

PROYEK AKHIR

**ANALISIS UNJUK KERJA MESIN FRAIS MIKRON
TYPE WF 3SA MELALUI PENGUJIAN STATIS DAN
DINAMIS**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

**PUTU GEDE RYAN ADRIANTA
1915213063**

D3 TEKNIK MESIN

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS UNJUK KERJA MESIN FRAIS MIKRON TYPE WF 3SA MELALUI PENGUJIAN STATIS DAN DINAMIS

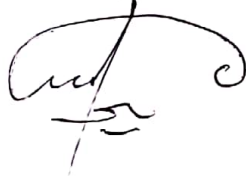
Oleh

PUTU GEDE RYAN ADRIANTA
1915213063

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Proyek Akhir
Program D3 Pada Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



I Dewa Made Pancarana, S.T., MT
NIP.196601011991031004

Pembimbing 2



Dr. I Putu Gede Sopan Rahtika, B.S., M.S
NIP.197203012006041025

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg
NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS UNJUK KERJA MESIN FRAIS MIKRON TYPE WF 3SA MELALUI PENGUJIAN STATIS DAN DINAMIS

Oleh


Putu Gede Ryan Adrianta

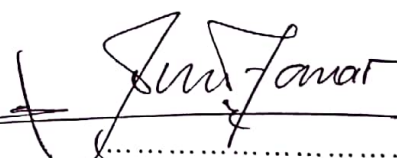
1915213063


Proyek Akhir ini telah di pertahankan didepan Tim Penguji dan di terima untuk dapat di cetak sebagai Buku Proyek Akhir pada hari/tanggal Selasa, 23 Agustus 2022

Tim Penguji :

Tanda Tangan

Penguji 1 : Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg. (.....)
NIP : 196609241993031003

Penguji 2 : I Made Sudana, ST., M.Erg. (.....)
NIP : 196910071996031002

Penguji 3 : Ir. I Nyoman Gunung, M.Pd. (.....)
NIP : 191905021989031002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putu Gede Ryan Adrianta
NIM : 1915213063
Program Studi : D3 Teknik Mesin
Judul Proyek Akhir : Analisis Unjuk Kerja Mesin Frais Mikron Type
WF 3SA Melalui Pengujian Statis Dan Dinamis

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Proyek Akhir ini bebas plagiat. Apabila di kemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Proyek Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No.17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Putu Gede Ryan Adrianta

1915213063

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Buku Proyek Akhir ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M. Erg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST., MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak I Wayan Suastawa ST. MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
5. Bapak I Dewa Made Pancarana, S.T., MT, selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Dr. I Putu Gede Sopan Rahtika, B.S., M.S, selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat, dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas ilmu, serta pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.
9. Kemudian terima kasih banyak untuk kakak adik tercinta, Okta, yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proyek Akhir tahun 2022 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat, David, Daniel, Ricky, Kevin, Aldi terima kasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukunga, semangat, motivasi, serta doa hingga penulis dapat menyelesaikan buku Proyek Akhir ini.
12. Pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga Buku Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 15 Agustus 2022



Putu Gede Ryan Adrianta

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi, Penggunaan mesin frais (*milling*) sangat dibutuhkan di dunia industry maupun di bidang Pendidikan. Mesin frais adalah mesin perkakas yang dalam proses pemotongannya dengan menyayat benda kerja dengan menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar secara (*multipoint cutter*) yang biasa dikenal dengan pisau frais (*milling cutter*). Membersihkan dan merawatnya dengan rutin akan membantu untuk memastikan bahwa mesin frais akan bertahan umur penggunaan dan akurasinya selama bertahun tahun. Namun sering kali terjadinya kesalahan oprasional, baik kesalahan pada setting, serta kesalahan pada perawatan.

Cara pengujian statis dan dinamis meliputi penyimpangan terhadap kemiringan meja, kerataan meja, kedataran meja dan mengukur kecepatan putaran *spindle*. Nilai penyimpangan hasil pengujian yang telah dilakukan tersebut akan dibandingkan dengan nilai penyimpangan yang diijinkan adalah 0,05 mm. Penyimpangan yang diperoleh dari mesin frais mikron tersebut yaitu 0,02 mm, bahwa mesin frais mikron tersebut masih layak digunakan untuk menghasilkan produk atau untuk kegiatan mahasiswa praktek.

Unjuk kerja pada mesin frais yaitu untuk mengetahui kinerja mesin perkakas dalam proses manufaktur untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Melihat situasi di lab mekanik Politeknik Negeri Bali, mesin frais yang berada di lab Mekanik sering digunakan untuk praktek mahasiswa dan umurnya sudah mencapai puluhan tahun tentu mesin tersebut akan mengalami penyimpangan pada bagian komponen. Maka dari itu mesin tersebut perlu dilakukan kalibrasi terhadap komponen melalui pengujian statis dan dinamis. Sehingga umur mesin bisa melebihi batas umur teknis.

Kata Kunci: Unjuk kerja, mesin frais, komponen, statis dan dinamis.

ANALYSIS PERFORMANCE MACHINE FRAIS MICRON THROUGH TESTING STATIC AND DYNAMIC

ABSTRACT

Along with the times and technology, the use of milling machines is needed in the industrial world and in the field of education. A milling machine is a machine tool that is in the process of cutting the workpiece by using a multi-point rotating cutter commonly known as a milling cutter. Regular cleaning and maintenance will help ensure that the milling machine will last years of use and accuracy. However, operational errors often occur, both errors in settings, and errors in maintenance.

Static and dynamic testing methods include deviations from table tilt, table flatness, table flatness and measuring spindle rotational speed. The deviation value of the test results that have been carried out will be compared with the allowable deviation value is 0.05 mm. The deviation obtained from the micron milling machine is 0.02 mm, that the micron milling machine is still suitable for use to produce products or for student activities. practice.

The performance on the milling machine is to determine the performance of machine tools in the manufacturing process to produce quality products. Seeing the situation in the mechanical lab of the Bali State Polytechnic, milling machines in the Mechanics lab are often used for student practice and generally have reached decades of course the machine will experiencing deviations in the component parts. Therefore, the machine needs to be calibrated to the components through static and dynamic testing. So that the engine life can exceed the technical life limit.

Keywords: *Performance, milling machine, components, static and dynamic.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya lah saya dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini yang berjudul Analisis unjuk kerja mesin frais mikron melalui pengujian statis dan dinamis tepat pada waktunya. Penyusunan Laporan Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Proyek Akhir dan menunjang kelulusan program pendidikan pada jenjang Diploma 3 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Saya menyadari Laporan Proyek Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung, 15 Agustus 2022



Putu Gede Ryan Adrianta

DAFTAR ISI

Cover.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Persetujuan	iii
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	iv
Ucapan Terima Kasih	v
Abstrak.....	vi
<i>Abstract</i>	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.4.1 Tujuan umum	2
1.4.2 Tujuan khusus.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengertian Mesin Frais (<i>Milling</i>)	4
2.2 Jenis-Jenis Mesin Frais	4
2.3 Prinsip Kerja Pada Mesin Frais	8
2.4 Komponen Komponen Mesin Frais.....	8
2.5 Alat Alat Yang Digunakan Pada Mesin Frais	9

2.6	Parameter Pemotongan Mesin Frais	10
2.7	<i>Comisioning</i>	11
2.8	Kalibrasi Sumbu X, Y Dan Z.....	11
2.9	Pengujian Ketelitian Geometris Pada Mesin Frais	12
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Metode Penelitian.....	15
3.2	Teknik Pengumpulan Data.....	15
3.3	Alur Penelitian.....	15
3.4	Lokasi Dan Waktu Penelitian	16
3.5	Penentuan Sumber Data.....	17
3.6	Sumber Daya Penelitian.....	17
3.7	Prosedur Penelitian.....	18
3.8	Tabel Hasil Pengujian Statis Dan Dinamis.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian.....	20
4.1.1	Perencanaan alat.....	20
4.1.2	Perhitungan parameter mesin frais.....	20
4.1.3	Hasil pengamatan	21
4.1.4	Tabel hasil pengujian.....	24
4.1.5	Data hasil pengujian	29
4.2	Pembahasan	34
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan.....	36
5.2	Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....		38

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan pembuatan laporan proyek akhir	17
Tabel 3.2 Hasil pengujian statis	19
Tabel 3.3 Hasil pengujian dinamis	19
Tabel 4.1 Pengukuran kemiringan terhadap meja kerja	24
Tabel 4.2 Pengukuran kerataan meja kerja	25
Tabel 4.3 Pengukuran kedataran meja kerja	25
Tabel 4.4 Pengukuran kerataan meja kerja	26
Tabel 4.5 Pengukuran kecepatan putaran spindel	26
Tabel 4.6 Pengukuran kemiringan meja dengan benda kerja	27
Tabel 4.7 Pengukuran kerataan meja dengan benda kerja	27
Tabel 4.8 Pengukuran kedataran meja dengan benda kerja	28
Tabel 4.9 Pengukuran kerataan meja dengan benda kerja	28
Tabel 4.10 Pengukuran putaran kecepatan spindel dengan benda kerja.....	29
Tabel 4.11 Data hasil pengujian statis	34
Tabel 4.12 Data hasil pengujian dinamis.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin frais mikron <i>type</i> WF 3SA.....	7
Gambar 2.2 Komponen mesin frais.....	8
Gambar 2.3 <i>Waterpass</i>	13
Gambar 2.4 <i>Dial indicator</i>	13
Gambar 2.5 <i>Straight edge</i>	13
Gambar 2.6 <i>Block gauge</i>	14
Gambar 2.7 <i>Tachometer</i>	14
Gambar 3.1 Alur penelitian.....	16
Gambar 4.1 Pemeriksaan kemiringan terhadap meja.....	22
Gambar 4.2 Mengukur kerataan terhadap meja.....	22
Gambar 4.3 Mengukur kepresisian terhadap meja.....	23
Gambar 4.4 Mengukur kerataan terhadap meja.....	23
Gambar 4.5 Mengukur kecepatan putaran spindel.....	24
Gambar 4.6 Grafik kemiringan terhadap meja.....	29
Gambar 4.7 Grafik kerataan terhadap meja.....	30
Gambar 4.8 Grafik kedataran terhadap meja.....	30
Gambar 4.9 Grafik kerataan terhadap meja.....	31
Gambar 4.10 Grafik kecepatan terhadap meja.....	31
Gambar 4.11 Grafik kemiringan meja dengan benda kerja.....	32
Gambar 4.12 Grafik kerataan meja dengan benda kerja.....	32
Gambar 4.13 Grafik kedataran meja dengan benda kerja.....	33
Gambar 4.14 Grafik kerataan meja dengan benda kerja.....	33
Gambar 4.15 Grafik kecepatan putaran spindel dengan benda kerja.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Gambar pengamatan pengujian statis dan dinamis

Lampiran 2 : Lembar bimbingan



POLITEKNIK NEGERI BALI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi, Penggunaan mesin frais (*milling*) sangat dibutuhkan di dunia industry maupun di bidang Pendidikan. Mesin frais adalah mesin yang sangat akurat dan presisi serta harus digunakan dengan hati-hati. Membersihkan dan merawatnya dengan rutin akan membantu untuk memastikan bahwa mesin frais akan bertahan umur penggunaan dan akurasi selama bertahun tahun. Namun sering kali terjadinya kesalahan oprasional, baik kesalahan pada setting, serta kesalahan pada perawatan.

Hal tersebut dapat memberikan dampak buruk pada penurunan performa mesin. Maka resiko pada komponen mesin akan bertambah disebabkan mesin tersebut telah melewati batas umur teknis mesin. Melihat situasi di lab mekanik Politeknik Negeri Bali, mesin frais yang berada di lab Mekanik sering digunakan untuk praktek mahasiswa dan umurnya sudah mencapai puluhan tahun tentu mesin tersebut akan mengalami keausan pada bagian komponen sehingga menyebabkan terjadinya penyimpangan terhadap ketelitian yang telah ditentukan. Besarnya penyimpangan itu tidak boleh melewati batas yang diijinkan. Berdasarkan hal tersebut, untuk mengetahui penyimpangan mesin frais yang ada di lab mekanik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang menjadi objek dalam laporan proyek akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara pengujian statis dan dinamis ?
2. Bagaimana unjuk kerja pada mesin frais mikron *type* WF 3SA ?

1.3 Batasan Masalah

Di dalam penelitian ini membatasi masalah pada hal hal yang berkaitan dengan unjuk kerja pada mesin frais dipengaruhi oleh bermacam-macam faktor. Mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi hal tersebut, maka disini perlu

dibatasi permasalahan agar pembahasan lebih terfokus. Adapun batasan permasalahan tersebut adalah:

1. Hanya membahas bagaimana pengujian statis dan dinamis pada mesin frais mikron
2. Hanya membahas cara kerja pada mesin frais mikron *type* WF 3SA

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dikaji, maka saya selaku peneliti bertujuan untuk:

1.4.1 Tujuan umum

Dalam melakukan penelitian Analisa unjuk kerja mesin frais mikron melalui pengujian statis dan dinamis ini terdapat tujuan umum. Tujuan umum tersebut adalah:

- 1 Sebagai syarat untuk menyelesaikan proyek akhir pada Program Studi D3 Teknik Mesin.
- 2 Sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
- 3 Mengimplementasikan ilmu-ilmu pengetahuan yang telah didapat ketika menempuh pendidikan di program studi D3 teknik mesin.

1.4.2 Tujuan khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian Analisa unjuk kerja mesin frais mikron melalui pengujian statis dan dinamis antara lain:

1. Dapat mengetahui unjuk kerja pada mesin frais mikron
2. Dapat mengetahui cara pengujian statis dan dinamis pada mesin frais

1.5 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat dari penelitian unjuk kerja mesin frais melalui pengujian statis dan dinamis. Manfaat-manfaat tersebut antara lain:

1. Manfaat bagi mahasiswa

Dalam melakukan penelitian ini mahasiswa dapat mengembangkan pengetahuan yang telah di dapat ketika melakukan proses pembelajaran. Selain itu, mahasiswa dapat menambah wawasan mengenai analisa yang dibahas.

2. Manfaat bagi akademik (Politeknik Negeri Bali)

Bagi akademik dalam hal ini Politeknik Negeri Bali khususnya jurusan teknik mesin penelitian ini dapat menjadi refrensi bagi mahasiswa yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisa unjuk kerja mesin frais mikron melalui pengujian statis dan dinamis.

3. Manfaat bagi masyarakat

Bagi masyarakat penelitian Analisa unjuk kerja mesin frais mikron melalui pengujian statis dan dinamis ini merupakan solusi dari permasalahan yang selama ini dihadapi oleh masyarakat.



POLITEKNIK NEGERI BALI

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melaksanakan pengujian terhadap mesin frais dengan menggunakan alat ukur yang telah disiapkan. Berdasarkan dari hasil data pengujian yang diperoleh, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Cara dari pengujian statis yaitu dilakukan dengan cara mengukur kemiringan meja, kerataan meja, kedataran meja dan kecepatan putaran *spindle* dilakukan terhadap benda kerja, sedangkan pengujian dinamis dilakukan tanpa menggunakan benda kerja. Dari hasil pengujian statis dan dinamis menunjukkan penyimpangan mesin frais mikron *vertical type* WF 3SA yang berada di Lab Mekanik Teknik Mesin. Dinyatakan bahwa mesin frais tersebut masih layak digunakan untuk menghasilkan produk atau untuk kegiatan mahasiswa praktek dengan nilai penyimpangan di bawah rata rata 0,05 mm yaitu 0,02mm.
2. Unjuk kerja pada mesin frais mikron *vertical type* WF 3SA, dapat diketahui bahwa kinerja mesin frais mikron yang berada di Lab Mekanik Teknik Mesin tersebut masih layak untuk digunakan atau di oprasionalkan dalam proses manufaktur atau untuk menghasilkan produk yang berkwalitas.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini ada beberapa saran yang ingin disampaikan oleh penulis. Dengan tujuan untuk dapat dilaksanakan dalam penggunaan mesin frais mikron ini yaitu:

1. Setelah digunakan hendaknya dibersihkan secara menyeluruh pada bagian meja dengan kuas dari sisa – sisa hasil benda kerja yang digunakan.
2. Penggunaan cairan pendingin juga sangat penting agar sisa – sisa dari hasil pemotongan benda kerja tidak membahayakan operator atau mahasiswa yang menggunakan mesin frais tersebut.

3. Untuk proses kalibrasi hendaknya bisa dilakukan secara rutin minimal 5 bulan sekali untuk memeriksa dan menjaga kondisi mesin agar tetap mendapatkan hasil kerja yang baik.



POLITEKNIK NEGERI BALI

DAFTAR PUSTAKA

- Andre. 2003. Kalibrasi sumbu x, y, dan z. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.
- Ahrom. 2009. Jenis jenis mesin frais. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Unsrat.
- Bagiasna. 2000. Pengujian ketelitian geometrik mesin perkakas. Proyek Akhir. Teknik Produksi Mesin Institut Teknologi Bandung.
- Clamp. 2020. Alat ukur *straight edge* penyimpangan geometrik. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Unsrat.
- Candra. 2020. *Comisioning* mesin frais. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.
- Dedi. 2013. Pengembangan media pembelajaran teori kerja mesin frais. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Dharma. 2003. Alat ukur *waterpass* penyimpangan geometrik. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Unsrat.
- Ghozali. 2016. Analisis putaran *spindle*, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Hedyjo. 2022. Alat ukur *tachometer* penyimpangan geometrik. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Unsrat.
- Hermawan. 2014. Analisa unjuk kerja mesin *milling drilling*. Proyek Akhir. Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.
- Jaya. 2021. Prinsip kerja mesin frais mikron. Proyek Akhir. Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.
- Kurniawan. 2015. Mesin frais mikron *vertical*. Artikel. Teknik Produksi Mesin Institut Teknologi Bandung.
- Linkun. 2002. Spesifikasi bahan. Artikel. Teknik Produksi Institut Teknologi Bandung.
- Poeng. 2003. Laporan praktikum pengetesan mesin perkakas. Teknik Produksi Mesin Institut Teknologi Bandung.

- Purnomo. 2011. Alat ukur *dial indicator* penyimpangan geometrik. Artikel. Fakultas Teknik Unsrat.
- Purnomo. 2011. Pengujian kualitas geometrik mesin perkakas. Program PPM. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Reza. 2021. Komponen mesin frais mikron *vertical*. Artikel. Teknik Produksi Mesin Institut Teknologi Bandung.
- Rochim. 1985. Proses pemesinan laboratorium. Artikel. Teknik Produksi Mesin Institut Teknologi Bandung.
- Setya. 2019. Analisis kelayakan mesin frais dengan pengujian geometrik. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.
- Sukron. 2020. Proses kalibrasi meja mesin bor frais tipe ZX 7016, Proyek Akhir. Fakultas Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tegal.
- Surya. 2020. Alat ukur *block gauge* penyimpangan geometrik. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Unsrat.
- Tolosi. 2003. Analisis ketelitian geometrik mesin frais *horizontal* kunzman UF6N. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Unsrat.
- Yusum. 2017. Parameter pemotongan pada mesin frais. Artikel. Fakultas Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.