism</i>	71
Gambar 4.7 Pasangan Pasak dan <i>Quill Feeding Mechanism</i>	72

Gambar 4.8 Tuas Transmisi	72
Gambar 4.9 Grafik Daya Motor	74
Gambar 4.10 Grafik Kecepatan Maksimum	75
Gambar 4.11 Grafik Kecepatan Minimum.....	76
Gambar 4.12 Grafik Daya dan Kecepatan Putaran Saat Pemakanan Material Aluminium	77
Gambar 4.13 Grafik Daya dan <i>Rpm</i> Saat Pemakanan Baja ST37.....	78
Gambar 4.14 Grafik Ukuran Lubang Hasil Pengeboran Material Aluminium.....	80
Gambar 4.15 Grafik Ukuran Lubang Hasil Pengeboran Pada Material Baja ST37	81
Gambar 4.16 Grafik panjang langkah pemakanan <i>spindle</i>	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Column</i> Sebelum Perbaikan.....	88
Lampiran 2. <i>Column</i> Sesudah Perbaikan	89
Lampiran 3. Poros <i>Pulley Driven</i> Sebelum Perbaikan.....	90
Lampiran 4. Poros <i>Pulley Driven</i> Sesudah Perbaikan	91
Lampiran 5. Dudukan Poros <i>Pulley Driven</i> Sebelum Perbaikan	92
Lampiran 6. Dudukan Poros <i>Pulley Driven</i> Sesudah Perbaikan.....	93
Lampiran 7. Pasak Poros <i>Pulley Driven</i>	94
Lampiran 8. Pegas <i>Feeding Mechanism</i> Sebelum Perbaikan	95
Lampiran 9. Pegas <i>Feeding Mechanism</i> Sesudah Perbaikan	96
Lampiran 10. Pasak <i>Quill Feeding Mechanism</i>	97
Lampiran 11. Poros Transmisi Sebelum Perbaikan	98
Lampiran 12. Poros Transmisi Sesudah Perbaikan.....	99
Lampiran 13. Penutup Poros Transmisi Sebelum Perbaikan	100
Lampiran 14. Penutup Poros Transmisi Sesudah Perbaikan.....	101
Lampiran 15. Bushing Tuas Transmisi Sebelum Perbaikan	102
Lampiran 16. Bushing Tuas Transmisi Sesudah Perbaikan.....	103
Lampiran 17. Fungsi Komponen- Komponen Pada Mesin Gurdi TPM D018S .	104
Lampiran 18. Dokumentasi Penelitian.....	107
Lampiran 19. Sertifikat Magang	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam yang melimpah. Berdasarkan data yang dikemukakan Kementerian Perindustrian bahwa tahun 2025 Indonesia mampu memproduksi 10 juta ton baja (Kemenperin, 2017:17612). Meningkatnya produksi di sektor baja pada era modern seperti saat ini, perlu adanya pengembangan dan pemanfaatan baja dengan optimalisasi di sektor manufaktur dan produksi. Berdasarkan data yang dirilis *United Nations Statistics Division* pada tahun 2016, Indonesia menempati peringkat keempat dunia dari 15 negara yang industri manufakturnya memberikan kontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) lebih dari 10 persen (Kemenperin, 2017:18325).

Rencana induk pembangunan industri nasional menyebutkan bahwa pada tahun 2015-2019 salah satu kebutuhan teknologi yang dikembangkan adalah *retrofitting* (penguatan) mesin perkakas konvensional (Kemenperin, 2016:59). Rencana induk pembangunan oleh pemerintah perlu didukung oleh akademisi dengan mempelajari keilmuan yang dapat digunakan untuk mengembangkan teknologi di bidang produksi mesin secara mandiri karena saat ini persaingan untuk menguasai pasar semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan produk impor yang memiliki harga lebih murah dari negara-negara yang telah mencapai kestabilan produksi mesin perkakas. Kemampuan produksi mesin perkakas

secara mandiri akan membantu ekonomi negara dengan menekan pembelian barang dari impor. Kemampuan untuk memproduksi mesin perkakas secara mandiri juga dapat meningkatkan lapangan kerja bagi masyarakat khususnya lulusan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Lulusan SMK, khususnya jurusan teknik pemesinan akan mampu bekerja pada industri-industri yang nantinya dapat memproduksi mesin perkakas. Hal ini dikarenakan kompetensi siswa lulusan SMK yang mumpuni untuk bekerja di bidang tersebut.

Mesin perkakas merupakan suatu alat atau mesin yang menggunakan energi putar oleh dinamo atau sumber tenaga listrik yang digunakan untuk memotong material atau benda kerja menjadi bentuk dan ukuran produk yang diinginkan (Zunaedi dan Prapanca, 2014:39). Mesin perkakas mampu mengubah bentuk material kasar menjadi bentuk material setengah jadi ataupun menjadi benda jadi yang dapat difungsikan baik dalam skala besar ataupun kecil. Mesin perkakas konvensional dapat membuat benda dengan kepresisian tinggi sehingga mesin perkakas konvensional tersebut banyak digunakan di industri kecil, industri menengah, maupun industri besar.

Mesin gudi (*drilling machine*) merupakan salah satu bagian dari mesin perkakas konvensional. Proses gudi adalah proses pembuatan lubang silinder pada benda kerja. Pembuatan lubang termasuk salah satu proses paling penting di bidang manufaktur. Lubang digunakan untuk media perakitan satu komponen dengan komponen lainnya. Lubang yang tidak presisi dan tidak memenuhi standar toleransi akan menjadikan rakitan tidak sesuai dengan rancangan (Mufarrih, 2017:403). Mesin gudi secara prinsip mampu diproduksi dalam negeri. Tahapan awal yang

perlu dilakukan sebelum proses produksi adalah pembuatan prototipe untuk mengetahui tingkat keterbuatan mesin tersebut.

Metode yang dapat digunakan untuk membuat prototipe adalah *reverse engineering* dan perancangan parametrik. *Reverse engineering* merupakan proses untuk menemukan kembali suatu sistem atau produk untuk menemukan teknologi baru atau menggantikan teknologi lama. Ada tujuh tahapan dalam proses *reverse engineering* yaitu, pengumpulan informasi mengenai produk/jasa yang ditiru, analisis fungsi keseluruhan dan per bagian, pengukuran dan pemodelan geometrik, analisis keberfungsian, kehandalan dan keterbuatan, perwujudan produk hasil peniruan, pengetesan dan penilaian ketercapaian peniruan, perbaikan dan persiapan produksi produk (Rochim, 2012:1). *Reverse engineering* menjadi hal penting di era saat ini dalam proses perencanaan produk. *Reverse engineering* menyoroiti metode terbalik, penarikan kesimpulan, dan penemuan desain ulang (Anwer dan Mathiew, 2016:1).

Perancangan parametrik adalah metode perancangan yang diawali dengan menentukan parameter-parameter dari produk, menentukan hubungan antar parameter, dan menentukan notasi yang terjadi antar parameter (Jayadi, 2018:15). Perancangan parametrik merupakan bagian dari rekayasa peniruan yang efektif, karena dengan mengganti parameter dari produk, maka akan dihasilkan produk baru dengan parameter dan spesifikasi yang berbeda. Penggunaan metode perancangan parametrik menjadikan proses rekayasa peniruan menjadi lebih fleksibel.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di lingkungan Laboratorium Teknik Produksi Institut Teknologi Bandung adalah pembuatan Mesin Gurdi TPM

D018S dengan prinsip rekayasa peniruan dengan acuan Mesin Gurdi Worner B13S dan metode perancangan parametrik dengan skala 65% (Jayadi, 2018:26). Penelitian terkait pembuatan Mesin Gurdi TPM D018S telah dilakukan hingga tahap ke enam. Tahapan yang belum dilakukan untuk menyelesaikan proses rekayasa peniruan adalah tahap ke tujuh yaitu perbaikan dan persiapan produksi produk. Tahap ke tujuh dalam rekayasa peniruan dapat mengaktifkan kembali tahapan pertama hingga ke enam. Jika produk yang dihasilkan pada proses rekayasa peniruan tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka proses rekayasa peniruan dapat diulang dari tahapan awal.

Tahapan terakhir setelah seluruh tahapan rekayasa peniruan selesai adalah dengan melakukan pengujian performa pada mesin yang telah diproduksi. Pengujian performa bertujuan untuk mengetahui performa dan spesifikasi mesin yang telah dibuat. Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian pada Mesin Gurdi TPM D018S untuk menghasilkan mesin gurdi yang dapat digunakan sebagaimana mestinya dan menyelesaikan tahapan dalam rekayasa peniruan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap performa mesin untuk mengetahui spesifikasi dan keandalan mesin.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah yang menjadi dasar dilakukannya penelitian, yaitu:

1. Tahapan-tahapan dalam rekayasa peniruan yang direncanakan, belum selesai dilakukan.

2. Adanya kesalahan rangkaian komponen yang mengakibatkan mesin gurdi tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
3. Adanya kesalahan ukuran pada komponen mesin sehingga mesin tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
4. Pada Mesin Gurdi TPM D018S tidak dilakukan uji performa mesin sehingga tidak diketahui spesifikasi performa mesin secara pasti.
5. Mesin gurdi TPM D018S belum dilakukan pengujian daya mesin untuk mengetahui daya yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem transmisinya sendiri.
6. Mesin gurdi TPM D018S belum dilakukan pengujian panjang langkah pemakanan untuk mengetahui kemampuan *spindle* bergerak vertikal.
7. Mesin gurdi TPM D018S belum dilakukan pengujian kecepatan putaran maksimum dan minimum.
8. Mesin gurdi TPM D018S belum dilakukan pengujian pengeboran untuk mengetahui hasil ukuran lubang dari proses pengeboran menggunakan mata potong dengan diameter tertentu.
9. Mesin gurdi TPM D018S belum dilakukan pengujian daya dan putaran pada saat pemakanan dilakukan pada material tertentu dengan diameter mata potong tertentu.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah, penelitian ini dibatasi pada beberapa hal, yaitu:

1. Evaluasi permasalahan dan perbaikan rangkaian komponen, serta penambahan beberapa komponen agar mesin gurdi TPM D018S dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
2. Gambar teknik komponen berlaku bagi komponen yang dikenai pekerjaan perbaikan.
3. Pengujian performa mesin berupa kecepatan maksimum, kecepatan minimum, daya motor penggerak, dan panjang langkah pemakanan, serta kemampuan pemotongan.
4. Pengujian kecepatan maksimum dan kecepatan minimum menggunakan takometer serta pengujian daya dan torsi motor menggunakan *wattmeter*.
5. Pengujian panjang langkah pemakanan menggunakan *high gauge*.
6. Pemotongan menggunakan mata bor *HSS* dengan diameter 3,2 mm; 4 mm; dan 5 mm dan material yang dikenai pemotongan adalah aluminium dan baja ST37.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah diatas dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan Mesin Gurdi TPM D018S sebelum dan setelah perbaikan dan penambahan komponen ?
2. Bagaimana spesifikasi perbaikan dan penambahan komponen pada Mesin Gurdi TPM D018S ?
3. Bagaimana hasil pengukuran daya pada Mesin Gurdi TPM D018S menggunakan *wattmeter* ?

4. Bagaimana hasil pengukuran kecepatan minimum dan maksimum pada Mesin Gurdi TPM D018S menggunakan takometer ?
5. Bagaimana hasil pemotongan material aluminium menggunakan Mesin Gurdi TPM D018S dengan material mata bor *HSS* diameter 3,2 mm; 4 mm; dan 5 mm ?
6. Bagaimana hasil pemotongan material baja ST37 menggunakan Mesin Gurdi TPM D018S dengan material mata bor *HSS* diameter 3,2 mm; 4 mm; dan 5 mm ?
7. Bagaimana hasil pengukuran panjang langkah pemakanan pada Mesin Gurdi TPM D018S menggunakan *high gauge* ?

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi perbandingan Mesin Gurdi TPM D018S sebelum dan sesudah perbaikan dan penambahan komponen.
2. Mengidentifikasi spesifikasi perbaikan dan spesifikasi komponen yang ditambahkan pada Mesin Gurdi TPM D018S.
3. Mengidentifikasi daya pada motor penggerak Mesin Gurdi TPM D018S.
4. Mengidentifikasi kecepatan minimum dan maksimum pada Mesin Gurdi TPM D018S.
5. Mengetahui hasil pemotongan aluminium menggunakan Mesin Gurdi TPM D018S dengan material mata bor *HSS* diameter 3,2 mm; 4 mm; dan 5 mm.
6. Mengetahui hasil pemotongan baja ST37 menggunakan Mesin Gurdi TPM D018S dengan material mata bor *HSS* diameter 3,2 mm; 4 mm; dan 5 mm.

7. Mengidentifikasi panjang langkah pemakanan pada Mesin Gurdi TPM D018S.

1.6 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat yang diperoleh untuk IPTEK:
 - a. Sebagai acuan rancangan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut di bidang rekayasa peniruan dan perancangan parametrik.
 - b. Data hasil penelitian dapat menjadi tambahan pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi.
2. Manfaat yang diperoleh untuk lembaga:
 - a. Tambahan wawasan mengenai teknologi produksi yang selanjutnya dapat diimplementasikan pada perguruan tinggi untuk pembentukan kurikulum yang diperlukan di bidangnya.
 - b. Sebagai sarana pengenalan institusi perguruan tinggi Universitas Negeri Semarang khususnya Jurusan Teknik Mesin.
 - c. Sebagai sarana menjalin kerja sama antar institusi perguruan tinggi Universitas Negeri Semarang dan Institut Teknologi Bandung khususnya Jurusan Teknik Mesin dan Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara.
3. Manfaat yang diperoleh untuk industri:
 - a. Memberikan wawasan untuk pembuatan mesin perkakas secara mandiri.
 - b. Sebagai dasar dan acuan untuk mengembangkan proses produksi mesin perkakas secara mandiri.

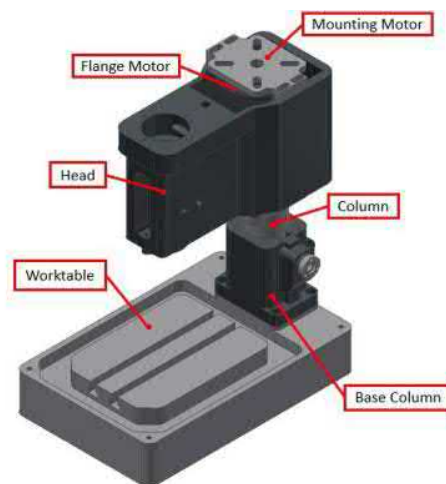
- c. Data hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi dan masukan untuk proses perencanaan produksi mesin gurdi.
4. Manfaat yang diperoleh untuk peneliti:
- a. Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang telah dimiliki selama masa perkuliahan.
 - b. Meningkatkan wawasan, pengetahuan, ketrampilan, dan pengalaman sesuai dengan disiplin ilmu yang dimiliki.
 - c. Mampu belajar beradaptasi dengan kondisi akademik yang baru dan kondisi lingkungan yang baru.
 - d. Dapat berperan aktif dalam mengembangkan teknologi mengenai rekayasa peniruan dan perancangan parametrik.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

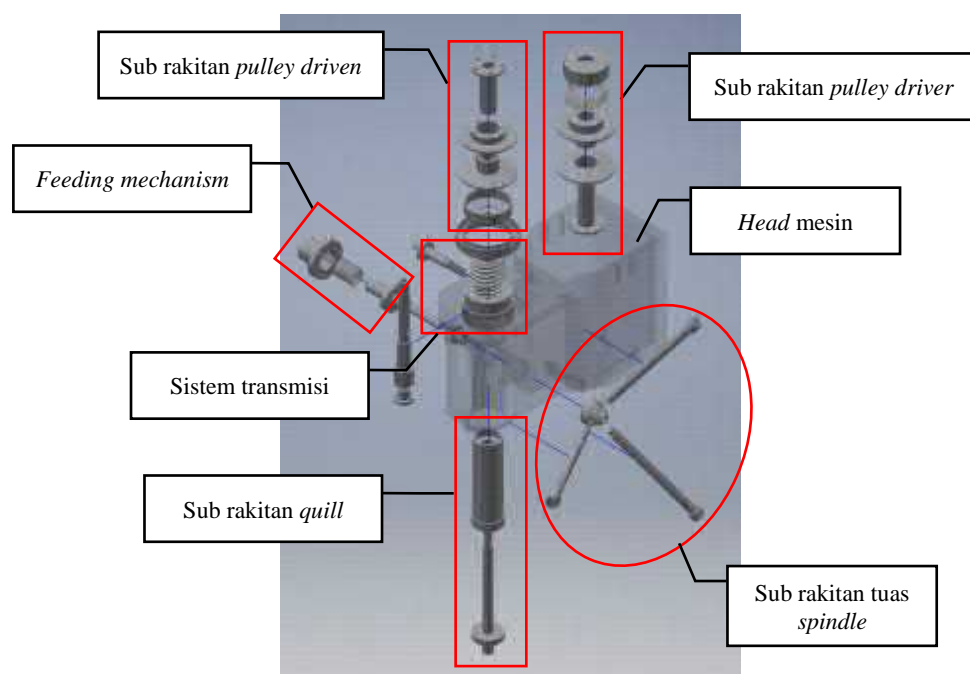
2.1 Kajian Pustaka

Penelitian ini memiliki relevansi dan korelasi dengan beberapa penelitian. Penelitian tentang pembuatan mesin gurdi telah dilakukan oleh Jayadi (2018) yaitu “Perancangan dan Pengembangan Ragam Geometri Konstruksi Mesin Gurdi TPM D018S dengan Menerapkan Prinsip Perancangan Parametrik”. Penelitian ini melakukan pembuatan mesin gurdi TPM D018S berdasarkan mesin gurdi yang sudah ada, yaitu mesin Gurdi Worner B13S. Perancangan dan pengembangan pada penelitian ini meliputi enam bagian utama, yaitu *mounting motor*, *work table*, *base column*, *column*, *head*, dan *flange motor*. Pembuatan mesin gurdi TPM D018S menggunakan skala pengecilan 65%, dengan notasi dan perumusan sesuai spesifikasi. Rancangan komponen utama dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Rancangan Enam Komponen Utama
(Sumber: Jayadi, 2018:37)

Penelitian serupa mengenai mesin gurdi TPM D018S juga telah dilakukan oleh Siregar (2018) yaitu “Perancangan dan Pengembangan Ragam Geometri Komponen Transmisi Mesin Gurdi TPM D018S dengan Menerapkan Prinsip Perancangan Parametrik”. Penelitian yang dilakukan oleh Siregar memiliki kesamaan penelitian tentang mesin gurdi TPM D018S, hanya saja penelitian ini mengenai geometri komponen transmisi dengan tetap menggunakan prinsip perancangan parametrik. Penelitian ini membahas tentang putaran keluaran dari motor hingga *spindle* mata bor. Sistem transmisi yang digunakan adalah tipe transmisi *variable stepless speed V-belt*. Ukuran masing-masing komponen pada sistem transmisi ditentukan berdasarkan kesesuaian dengan tenaga yang dibutuhkan pada rancangan awal, yaitu dengan skala 65%. Komponen sistem transmisi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komponen Sistem Transmisi Mesin Gurdi TPM D018S.

(Sumber: Siregar, 2018:34)

Penelitian tentang mesin gurdi TPM D018S juga dilakukan oleh Utomo (2018) yang berjudul “Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Fungsi Kognitif Pencatatan Parameter Pemesinan dan Penentuan Perkiraan Umur Komponen Pada Mesin Gurdi TPM D018S”. Pada penelitian ini dilakukan penambahan kecerdasan yang diperuntukkan untuk mesin Gurdi TPM D018S dengan pencatatan parameter pemesinan untuk menentukan perkiraan komponen. Penelitian ini belum dapat mengaplikasikan fungsi kognitif pada mesin Gurdi TPM D018S dikarenakan mesin belum dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Karena belum dapat difungsikan, maka penelitian ini menggunakan mesin gurdi tipe *West Lake 0,18 kW* (Utomo, 2018:43).

Penelitian juga dilakukan oleh Saputra dan Hamsi (2014) yang berjudul “Analisa Optimasi Pemesinan Pada Mesin Bor Breda Tipe R-35 dengan Algoritma Genetika”. Penelitian ini menggunakan sistem optimasi algoritma genetika yang dilakukan dengan cara mencari variabel untuk spesimen ST-37 dengan parameter mata bor *HSS* diameter 5,5 mm sampai 8,5 mm. Putaran poros utama (n) 1251 rev/min, gerak makan (f) 0,194 mm/rev, kecepatan potong (v) 48,532 m/min. Hasil dari penelitian ini dideskripsikan bahwa jika diameter mata bor semakin besar, maka kecepatan potong akan makin kecil begitu juga sebaliknya.

Penelitian juga dilakukan oleh Ankalagi *et. al* pada tahun 2016 yang berjudul “*Experimental Studies on Hole Quality in Drilling of SA182 Steel*”. Penelitian ini membahas mengenai studi eksperimental tentang kualitas lubang dalam pengeboran baja SA182. Penelitian ini menggunakan beberapa indikator,

seperti kedalaman pemotongan sebesar 3 mm, 5 mm, dan 7 mm. Penelitian ini juga menggunakan indikator kecepatan putar 1000 *rpm*, 1500 *rpm*, dan 2000 *rpm*, dengan kecepatan pemotongan 0,5 mm/min, 1 mm/min, dan 1,5 mm/min. Penelitian ini menghasilkan kombinasi kecepatan potong yang lebih tinggi dengan sudut yang lebih tinggi akan menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik.

Penelitian juga dilakukan oleh Wibowo dan Ibrahim (2014) yang berjudul “Pengeboran Baja ASTM A1011 Menggunakan Pahat *High Speed Steel* dalam Kondisi Dilumasi Cairan Minyak”. Penelitian ini menggunakan standar uji ASTM A1011 dengan ketebalan material 10 mm. Diameter mata bor yang digunakan adalah 9 mm dengan beberapa varian kecepatan yaitu 443 *rpm*, 635 *rpm*, dan 970 *rpm*. Varian kecepatan pemotongan menggunakan 0,1 mm/rev, 0,18 mm/rev, dan 0,24 mm/rev. Hasil dari penelitian ini adalah keausan mata bor semakin meningkat jika gerak pemakanan dipercepat. Hal ini terjadi karena apabila gerak pemakanan semakin tinggi maka suhu dan gesekan yang terjadi semakin tinggi.

Berdasarkan kajian dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat persamaan, perbedaan, serta keterkaitan dalam penelitian. Hal ini menunjukkan aspek lain yaitu tidak ada yang sama dengan masalah yang akan diteliti. Keterkaitan dengan penelitian Jayadi (2018), Siregar (2018), dan Utomo (2018) adalah mengenai Mesin Gurdi TPM D018S yang dijadikan objek utama dalam penelitian. Keterkaitan penelitian juga ditemukan pada penelitian Saputra dan

Hamsi (2014), Ankalagi et. al (2016), serta Wibowo dan Ibrahim (2014) yaitu mengenai kecepatan putaran dalam proses pengeboran.

Pemaparan dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan kejelasan keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Berdasarkan pertimbangan keterkaitan penelitian yang telah diketahui, penelitian tentang evaluasi dan perbaikan produk perancangan Mesin Gurdi TPM D018S perlu dilakukan mengingat penelitian sebelumnya hanya sebatas perancangan dan hasil akhir produk belum dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Penelitian mengenai performa mesin gurdi TPM D018S juga perlu dilakukan mengingat penentuan penggunaan performa mesin pada penelitian hanya berdasarkan performa pabrikan yang perlu diuji validitasnya, sedangkan penelitian yang akan dilakukan adalah produk perancangan dengan metode rekayasa peniruan. Penelitian mengenai evaluasi, perbaikan, dan pengujian performa Mesin Gurdi TPM D018S juga dapat dilakukan karena permasalahan yang diteliti bukan duplikasi dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan.

2.2 Landasan Teori

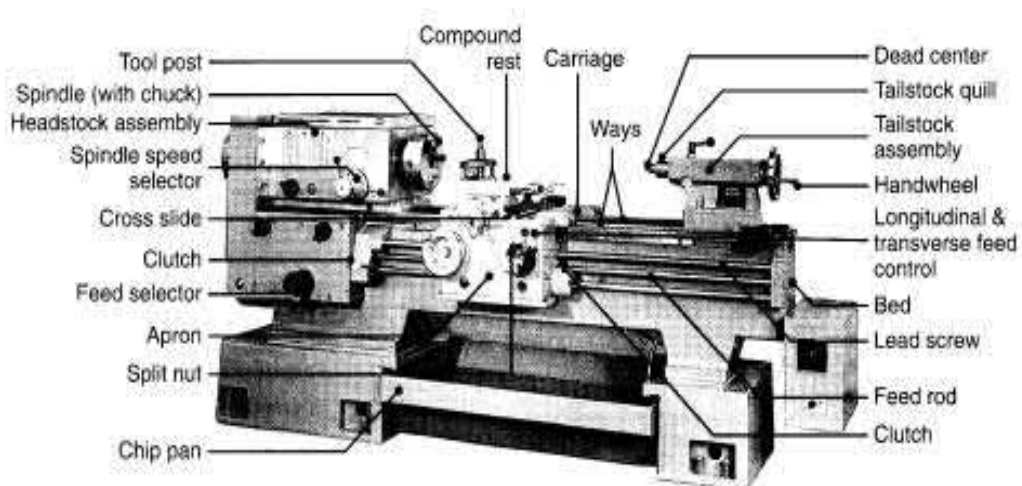
Landasan teori adalah kajian tentang teori-teori yang relevan dengan variabel penelitian. Berikut adalah kajian teori yang relevan dengan variabel penelitian:

2.2.1 Mesin Perkakas

Menurut Groover (2010:15) operasi manufaktur merupakan operasi yang menggunakan mesin dan manusia. Penggunaan mesin di bidang manufaktur dimulai dengan datangnya era revolusi industri. Era tersebut dimulai saat mesin

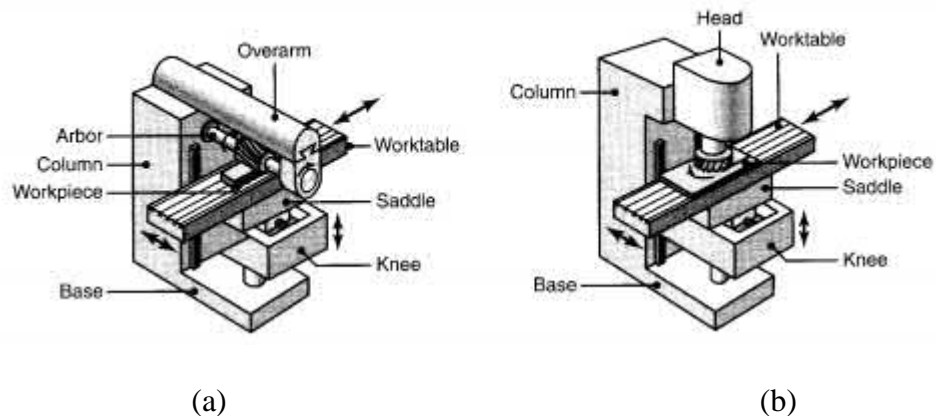
pemotong logam telah dikembangkan dan digunakan secara luas. Mesin sering disebut sebagai mesin perkakas karena daya penggerak menggunakan mesin, tidak lagi menggunakan tenaga manusia. Peralatan mesin modern sering dijelaskan dengan definisi yang sama apabila digerakkan oleh daya listrik, kecuali daya penggeraknya menggunakan air atau uap.

Mesin perkakas modern memiliki tingkat presisi dan otomatisasi yang lebih baik. Mesin perkakas memiliki sifat yang serbaguna untuk semua tingkatan mesin produksi. Baik dalam arti historis maupun reproduktif, mesin perkakas adalah ibu dari semua mesin. Selama periode 1770-1850, mesin perkakas dikembangkan untuk proses pengikisan material secara konvensional, seperti mengebor, membubut, frais, dan sekrap (Groover, 2010:12). Gambar 2.3 merupakan bagian-bagian dari mesin bubut. Bagian-bagian pada mesin frais dapat dilihat pada Gambar 2.4 (a) dan (b).



Gambar 2.3 Mesin Bubut

(Sumber: Kalpakjian dan Schmid, 2009:617)



Gambar 2.4 (a) Mesin Frais Horizontal (b) Mesin Frais Vertikal
(Sumber: Kalpakjian dan Schmid, 2009:672)

Pengondisian terhadap alat, pekerjaan, dan kondisi pemotongan akan memungkinkan pembuatan komponen dengan akurasi dan toleransi yang tinggi. Pengondisian terhadap hal tersebut juga dapat memungkinkan tingkat pengulangan dalam pembuatan produk menjadi lebih tinggi (Groover, 2010:488).

2.2.2 Mesin Gurdi

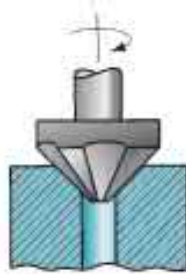
Mesin gurdi adalah mesin perkakas yang digunakan untuk membuat lubang silinder (Utomo, 2018:6). Pemrosesan menggunakan mesin gurdi biasa disebut penggurdian atau pengeboran. Pengeboran dilakukan dengan alat pemotong atau mata potong yang berbentuk silinder yang berputar pada poros *spindle* mesin gurdi. Mata potong pada mesin gurdi biasa disebut mata bor dan memiliki dua mata pisau potong. Jenis mata bor dengan dua mata potong sering disebut *twist drill*. Prinsip kerja mesin gurdi adalah pisau berputar pada sumbu z yang dapat bergerak naik turun, sedangkan benda kerja dapat bergerak pada sumbu x dan y (Groover, 2010:519).

2.2.2.1 Operasi Pada Mesin Gurdi

Menurut *Department Of The Army America* (1996:4-1) mesin gurdi juga dapat melakukan beberapa operasi, diantaranya:

a. Proses *Countersink*

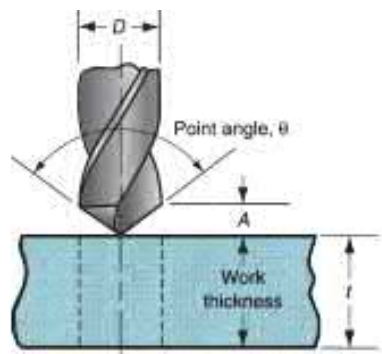
Countersink adalah pembuatan pangkal lubang pada suatu bidang. Pangkal lubang lazimnya berbentuk kerucut. Gambaran proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses *Countersink*
(Sumber: Groover, 2010:521)

b. Proses *Boring*

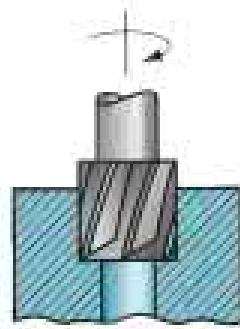
Boring adalah proses pengeboran atau pembuatan lubang baru pada suatu bidang yang belum terlubangi. Proses ini dapat digambarkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Proses *Boring*
(Sumber: Groover, 2010:521)

c. Proses *Counterboring*

Counterboring adalah pelebaran lubang yang telah dibuat pada proses pengeboran. Proses ini dapat divisualisasikan pada Gambar 2.7.

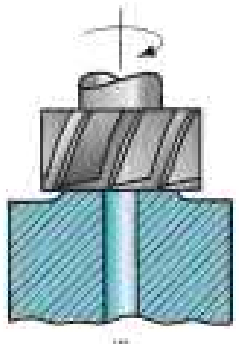


Gambar 2.7 Proses *Counterboring*

(Sumber: Groover, 2010:521)

d. Proses *Spotfacing*

Spotfacing adalah proses untuk meratakan titik atau tonjolan yang ada pada bidang rata. Proses ini dapat divisualisasikan pada Gambar 2.8.



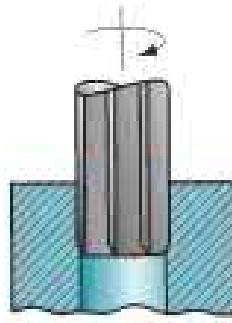
Gambar 2.8 Proses *Spotfacing*

(Sumber: Groover, 2010:521)

e. Proses *Reaming*

Reaming adalah proses pelebaran lubang setelah proses *boring* maupun setelah proses *counter boring*. *Reaming* dilakukan untuk

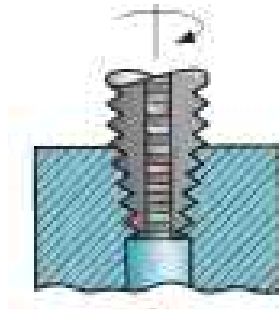
pemakanan yang sudah mendekati ukuran jadi. Hasil *reaming* memiliki tingkat presisi yang baik terhadap hasil diameter lubang yang diinginkan. Proses ini dapat divisualisasikan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Proses *Reaming*
(Sumber: Groover, 2010:521)

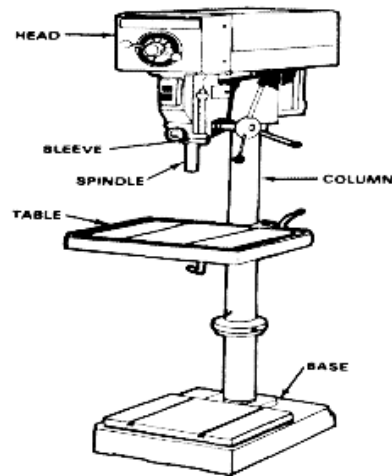
f. Proses *Taping*

Taping adalah proses yang dilakukan untuk membuat ulir dalam pada lubang silinder setelah proses *boring* maupun proses *counterboring*. Proses ini dapat digambarkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Proses *Taping*
(Sumber: Groover, 2010:521)

2.2.2.2 Bagian-Bagian Mesin Gurdi



Gambar 2.11 Bagian Bagian Mesin Gurdi

(Sumber: *Department of the Army America*, 1996:4-2)

Pada Gambar 2.11 menggambarkan bagian-bagian mesin gurdi. Menurut Mardane et al (2015:882), bagian mesin gurdi dibagi menjadi 4 bagian besar, yaitu:

a. *Base*

Base adalah pondasi dari mesin gurdi. *Base* terbuat dari besi cor sehingga dapat menahan getaran. *Base* mampu menahan komponen lain dari mesin gurdi yang berada di atasnya.

b. *Column*

Column merupakan penyangga *head* mesin gurdi dan penghubung *head* dengan *base*. *Column* juga menjadi dudukan dari *table*. *Column* berdiri vertikal dan tegak lurus terhadap *base* dan *table*.

c. *Table*

Table adalah dudukan untuk menempatkan benda kerja. *Table* terpasang pada *column* sehingga ketinggian *table* dapat disesuaikan

dengan *head*. *Table* memiliki alur T (*T-slot*) untuk menempatkan baut pengunci posisi ragam.

d. *Head*

Head adalah kepala mesin gurdi yang terletak di bagian teratas mesin. *Head* berisi komponen penggerak *spindle* lengkap dengan dudukan motor penggerak. *Head* menjadi tempat pada motor untuk mendistribusikan tenaga ke *pulley*, kemudian *pulley* meneruskan ke poros *spindle*, sehingga *spindle* dapat memutar mata potong.

2.2.3 Mesin Gurdi TPM D018S

Menurut Utomo (2018:8), mesin gurdi TPM D018S merupakan produk mesin gurdi buatan Teknik Produksi Mesin Institut Teknologi Bandung. Mesin gurdi TPM D018S dibuat berdasarkan konsep dan tahapan rekayasa peniruan serta menggunakan metode perancangan parametrik. Mesin gurdi TPM D018S merupakan hasil rekayasa peniruan dari mesin gurdi Worner B13 dan diperkecil hingga 65%. Mesin gurdi TPM D018S dibuat dan dirancang dengan 135 komponen.

Mesin gurdi TPM D018S memiliki empat bagian utama, yaitu *worktable*, *base column*, *column*, dan *head*. Penggerak yang digunakan pada mesin gurdi ini adalah motor listrik AC 1 fasa bermerk Mosswell dengan spesifikasi arus 1,1 Ampere. Kecepatan putaran motor penggerak 2800 *rpm*. Kecepatan maksimum *spindle* mesin gurdi ini dirancang dapat mencapai 5000 *rpm* (Siregar, 2018:31). Tabel 2.1 menjelaskan mengenai spesifikasi mesin gurdi TPM D018S.

Tabel 2.1 Spesifikasi Mesin Gurdi TPM D018S

(Sumber: Siregar, 2018:31)

Karakteristik	Spesifikasi
Nama	TPM D018S
Jenis	Gurdi kolom bangku
Kecepatan spindle	1120 rpm-5000 rpm
Kecepatan motor	2800 rpm
Daya motor	180 W
Tipe transmisi	Variable stepless speed V-belt
Spindle stroke	35 mm
Ukuran meja	184 mm x 252 mm
Jenis ujung spindle	Jacob tapers (male)
Jenis feeding	Hand-feeding (manual)

2.2.4 Reverse Engineering

Reverse Engineering adalah konsep baru yang menunjukkan data teknik dari komponen yang sudah ada. *Reverse engineering* diaplikasikan untuk proses pengembangan dengan metode terbalik (Ramanath, et al., 2016: 994). Keuntungan pada proses ini adalah pengurangan tahap produksi, yaitu dengan memangkas tahap gambar konvensional pada awal tahapan. Pemangkasan ini terjadi karena *reverse engineering* menggunakan data produk yang sudah ada menjadi data acuan awal. Menurut Ramanath, et al., (2016), proses rekayasa peniruan dapat berfungsi sebagai:

- a. Proses analisis sistem.
- b. Proses identifikasi komponen sistem.
- c. Keterkaitan antar komponen sistem.

- d. Membuat representasi dari sistem dalam bentuk modifikasi baru.
- e. Membuat representasi fisik bagian komponen sistem yang rusak.

Tahapan tahapan dalam *reverse engineering* dibagi dalam 7 tahapan (Rochim, 2012:1), yaitu:

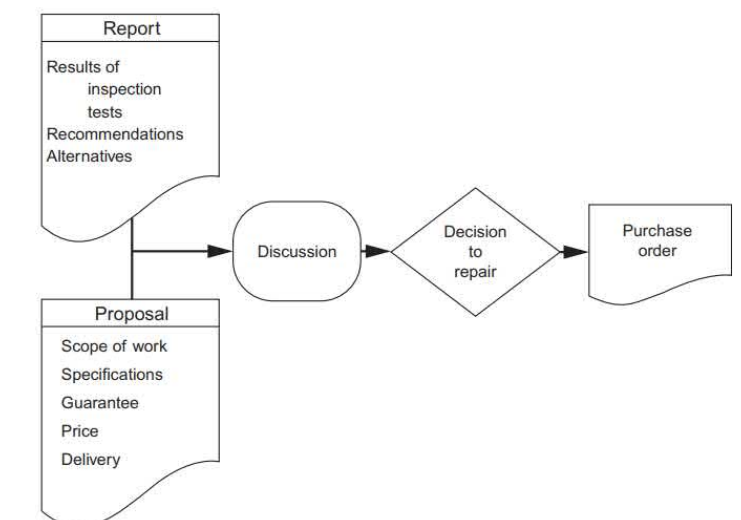
- a. Pengumpulan informasi tentang produk/jasa yang akan ditiru.
- b. Analisis fungsi secara menyeluruh dan per bagian.
- c. Pengukuran dan pemodelan geometrik tentang produk yang akan ditiru.
- d. Analisis keberfungsian, keandalan, dan keterbuatan berbasis analisis *software*.
- e. Perwujudan produk hasil peniruan.
- f. Pengetesan dan penilaian ketercapaian produk hasil peniruan.
- g. Perbaiki dan persiapan produksi produk hasil tiruan.

Reverse engineering semakin dikembangkan dengan menambahkan teknik didalamnya yaitu menggunakan teknik ekstraksi informasi dalam produk. Pada produk awal yang berupa rakitan terdapat bagian-bagian yang memang tidak dapat terlihat dikarenakan bagian dari kerahasiaan perusahaan. Karena alasan tersebut, prosedur rekayasa peniruan menggunakan teknik ekstraksi informasi dengan teknik pemindaian 3D. Teknologi pemindaian 3D dalam fungsinya sebagai pengembangan proses rekayasa peniruan dapat membantu menangkap informasi tentang geometri produk untuk menghasilkan *virtual mode (VM)*. *Virtual mode (VM)* dapat digunakan untuk memperbanyak kemungkinan analisis digital (Valerga, et al., 2015:1144). Penggunaan metode *reverse engineering* semakin banyak dan meluas diiringi dengan

pengembangannya yang meningkat. Hal tersebut dapat mengkhawatirkan legalitas hak paten pada sebuah produk. Oleh karena itu, penggunaan toleransi pada *reverse engineering* harus diperhatikan. Ukuran dan toleransi pada produk rekayasa peniruan telah tercantum dalam ISO 14235-1:2003 (Nuno dan Pedreille, 2017:472).

2.2.5 Perbaikan

Rekondisi dan perbaikan sering dilupakan untuk tindakan pemeliharaan. Perbaikan berfungsi untuk meningkatkan kondisi produk, bahkan membuat kondisi produk seperti baru. Pada faktanya rekondisi sering diartikan sebagai perbaikan yang preventif, padahal perbaikan hanya dilakukan pada produk yang telah mencapai kegagalan atau malfungsi (Bloch dan Geitner, 2019:6).



Gambar 2.12 Diagram Alir Proses Perbaikan

(Sumber: Bloch dan Geitner, 2019:513)

Diagram alir pada Gambar 2.12 dapat menjelaskan urutan perbaikan suatu alat. Perbaikan dimulai dari inspeksi dan pengujian alat. Setelah

dilaksanakan inspeksi dan pengujian mekanik akan diberikan laporan temuan masalah yang perlu diperbaiki. Setelah adanya laporan tersebut, selanjutnya dilakukan diskusi antara mekanik dan pemilik mengenai perbaikan yang meliputi metode yang diusulkan, pilihan metode, spesifikasi, garansi, harga, dan durasi waktu perbaikan.

Pelaksanaan diskusi akan menemui titik temu antara mekanik dengan pemilik. Setelah menemui titik temu maka perbaikan akan direkomendasikan untuk dilaksanakan. Pelaksanaan meliputi beberapa hal, yaitu pembuatan instruksi kerja terperinci, spesifikasi yang akan dilakukan dalam perbaikan, dan pemeriksaan kualitas. Setelah perbaikan selesai, mekanik akan memberikan laporan perbaikan yang berisi catatan kualitas pekerjaan (Bloch dan Geitner, 2019:513).

2.2.6 Uji Performa

Pengujian performa akan menghasilkan informasi dari suatu yang dikenai pengujian performa. Informasi performa tidak hanya digunakan untuk pemantauan dan kontrol, tetapi juga untuk menguji perencanaan dan kebijakan suatu operasi (Okoshi, et al., 2019:5). Pengujian performa akan berkaitan dengan spesifikasi dan strategi untuk pengoperasian suatu alat. Diketuinya sistem pengoperasian yang valid, akan menghasilkan pengetahuan yang mendalam tentang mesin dan tindakan perbaikan yang berkelanjutan. Kemampuan suatu mesin untuk melakukan pekerjaan tertentu akan mempengaruhi kinerja pemesinan yang tinggi dan tingkat produktifitas yang tinggi pula (Grguras dan Pusavec, 2019:1). Pengujian performa dalam suatu

mesin dapat berupa pengoperasian maksimal yang dapat dilakukan mesin, pengoperasian minimal yang dapat dilakukan oleh mesin, batasan yang dapat dikerjakan oleh mesin tersebut, serta indikator-indikator dalam penggunaan mesin tersebut.

Selain pengujian dengan *dynamometer*, pengujian dengan *wattmeter* akan lebih baik untuk mengukur daya yang dipakai pada motor listrik penggerak mesin (Rochim, 1993:195). Penggunaan transformator arus diperlukan dalam pengujian daya dengan *wattmeter* dikarenakan transformator akan membatasi arus maksimum yang diijinkan pada *wattmeter*. Pengukuran daya dilakukan dengan dua tahapan, tahap pertama adalah pengukuran daya tanpa beban pemakanan. Pengukuran daya tanpa pembebanan akan menggambarkan kualitas kerja mesin. Pengukuran tahap kedua adalah pengukuran daya pada saat proses pemakanan berlangsung. Pengukuran daya pada saat proses pemakanan akan mengetahui efisiensi mekanik maupun efisiensi pemesinan yang merupakan karakteristik mesin perkakas.

2.2.7 High Speed Steel (HSS)

Pahat dengan jenis *HSS* adalah salah satu jenis pahat yang memiliki kekerasan cukup tinggi. Pahat jenis *HSS* merupakan pahat yang paling sering dijumpai di bengkel-bengkel bubut bahkan skala industri sekalipun (Nugroho dan Senoaji, 2010:19). Kekerasan pada pahat *HSS* lebih rendah bila dibandingkan dengan pahat karbida. Pahat *HSS* hanya mampu memotong benda kerja pada tingkat kekerasan 350 HV. Pahat *HSS* dapat dimaksimalkan untuk pemotongan benda kerja dengan kekerasan 450 HV dengan

pertimbangan pengurangan kecepatan potong dan penampang geram (Rochim, 1993:113). Menurut Rochim (1993:143) pahat *HSS* dapat dijabarkan menjadi 7 jenis, yaitu:

a. *HSS Konvensional*

HSS konvensional terbuat dari paduan utama *tungsten/wolfram*. Jenis ini memerlukan dua kali *tempering*. Bila diperlukan akan dilakukan *tempering* ketiga setelah pengasahan untuk menghilangkan tegangan sisa maupun proses penghitaman untuk mencegah korosi

b. *Cobalt added HSS*

Penambahan *cobalt* pada *HSS* membuat *HSS* memiliki sifat kekerasan pada temperatur tinggi dan ketahanan aus yang lebih baik.

c. *High vanadium HSS*

Pahat jenis high vanadium *HSS* memiliki ketahanan aus yang tinggi. Pahat jenis ini juga memiliki kekerasan di temperatur panas yang tinggi. Pahat ini digunakan untuk memotong benda kerja yang sulit terpotong, seperti *super alloy* dan *refractory material*.

d. *High hardness Co-HSS*

Pahat jenis ini memiliki kekerasan hingga 69-70 RC. Pahat ini mampu memotong benda kerja yang telah dikeraskan, *titanium steels*, serta baja campuran Ni & Co.

e. *Cast HSS*

Pahat jenis *cast HSS* dibentuk dengan proses penuangan dengan diharapkan memiliki tingkat keuletan yang lebih baik. Proses penuangan

material pahat jenis ini juga dilakukan untuk menghindari pembentukan geometri pahat dengan pemesinan, mengingat *HSS* yang sulit dibentuk dengan proses konvensional.

f. *Powdered HSS*

Pahat jenis *powdered HSS* dibentuk dengan *sintering* dari serbuk halus *ferrite* dan serbuk halus carbida. Pahat jenis ini memiliki *hot hardness* dan kekuatan yang tinggi. Selain itu, pahat ini juga memiliki sifat *machinability*, *grindability*, maupun *heattreatability* yang lebih baik.

g. *Coated HSS*

Material ini terbentuk dari *HSS* biasa (*Molten HSS*) dengan dilapisi *nitride* maupun oksida. Proses pelapisan ini dinamakan *PVD* (*Physical Vapour Deposition*).

2.2.7 Aluminium

Aluminium merupakan logam dengan massa jenis yang ringan dan memiliki sifat ketahanan korosi yang baik, serta dapat menjadi material dengan hantaran listrik yang baik pula. Kekuatan mekanik aluminium dapat meningkat dengan penambahan unsur Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb. Penambahan tersebut dapat juga memberikan efek yang baik seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, dan koefisien pemuaian yang rendah (Surdia dan Saito, 1999:129).

Material aluminium sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Proses pembentukan aluminium dapat melalui banyak cara, seperti dengan metode pengecoran, penempaan, *roll* atau ekstrusi. Contoh pengaplikasian

aluminium hasil pengecoran banyak dijumpai pada peralatan rumah tangga dan komponen otomotif (Mandala, et al., 2016:88).

Aluminium murni dapat diambil dalam keadaan cair dengan elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Presentase tersebut dapat ditingkatkan dengan mengelektrolisa kembali hingga didapat kemurnian 99,99%. Aluminium dengan kadar kemurnian 99% dan di atasnya dapat digunakan di udara selama bertahun-tahun, dapat diartikan bahwa kemurnian akan mempengaruhi tingkat ketahanan korosi. Pada presentase tersebut, hantaran listrik aluminium mencapai 65% dari hantaran listrik tembaga (Surdia dan Saito, 1999:134-135).

2.2.8 Baja ST37

Baja ST 37 merupakan jenis baja konstruksi yang memiliki kekuatan tarik minimal 37 kgf/mm² atau 370 N/mm². Baja ST37 dapat digolongkan sebagai baja lunak (*mild steel*) karena memiliki kadar karbon (C) 0,16%. Baja ST 37 merupakan baja natural yang sering digunakan pada konstruksi suatu mesin, karena memiliki sifat yang ulet, mudah dibentuk, kuat, dan keras (Putra, 2016:116-117). Baja ST37 memiliki kandungan kimia 0,17%C, 1,4%Mn, 0,045%P, 0,045%S. Baja ST37 memiliki kekuatan luluh 378 MPa, kekuatan tarik 322 MPa, dan elongasi 25% (Sulardjaka, et al., 2017:194).

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang perbaikan dan evaluasi performa produk mesin gurdi TPM D018S dengan tahapan *reverse engineering*, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Mesin gurdi TPM D018S sudah dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Keberfungsian mesin gurdi tersebut dapat dicapai melalui perbaikan-perbaikan yang telah dilakukan.
- b. Perbaikan yang dilakukan adalah perbaikan *column*, poros dan dudukan poros *pulley driven*, *feeding mechanism*, getaran *quill feeding mechanism*, serta mekanisme transmisi.
- c. Terjadi kenaikan daya pada motor penggerak mesin gurdi saat motor menggerakkan sistem transmisi mesin. Rata-rata kenaikan saat menggerakkan sistem transmisi sebesar 124 *watt*.
- d. Kecepatan maksimum rata-rata pada mesin gurdi TPM D018S adalah 1908,3 *rpm* dengan reduksi putaran oleh *pulley* 1:1,32. Kecepatan minimum rata-rata pada mesin gurdi TPM D018S adalah 1073,3 *rpm* dengan reduksi putaran oleh *pulley* 1:0,75.
- e. Mesin gurdi TPM D018S dapat melakukan pengeboran pada material aluminium. Terjadi kenaikan daya dan penurunan putaran saat dilakukan pemakanan pada material aluminium ketebalan 6 mm. Pemakanan dilakukan dengan mata bor diameter 3,2 mm, 4 mm, dan 5 mm. Rata-rata kenaikan daya

sebesar 36,87 *watt*. Rata-rata penurunan kecepatan sebesar 225,3 *rpm*. Terjadi penyimpangan ukuran lubang hasil pengeboran material aluminium ketebalan 6 mm. Penyimpangan terjadi terhadap ukuran diameter mata bor. Penyimpangan rata-rata sebesar 0,19 dari ukuran mata bor.

- f. Terjadi kenaikan daya dan penurunan putaran saat dilakukan pemakanan pada material baja ST37 ketebalan 9 mm. Pemakanan dilakukan dengan mata bor diameter 3,2 mm, 4 mm, dan 5 mm. Rata-rata kenaikan daya sebesar 80,3 *watt*. Rata-rata penurunan kecepatan sebesar 454 *rpm*. Terjadi penyimpangan ukuran lubang hasil pengeboran material baja ST37 ketebalan 9 mm. Penyimpangan terjadi terhadap ukuran diameter mata bor. Penyimpangan rata-rata sebesar 0,17 dari ukuran mata bor.
- g. Rata-rata panjang langkah pemakanan *spindle* pada mesin gurdi TPM D018S adalah 26,3 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada mesin gurdi TPM D018S, disarankan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Meninjau lebih dalam mengenai sistem transmisi pada mesin gurdi TPM D018S.
- b. Meninjau lebih dalam tentang sistem *feeding mechanism* pada mesin gurdi agar panjang langkah pemakanan *spindle* dapat lebih panjang.
- c. Melakukan pengujian lebih lanjut mengenai putaran pada *pulley driven*, poros *pulley driven* dan dudukan poros *pulley driven*.

- d. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai spesifikasi dan sistem kerja tuas transmisi.
- e. Menggunakan monitor untuk menampilkan daya, kecepatan putaran *spindle*, dan kecepatan pergerakan mata potong.
- f. Melakukan penelitian mengenai penyebab penyimpangan hasil pengeboran terhadap ukuran mata bor.
- g. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kecepatan gerak mata potong.

DAFTAR PUSTAKA

- Ankalagi, S., V. N. Gaitonde, dan P. Petkar. 2016. Experimental Studies on Hole Quality in Drilling of SA182 Steel. *Advanced Materials, Manufacturing, Management, and Thermal Science (AMMMT) Proceedings*. BVB College of Engineering and Technology. India. 11201-11209.
- Anwer, N. dan L. Mathieu. 2016. From Reverse Engineering To Shape Engineering In Mechanical Design. *Elsevier-CIRP Journal*. 1461 (4): 1-4.
- Bloch, H. P. dan F. K. Geitner. 2019. *Machinery Component Maintenance and Repair*. 4th ed. Cambridge: Gulf Professional Publishing.
- Department of The Army. 1996. *Fundamentals of Machine Tools*. TC 9-542. Washington DC: Headquarters Department of The Army USA.
- Grguras, D. dan F. Pusavec. 2019. Influence of Rake Face Texturing on Machining Performance of Carbide Tools. *CIRP Conference and Manufacturing System*. University of Ljubljana. Ljubljana. 904-907.
- Groover, M. P. 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing-Materials, Processes, and System*. 4th ed. United States of America: John Wiley and Sons, Inc.
- Jayadi, M. F. 2018. *Perancangan dan Pengembangan Ragam Geometri Konstruksi Mesin Gurdi TPM D018S dengan Menerapkan Prinsip Perancangan Parametrik*. Tugas Sarjana. Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung (ITB). Bandung.
- Kemenperin. 2017. *Kontribusi Industri Manufaktur Indonesia Peringkat Empat Dunia*. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/18325/>. 13 Juli 2019 (03.45).
- _____. 2017. *Indonesia Siap Mandiri Industri Baja*. <http://kemenperin.go.id/artikel/17612/>. 13 Juli 2019 (04.38).
- _____. 2015. *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035*. Juni. Jakarta: Pusat Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian.
- Mandala, M., E. S. Siradj, dan S. Djamil. 2016. Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Aluminium (Al-Si) pada Proses Pengecoran Menggunakan Cetakan Logam, Cetakan Pasir dan Cetakan *Castable*. *Jurnal Poros* 14(2): 88-98.
- Mardane, R. D., P. U. D. Gulhane, dan D. A. R. Sahu. 2015. Conceptual Design of Automated Attachment for Positioning Bed of Drilling Machine With Respect To Cad Model. *International Journal for Scientific Research & Development* 3(10): 882-884.
- Mufarrih, Am. 2017. *Pengaruh Parameter Proses Gurdi Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Material KFRP Komposit*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Inovasi Teknologi UN PGRI Kediri. Kediri. 22 Februari.
- Nugroho, S., dan H. K. Senoaji. 2010. Karakterisasi Pahat Bubut High Speed Steel (HSS) Bohler Tipe Molibdenum (M2) dan Tipe Cold Work Tool Steel (A8). *Jurnal Rotasi* 12(4): 19-26.
- Nuno, M. A. S. dan R. L. Pedreille. 2017. ISO Tolerance Specification in Reverse Engineering. *Manufacturing Engineering Society International Conference (MESIC)*. Dpto. Ing. Mecanica. Vigo (Pontevedra). 472-479.

- Okoshi, C. Y., E. P. D. Lima, dan S. E. G. D. Costa. 2019. Analyzing High Performance Manufacturing Companies. *International Journal of Production Economics* 3(10): 5-11.
- Putra. T. D. 2014. Variasi Bahan Material dan Ukuran Diameter Poros dengan Menggunakan Metode Pengujian Puntir. *Widya Teknika* 22(2): 116-121.
- Ramnath, B. V., C. Elanchezian, J. Jeykrishnan, R. Ragavendar, P. K. Rakesh, J. S. Dhamodar, dan A. Danasekar. 2016. Implementation of Rekayasa peniruan for Crankporos Manufacturing Industry. *International Conference on Processing Materials, Minerals, and Energy (PMME)*. Sri Ram Engineering College. Tamil Nadu. 994-999.
- Rochim, T. 2012. Tujuh Tahapan Dalam Rekayasa Peniruan. Artikel disajikan pada *Reverse Engineering Workshop Puslitbang PT.PLN (Persero)*. Jakarta. 23-24 Mei.
- _____. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. 1st ed. Bandung: ITB press.
- Saputra, G. dan A. Hamsi. 2014. Analisa Optimasi Pemesinan Pada Mesin Bor Breda Tipe R-35 Dengan Algoritma Genetika. *Jurnal e-dinamis* 9(1):11-18.
- Sato, G. T. dan Hartanto, N. S. 2000. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. 9th ed. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Siregar, I. A. 2018. *Perancangan dan Pengembangan Ragam Geometri Komponen Transmisi Mesin Gurdi TPM D018S dengan Menerapkan Prinsip Perancangan Parametrik*. Tugas Sarjana. Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sudirta, T dan S. Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. 4th ed. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sulardjaka., D. F. Fitriyana, dan A. Budiman. 2017. Kajian Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Shield Metal Arc Welding dan Friction Stir Welding Baja Karbon St 37. *Jurnal Rotasi* 19(4): 193-200.
- Utomo, F. G. 2018. *Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Fungsi Kognitif Pencatatan Parameter Pemesinan dan Penentuan Perkiraan Umur Komponen Pada Mesin Gurdi TPM D018S*. Tugas Sarjana. Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Valerga. A. P., M. Batista, R. Bienvenido, S. R. F. Vidal, C. Wendt, dan M. Marcos. 2015. Reverse Engineering based Methodology for Modelling Cutting Tools. *Manufacturing Engineering Society International Conference (MESIC)*. Universidad de Cadiz. Puerto Real. 1144-1151.
- Wibowo, D. dan G. A. Ibrahim. 2014. Pengeboran Baja ASTM A1011 Menggunakan Pahat High Speed Steel dalam Kondisi Dilumasi Cairan Minyak. *Jurnal Mechanical* 5(2): 29-35.
- Zulfebri dan Arief. D. S. 2015. Kalibrasi Jangka Sorong Jam Ukur (Dial Calliper) dengan Menggunakan Metode Standar JIS B 7507-1993 di Laboratorium Pengukuran Teknik Mesin Universitas Riau. *JOM FTEKNIK* 2(2):1-10.
- Zunaidi, Naufal., dan P. Aditya. 2014. Rekayasa Pengetahuan Mengenai Mesin Perkakas Berbasis Android. *Jurnal Manajemen Informatika* 03(02): 39-44.