

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN DAN SUDU PADA
MESIN PENGADUK RAGI DAN KEDELAI UNTUK
PRODUKSI TEMPE OTOMATIS**

SKRIPSI

Bidang Proses Produksi

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh:

**Marcelinus Anggi Kurniawan
202031001**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA KARYA MALANG
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKIRPSI

PENGARUH VARIASI KECEPATAN DAN SUDU PADA MESIN PENGADUK RAGI DAN KEDELAI UNTUK PRODUKSI TEMPE OTOMATIS

Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Disusun Oleh:

Marcelinus Anggi Kurniawan
202031001



Telah disetujui pada tanggal 14 Juli 2025

Dosen Pembimbing I,

Harsa Dhani, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN. 0703117904

Dosen Pembimbing II,

Bernardus Cristanto Putra Mbulu, S.T., M.T.
NIDN. 0721088101



Dr. Sunik, S.T., M.T.
NIDN. 0714067401

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin,



Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si
NIDN. 0729059202

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH VARIASI KECEPATAN DAN SUDU PADA MESIN PENGADUK RAGI DAN KEDELAI UNTUK PRODUKSI TEMPE OTOMATIS

Bidang Proses Produksi

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi Fakultas Teknik Program Studi
Teknik Mesin Universitas Katolik Widya Karya Malang dan dinyatakan **lulus**
untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada:
10 Juli 2025

Disusun Oleh:

Marcelinus Anggi Kurniawan/202031001

Menyetujui,

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,


Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si
NIDN. 0723059202


Harsa Dhani, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN. 0703117904

Dosen Penguji Saksi,



Bernardus Cristanto Putra Mbulu, S.T., M.T.
NIDN. 07021088101


Dekan Fakultas Teknik,
Dr. Sunik, S.T., M.T.
NIDN. 0714067401

Mengetahui,


Ketua Program Studi Teknik Mesin,
Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si
NIDN. 0723059202

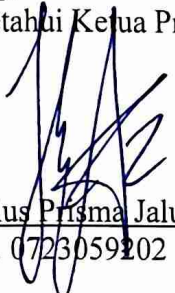
LEMBAR ASISTENSI

Nama : Marcelinus Anggi Kurniawan
NIM : 202031001
Universitas : Universitas Katolik Widya Karya Malang
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Kecepatan dan Sudu Pada Mesin Pengaduk Ragi dan Kedelai Untuk Produksi Tempe Otomatis

Dosen Pembimbing I: Harsa Dhani, S.T., M.T., Ph.D.
Jadwal Bimbingan,

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	7 Juli 2024	Pengajuan Judul	
2.	8 Juli 2024	Penyusunan Bab I, II, III	
3.	10 Juli 2024	Revisi Latar Belakang	
4.	12 Juli 2024	Revisi Rumusan Masalah	
5.	15 Juli 2024	Revisi Deskripsi Penelitian	
6.	21 Juli 2024	Revisi Sempro	
7.	5 Februari 2024	Pengolahan Data	
8.	3 Juli 2025	Revisi Perhitungan	
9.	5 Juli 2025	Revisi Seminar Hasil	
10.	7 Juli 2025	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	
11.	11 Juli 2025	Pengerjaan Lampiran	
12.	12 Juli 2025	Revisi Kompre	

Malang, 14 Juli 2025
Mengetahui Ketua Program Studi Teknik Mesin


Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si.
NIDN. 0723059202

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Marcelinus Anggi Kurniawan
NIM : 202031001
Universitas : Universitas Katolik Widya Karya Malang
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Kecepatan dan Sudu Pada Mesin Pengaduk Ragi dan Kedelai Untuk Produksi Tempe Otomatis

Dosen Pembimbing II: Bernardus Cristanto Putra Mbulu, S.T., M.T.
Jadwal Bimbingan,

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	7 Juli 2024	Pengajuan Judul	
2.	8 Juli 2024	Penyusunan Bab I, II, III	
3.	10 Juli 2024	Revisi Latar Belakang	
4.	12 Juli 2024	Revisi Rumusan Masalah	
5.	15 Juli 2024	Revisi Deskripsi Penelitian	
6.	21 Juli 2024	Revisi Sempro	
7.	5 Februari 2024	Pengolahan Data	
8.	3 Juli 2025	Revisi Perhitungan	
9.	5 Juli 2025	Revisi Seminar Hasil	
10.	7 Juli 2025	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	
11.	11 Juli 2025	Pengerjaan Lampiran	
12.	12 Juli 2025	Revisi Kompre	

Malang, 14 Juli 2025

Mengetahui Ketua Program Studi Teknik Mesin


Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si.
NIDN. 0723059202

LEMBAR PENYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya buat dengan judul “Pengaruh Variasi Kecepatan Dan Sudu Pada Mesin Pengaduk Ragi Dan Kedelai Untuk Produksi Tempe Otomatis.” merupakan karya asli saya dan bukan berasal dari karya plagiat.

Nama : Marcelinus Anggi Kurniawan

NIM : 202031001

Fakultas : Teknik

Jurusan : Mesin

Universitas : Universitas Katolik Widya Karya Malang

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila terdapat kesalahan, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan.

Malang, 14 Juli 2025



Marcelinus Anggi Kurniawan

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Marcelinus Anggi Kurniawan

NIM : 202031001

Jurusan : Teknik Mesin

Menyatakan memberikan dan menyetujui Hak Bebas *Royalty* Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya:

Judul : Pengaruh Variasi Kecepatan Dan Sudu Pada Mesin Pengaduk Ragi Dan Kedelai Untuk Produksi Tempe Otomatis

Kepada Perpustakaan Universitas Katolik Widya Karya Malang untuk meyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam pangkalan data, mendistribusikan, serta menampilkannya di internet (Repository UKWK, APTIK Digital Library, RAMA Repository, dll) atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan bersedia serta menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Katolik Widya Karya Malang, segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta/plagiarisme dalam karya ilmiah ini.

Malang, 14 Juli 2025



Marcelinus Anggi Kurniawan

PENGARUH VARIASI KECEPATAN DAN SUDU PADA MESIN PENGADUK RAGI DAN KEDELAI UNTUK PRODUKSI TEMPE OTOMATIS

Marcelinus Anggi Kurniawan, Harsa Dhani, B.C. Putra Mbulu
Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya,
Jl. Bondowoso No. 2 Malang, Juli 2025
E-mail : kurniawanmarcel87@gmail.com

RINGKASAN

UMKM sangat vital bagi ekonomi Indonesia dan tempe merupakan produk unggulan UMKM yang sangat diminati. Namun, keterbatasan metode tradisional dalam produksi tempe menghambat kapasitas dan kualitas. Oleh karena itu, inovasi berupa mesin pengaduk otomatis diperlukan untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan higienitas produksi tempe, yang pada akhirnya akan mendukung pertumbuhan UMKM dan perekonomian daerah. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas *screw feeder* diketahui bahwa nilai kapasitas maksimal dari *screw feeder* ragi pada kecepatan 10 rpm sebesar 2,82217 gr, pada 20 rpm sebesar 3,50581 gr, pada 30 rpm sebesar 3,68110 gr. Kapasitas maksimal dari *screw feeder* kedelai pada 10 rpm sebesar 133,4729 gr, pada 20 rpm 165,8049 gr, pada 30 rpm 174,0952 gr. Nilai kapasitas maksimal *screw feeder* dengan menggunakan nilai ρ eksperimental pada *screw feeder* ragi dalam 10 rpm sebesar 2,5731 gr, dalam 20 rpm sebesar 3,1965 gr, dalam 30 rpm sebesar 3,3564 gr. Kapasitas maksimal *screw feeder* kedelai dengan ρ eksperimental dalam 10 rpm sebesar 109,578 gr, dalam 20 rpm sebesar 136,123 gr, dalam 30 rpm sebesar 142,929 gr. Kapasitas maksimal *screw feeder* menggunakan ρ eksperimental memiliki hasil lebih kecil dibanding menggunakan ρ dari referensi karena hasil ρ eksperimental nilainya lebih kecil. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kedelai kering lebih optimal dalam produksi tempe karena mampu mendukung pertumbuhan ragi secara maksimal. Sebaliknya, penggunaan kedelai basah kurang dianjurkan karena suhu kedelai yang rendah menghambat pertumbuhan ragi. Selain itu, pencampuran ragi dan kedelai yang kurang merata juga dapat menimbulkan pertumbuhan jamur yang tidak konsisten dan adanya rongga pada tempe, sehingga kualitas produk menurun. Untuk menghasilkan tempe berkualitas tinggi dengan proses fermentasi yang optimal, diperlukan kontrol yang tepat pada kondisi kedelai (lebih baik kering), kecepatan putaran mesin pengaduk (sekitar 10 rpm), dan desain sudu pengaduk yang efektif. Hal ini mendukung efisiensi produksi sekaligus menjaga kualitas tempe agar tidak mudah busuk dan memiliki tekstur serta rasa yang baik.

Kata Kunci : Ragi, Kedelai, Sudu, Tempe, Variasi Kecepatan 10 rpm, 20 rpm, 30 rpm

THE EFFECT OF SPEED AND BLADE VARIATIONS ON THE YEAST AND SOYBEAN MIXING MACHINE FOR AUTOMATIC TEMPEH PRODUCTION

Marcelinus Anggi Kurniawan, Harsa Dhani, B.C. Putra Mbulu
Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya,
Jl. Bondowoso No. 2 Malang, Juli 2025
E-mail : kurniawanmarcel87@gmail.com

SUMMARY

Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) are crucial to Indonesia's economy, and tempeh is a flagship product of MSMEs that enjoys high demand. However, the limitations of traditional methods in tempeh production hinder both capacity and quality. Therefore, innovation in the form of an automatic stirring machine is necessary to enhance the efficiency, quality, and hygiene of tempeh production, which will ultimately support the growth of MSMEs and regional economic development. Based on the screw feeder capacity calculations, the maximum capacity values for the yeast screw feeder at speeds of 10 rpm, 20 rpm, and 30 rpm are 2.82217 grams, 3.50581 grams, and 3.68110 grams, respectively. The maximum capacity values for the soybean screw feeder at the same speeds are 133.4729 grams, 165.8049 grams, and 174.0952 grams, respectively. When using the experimental density (ρ) values, the maximum capacity of the yeast screw feeder at 10 rpm, 20 rpm, and 30 rpm are 2.5731 grams, 3.1965 grams, and 3.3564 grams, respectively. For the soybean screw feeder, the maximum capacities at these speeds are 109.578 grams, 136.123 grams, and 142.929 grams, respectively. The maximum capacities calculated using the experimental density values are lower than those calculated using reference density values because the experimental density values are smaller. Based on the test results, it can be concluded that the use of dry soybeans is more optimal for tempeh production as it supports maximal yeast growth. Conversely, the use of wet soybeans is less advisable because the lower temperature of the soybeans inhibits yeast growth. Additionally, inadequate mixing of yeast and soybeans can lead to inconsistent mold growth and the formation of cavities in the tempeh, thereby reducing product quality. To produce high-quality tempeh with an optimal fermentation process, precise control is required over the condition of the soybeans (preferably dry), the stirring machine's rotation speed (around 10 rpm), and the design of effective stirring paddles. These measures support production efficiency while maintaining tempeh quality, preventing spoilage, and ensuring desirable texture and flavor.

Keywords: Yeast, Soybean, Stirrer Blade, Tempeh, Speed Variation 10 rpm, 20 rpm, 30 rpm.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karunia –Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi tugas akhir pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Katolik Widya Karya Malang, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Frater Dr. Klemens Mere, S.E., M.Pd., M.M., M.H., M.A.P., M.Ak., M.P., BHK., selaku Rektor Universitas Katolik Widya Karya Malang.
2. Ibu Dr. Sunik, ST., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Karya Malang.
3. Bapak Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Dosen Pembimbing I, Universitas Katolik Widya Karya Malang.
4. Bapak Bernardus Cristanto Putra Mbulu, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I.
6. Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Karya Malang yang selalu memberi masukan dalam menyelesaikan skripsi.
7. Orang Tua yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyusun skripsi.
8. Mauritia Dian Adiningtyas, S.Pd yang selalu mendampingi penyusunan skripsi
9. Teman-teman yang selalu memberikan pendapat dalam proses pembuatan skripsi.

Penulis menyadari keterbatasan penulis dalam menyusun skripsi ini maka penulis mengharapkan saran dan kritik demi membangun skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberi dukungan dalam pembuatan skripsi ini.

Malang, Juli 2025

Marcelinus Anggi Kurniawan

DAFTAR ISI

LEMBAR HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKIRPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR ASISTENSI	iv
LEMBAR PENYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xviii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	xix
LEMBAR PERUNTUKAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Pencampuran	5
2.3 Tempe.....	6
2.4 Ragi	7
2.5 Jenis Ragi	8
2.6 <i>Hopper</i>	9

2.7 <i>Screw Conveyor</i>	10
2.8 Debit Aliran.....	14
2.9 Jenis Peralatan Pencampur Kering.....	14
2.10 <i>Pulley</i>	16
2.11 <i>Belt</i>	16
2.12 Poros.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Deskripsi Penelitian	18
3.2 Hipotesis.....	19
3.3 Metode Penelitian.....	20
3.4 Jenis Penelitian.....	20
3.5 Variabel Penelitian	20
3.5 Rancangan Penelitian	21
3.6 Lokasi Penelitian.....	22
3.7 Waktu Pelaksanaan	22
3.8 Alat dan Bahan.....	22
3.9 Desain Mesin.....	23
3.10 Proses CAD/CAM dan pembuatan	23
3.11 Skema Penelitian.....	24
3.12 Rencana pengambilan data.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Perakitan Mesin	26
4.2 Perhitungan Nilai Kapasitas <i>Screw Feeder</i> (C), Dan Debit Aliran.....	28
4.3 Perhitungan Kapasitas <i>Screw Feeder</i> Menggunakan Eksperimental.....	33
4.4 Hasil Pencampuran dan Pengujian Mesin Prototype	36
4.5 Data Hasil Pencampuran Variasi Kecepatan Komponen A, B, dan C.....	38
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Simpulan	85
5.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kedelai	7
Gambar 2.2 Ragi	8
Gambar 2.3 <i>Fresh Yeast</i>	8
Gambar 2.4 <i>Dry Yeast</i>	9
Gambar 2.5 <i>Active Dry Yeast</i>	9
Gambar 2.6 <i>Hooper</i>	10
Gambar 2.7 <i>Horizontal Screw Conveyor</i>	11
Gambar 2.8 <i>Inclined Screw Conveyor</i>	11
Gambar 2.9 <i>Shaftless Screw Conveyor</i>	12
Gambar 2.10 <i>Vertical Screw Conveyor</i>	12
Gambar 2.11 <i>Screw Feeder</i>	13
Gambar 2.12 <i>Twin-Shell Blender</i>	14
Gambar 2.13 <i>Ribbon Blender</i>	15
Gambar 2.14 <i>Double Cone Mixer</i>	15
Gambar 2.15 <i>Pulley</i>	16
Gambar 2.16 <i>Belt</i>	16
Gambar 2.17 Poros	17
Gambar 3.1 Sketsa Feeder	18
Gambar 3. 2 Diagram Alir	21
Gambar 3.3 Desain Mesin	23
Gambar 3.4 Skema Penelitian	24
Gambar 4.1 Screw Feeder Ragi	26
Gambar 4.2 Screw Feeder Kedelai	27
Gambar 4.3 Drum Pengaduk	27
Gambar 4.4 Hasil Keseluruhan Mesin	28
Gambar 4.5 Ilustrasi Ragi yang terbawa	31
Gambar 4.6 Grafik Q Ragi	32
Gambar 4.7 Grafik Q Kedelai	32
Gambar 4.8 Massa Ragi	33
Gambar 4.9 Massa Kedelai	34
Gambar 4.10 Sampel Yang Mendekati Sempurna kecepatan 10 rpm	83

Gambar 4.11 Sampel Yang Mendekati Sempurna Kecepatan 30 rpm.....	84
--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data yang diperlukan untuk perhitungan.....	28
Tabel 4.2 Tabel Hasil Perhitungan C Pada <i>Feeder</i> Ragi.	30
Tabel 4.4 Data Waktu dan Jumlah Ragi Saat Ragi dan Kedelai Diproses Bersamaan	37
Tabel 4.5 Data Hasil Pencampuran 9 Sampel Menggunakan Variasi Sudu	39
Tabel 4.6 Data hasil pencampuran 9 sampel dengan variasi percepatan motor B = 10 rpm serta variasi ragi 0,482 gr ; 1,001 gr dan ; 1.103 gr.....	47
Tabel 4.7 Data hasil pencampuran 9 sampel dengan variasi percepatan motor B = 20 rpm serta variasi ragi 0,482 gr ; 1,001 gr dan ; 1.103 gr.....	54
Tabel 4. 8 Data hasil pencampuran 9 sampel dengan variasi percepatan motor B = 30 rpm serta variasi ragi 0,482 gr ; 1,001 gr dan ; 1.103 gr.....	60
Tabel 4.9 Data hasil pencampuran 9 sampel dengan variasi percepatan motor C = 20 rpm serta variasi ragi 0,482 gr ; 1,001 gr dan ; 1.103 gr.....	66
Tabel 4.10 Data hasil pencampuran 9 sampel dengan variasi percepatan motor C = 30 rpm serta variasi ragi 0,482 gr ; 1,001 gr dan ; 1.103 gr.....	72
Tabel 4.11 Hasil pencampuran manual dengan variasi ragi, 0.1 gr ; 0.3 gr ; 0.4 gr..	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Pembuatan Sampel	89
Lampiran 2. Foto Mesin	91
Lampiran 3. Surat Keterangan Plagiasi	92

DAFTAR SIMBOL

C	= Kapasitas <i>Screw Feeder</i>
ρ	= Massa Jenis
Q	= Debit Aliran
$SB_{1.1.1}$	= Sampel Percepatan B 10 Rpm, Variasi Ragi 10 Rpm(0,482 Gram), Sampel Pertama
$SB_{2.2.1}$	= Sampel Percepatan B 20 Rpm, Variasi Ragi 20 Rpm(1,001 Gram), Sampel Pertama
$SB_{3.3.1}$	= Sampel Percepatan B 30 Rpm, Variasi Ragi 10 Rpm(1,103 Gram), Sampel Pertama
$SC_{2.1.1}$	= Sampel Percepatan C 20 Rpm, Variasi Ragi 10 Rpm(0,482 Gram), Sampel Pertama
$SC_{3.1.1}$	= Sampel Percepatan C 30 Rpm, Variasi Ragi 10 Rpm(0,482 Gram), Sampel Pertama
A	= <i>Screw Feeder</i> Ragi
B	= <i>Screw Feeder</i> Kedelai
C	= Drum Pengaduk
n	= Kecepatan Putar
K	= Koefisien <i>Loading Factor</i>
D	= Diameter Luar
d	= Diameter Dalam
P	= <i>Pitch Screw</i>
$\rho_{\text{eksperimen}}$	= massa jenis ragi yang dihitung secara eksperimental

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat dan berkat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi sebagai syarat kelulusan dengan baik sampai selesai.

Proses pengerjaan skripsi ini bukanlah hal yang mudah. Banyak tantangan, kesedihan, kegelisahan, dan keraguan yang saya rasakan selama proses pengerjaan skripsi ini. Namun atas doa dan semangat semua pihak saya mampu bertahan menyelesaikan penelitian ini. Oleh karena itu saya ingin menyampaikan rasa terimakasih saya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang selalu memberi semangat dan membimbing saya dari awal perkuliahan sampai akhir.
2. Bapak Harsa Dhani dan bapak Bernardus Cristanto Putra Mbulu selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 saya karena telah membimbing serta memberi masukan kepada saya selama proses penelitian.
3. Bapak Antonius Prisma Jalu Permana selaku dosen pembimbing akademik saya.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin, Universitas Katolik Widya Karya Malang yang telah memberikan ilmu yang berharga pada saya.
5. Teman-teman prodi Teknik Mesin yang selalu memberi semangat pada saya.
6. Mauritia Dian Adiningtyas yang selalu menemani saya dan membantu saya dalam proses penyusunan skripsi.
7. Teman-teman Sinabung 12 yang selalu memberikan semangat pada saya.

Dengan segala kerendahan hati saya mengucapkan terimakasih dan semoga berkat Tuhan selalu menyertai.

Malang,....

LEMBAR PERUNTUKAN

“Per aspera ad astra”

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua yang saya sayangi yang selalu mendukung dan memberikan semangat selama proses perkuliahan dari awal sampai saat ini.
3. Seluruh keluarga saya yang selalu memberikan semangat selama proses perkuliahan.
4. Teman-teman Teknik Mesin yang selalu menguatkan dan memotivasi saya.
5. Teman-teman kos Sinabung Jaya yang selalu memotivasi saya.
6. Mauritia Dian Adiningtyas yang selalu memberikan semangat dan mendampingi saya selama proses perkuliahan.