

**PENGARUH VARIASI LARUTAN NACL DAN KOH TERHADAP
PRODUKTIVITAS HIDROGEN DAN KOROSIFITAS PADA WET
HHO GENERATOR MENGGUNAKAN ELEKTRODA SS316L**

SKRIPSI

Bidang Konversi Energi

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



Disusun Oleh:

**Akmal Tri BasunJaya
202031005**

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

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH VARIASI LARUTAN NACL DAN KOH TERHADAP PRODUKTIVITAS HIDROGEN DAN KOROSIFITAS PADA *WET* HHO GENERATOR MENGUNAKAN ELEKTRODA SS316L

Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Disusun Oleh:

Akmal Tri BasunJaya
202031005



Telah disetujui pada tanggal...15 Juli 2025...

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,

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

Dosen Pembimbing II,

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

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Sholahudin M. I.
NIDN. 0713067401

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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH VARIASI LARUTAN NACL DAN KOH TERHADAP PRODUKTIVITAS HIDROGEN DAN KOROSIFITAS PADA *WET* HHO GENERATOR MENGUNAKAN ELEKTRODA SS316L

Bidang Konversi Energi

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:

Akmal Tri BasunJaya / 202031005

Menyetujui:

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,


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


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

Dosen Penguji Saksi


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

Dekan Fakultas Teknik,


Dr. Spink, S.T., M.T.
NIDN. 0714064401

Mengetujui


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

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Akmal Tri BasunJaya
 NIM : 202031005
 Universitas : Universitas Katolik Widya Karya Malang
 Fakultas : Teknik
 Program Studi : Teknik Mesin
 Judul Skripsi : Pengaruh variasi larutan NaCl dan KOH terhadap produktivitas hidrogen dan korosifitas pada *wet hho generator* menggunakan elektroda SS316L

Dosen Pembimbing I : Bernardus Crisanto Putra Mbulu, S.T., M.T.
 Jadwal Bimbingan,

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	3 Maret 2025	Pengajuan Judul Skripsi	
2.	11 Maret 2025	Pengerjaan Bab I, II, dan III	
3.	29 April 2025	Revisi Bab I : Latar Belakang	
4.	13 April 2025	Revisi Bab II : Tinjauan Pustaka	
5.	22 Mei 2025	Konsultasi Stokiometri	
6.	29 Mei 2025	Revisi Bab III : Deskripsi Penelitian	
7.	18 Juni 2025	Revisi Sempro Bab I, II, III	
8.	20 Juni 2025	Pengolahan Data Penelitian	
9.	23 Juni 2025	Pengerjaan Bab IV : Pembahasan	
10.	24 Juni 2025	Pengerjaan Bab V : Penutup	
11.	5 Juli 2025	Konsultasi Revisi Semhas	
12.	6 Juli 2025	Revisi Semhas	
13.	9 Juli 2025	Revisi Kompre	
14.	12 Juli 2025	ACC Kompre	

Malang, 14 Juli 2025

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

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Akmal Tri BasunJaya
 NIM : 202031005
 Universitas : Universitas Katolik Widya Karya Malang
 Fakultas : Teknik
 Program Studi : Teknik Mesin
 Judul Skripsi : Pengaruh variasi larutan NaCl dan KOH terhadap produktivitas hidrogen dan korosifitas pada *wet hho generator* menggunakan elektroda SS316L

Dosen Pembimbing II : Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si.
 Jadwal Bimbingan,

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	3 Maret 2025	Pengajuan Judul Skripsi	JP
2.	11 Maret 2025	Pengerjaan Bab I, II, dan III	JP JP
3.	29 April 2025	Revisi Bab I : Latar Belakang	JP JP
4.	13 April 2025	Revisi Bab II : Tinjauan Pustaka	JP JP
5.	22 Mei 2025	Konsultasi Stokiometri	JP JP
6.	29 Mei 2025	Revisi Bab III : Deskripsi Penelitian	JP JP
7.	18 Juni 2025	Revisi Sempro Bab I, II, III	JP JP
8.	20 Juni 2025	Pengolahan Data Penelitian	JP JP
9.	23 Juni 2025	Pengerjaan Bab IV : Pembahasan	JP JP
10.	24 Juni 2025	Pengerjaan Bab V : Penutup	JP JP
11.	5 Juli 2025	Konsultasi Revisi Semhas	JP JP
12.	6 Juli 2025	Revisi Semhas	JP JP
13.	9 Juli 2025	Revisi Kompre	JP JP
14.	12 Juli 2025	ACC Kompre	JP JP

Malang, 14 Juli 2025

Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Mesin



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

NIDN. 0723059202

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini yang berjudul "Pengaruh Variasi Larutan NaCl Dan KOH Terhadap Produktivitas Hidrogen Dan Korosifitas Pada *Wet HHO Generator* Menggunakan Elektroda SS316L" merupakan karya tulis asli.

Nama : Akmal Tri BasunJaya

NIM : 202031005

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Mesin

Universitas : Universitas Katolik Widya Karya Malang

Dan bukan karya plagiat baik secara sebagian maupun seluruhnya.

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

Malang, 15 Juli 2025



Akmal Tri BasunJaya

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Akmal Tri Basunjaya

NIM : 202031005

Jurusan : Teknik Mesin

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

Judul : Pengaruh Variasi Larutan NaCl Dan KOH Terhadap Produktivitas
Hidrogen Dan Korosifitas Pada *Wet HHO Generator*
Menggunakan Elektroda SS316L

Kepada Perpustakaan Universitas Katolik Widya Karya Malang untuk menyimpan, 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, 15 Juli 2025



Akmal Tri Basunjaya

PENGARUH VARIASI LARUTAN NaCl DAN KOH TERHADAP PRODUKTIVITAS HIDROGEN DAN KOROSIFITAS PADA WET HHO GENERATOR MENGUNAKAN ELEKTRODA SS316L

Akmal Tri BasunJaya, B. C. Putra Mbulu, Antonius Prisma Jalu Permana

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya,

Jl. Bondowoso No. 2 Malang, Juli 2025

Email: kingkemaltb35@gmail.com

RINGKASAN

Meningkatnya kebutuhan energi akibat pertumbuhan populasi dan industri mendorong pencarian sumber energi alternatif yang bersih dan terbarukan. Salah satu solusi yang dikembangkan adalah energi berbasis hidrogen melalui proses elektrolisis air yang menghasilkan gas HHO (campuran hidrogen dan oksigen). Efisiensi elektrolisis sangat dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan, seperti NaCl dan KOH, serta material elektroda, dalam hal ini baja tahan karat SS316L. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan massa larutan elektrolit dapat meningkatkan produksi hidrogen. NaCl dengan massa 153 gram menghasilkan 1.509 ppm hidrogen pada variabel tinggi, sedangkan KOH dengan massa 147 gram menghasilkan hingga 2.320 ppm. Namun, larutan KOH juga menyebabkan korosi yang lebih tinggi, yaitu 0,117 gram pada variabel tinggi, dibandingkan dengan NaCl yang hanya 0,038 gram. Ion Cl^- dan OH^- yang terkandung dalam kedua larutan bersifat agresif dan dapat mempercepat kerusakan pada permukaan elektroda. Selain itu, letak elektroda juga memengaruhi produktivitas hidrogen, di mana posisi elektroda yang lebih dekat dengan sumber listrik meningkatkan efisiensi reaksi. Oleh karena itu, pemilihan jenis larutan dan pengaturan sistem elektrolisis sangat penting dalam pengembangan teknologi produksi hidrogen.

Kata Kunci: Elektrolisis, Elektrolisis Air, Variasi Tinggi dan Rendah Letak Elektroda, Larutan Elektrolit NaCl dan KOH, *Stainless Steel* 316L.

THE EFFECT OF NaCl AND KOH SOLUTION VARIATIONS ON HYDROGEN PRODUCTIVITY AND CORROSIVITY IN WET HHO GENERATOR USING SS316L ELECTRODE

Akmal Tri BasunJaya, B. C. Putra Mbulu, Antonius Prisma Jalu Permana

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya,

Jl. Bondowoso No. 2 Malang, Juli 2025

Email: kingkemaltb35@gmail.com

SUMMARY

The increasing energy demand due to population growth and industrial development has driven the search for clean and renewable alternative energy sources. One promising solution is hydrogen-based energy through water electrolysis, which produces HHO gas (a mixture of hydrogen and oxygen). The efficiency of the electrolysis process is significantly influenced by the type and concentration of the electrolyte solution used, such as NaCl and KOH, as well as the electrode material here, stainless steel SS316L. This study shows that increasing the mass of the electrolyte solution enhances hydrogen production. NaCl with a mass of 153 grams produced 1,509 ppm of hydrogen at the high-variable setting, while KOH with a mass of 147 grams produced up to 2,320 ppm. However, KOH also caused higher corrosion levels, reaching 0.117 grams in the high-variable setup, compared to NaCl at 0.038 grams. The Cl^- and OH^- ions in the electrolyte are highly reactive and contribute to electrode surface degradation. Furthermore, the electrode position affects hydrogen productivity, where closer proximity to the power source improves reaction efficiency. Therefore, the selection of electrolyte type and the optimization of the electrolysis system configuration are crucial in the development of efficient hydrogen production technology.

Keywords: *Electrolysis, Water Electrolysis, Electrode Position Variations (High and Low), NaCl and KOH Electrolyte Solutions, Stainless Steel 316L*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik. Penulisan Skripsi ini dilakukan untuk memenuhi tugas akhir pada Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Katolik Widya Karya Malang. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih 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, S.T., 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 sekaligus Dosen Pembimbing II dan Penguji Saksi, Universitas Katolik Widya Karya Malang.
4. Bapak Bernardus Crisanto Putra Mbulu, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji II, Universitas Katolik Widya Karya Malang.
5. Bapak Harsa Dhani, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji I Universitas Katolik Widya Karya Malang.
6. Dosen-dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Katolik Widya Karya Malang yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Orang Tua dan Keluarga yang memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam pelaksanaan dan pembuatan Skripsi ini.
8. Seluruh rekan yang telah memberi dukungan penulis dalam proses penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata penulis berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah berperan dalam membantu penulis dalam penyusunan Skripsi ini dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh kalangan.

Malang, 15 Juli 2025



Akmal Tri BasunJaya

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR ASISTENSI	iv
LEMBAR ASISTENSI	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xviii
LEMBAR PERUNTUKAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penyusunan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Elektrolisis	4
2.3 Elektrolisis H ₂ O	5
2.4 Elektrolit	6
2.4.1 Air	6
2.4.2 <i>Natrium Clorida</i> (NaCl)	7
2.4.3 <i>Kalium Hidroksida</i> (KOH)	7

2.5 Hidrogen.....	7
2.6 Massa Molar	8
2.7 Reaksi Stoikiometri Pada Proses Elektrolisis.....	8
2.7.1 <i>Aquadest</i> /Air.....	9
2.7.2 Larutan NaCl	9
2.7.3 Larutan KOH.....	10
2.8 Elektroda.....	11
2.9 <i>Stainless Steel</i>	11
2.9.1 <i>Stainless Steel</i> 316L.....	11
2.9.2 Austenitic <i>Stainless Steel</i>	13
2.10 Korosi	13
2.10.1 Metode <i>Weight Loss</i>	13
2.11 Teknologi <i>Oxyhydrogen</i>	14
2.12 Mikrokontroler Arduino Uno	15
2.13 Sensor MQ-8 dan Kalibrasi Sensor	17
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Deskripsi Penelitian.....	19
3.2 Hipotesis.....	20
3.3 Metode Penelitian Kuantitatif.....	20
3.4 Rancangan Penelitian	20
3.5 Jenis Penelitian	21
3.6 Objek Penelitian	21
3.7 Variabel Penelitian	22
3.8 Lokasi Penelitian	22
3.9 Rancangan Rangkaian Alat	23
3.10 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.11 Proses Pengambilan Data	30
3.12 Rencana Pengambilan Data.....	31
BAB IV PEMBAHASAN.....	36
4.1 Kalibrasi Sensor MQ-8.....	36
4.2 Perhitungan Jumlah Zat Pereaksi NaCl dan KOH	37
4.3 Pengolahan Data dan Pembahasan	39

4.3.1 Korosi	40
4.3.2 Endapan	46
4.3.3 Hidrogen Aquadest, NaCl, dan KOH.....	49
4.3.4 Kelebihan dan Kekurangan Larutan.....	53
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Simpulan.....	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Elektrolisis Air.....	6
Gambar 2.2 Proses Elektrolis.....	6
Gambar 2.3 <i>Wet Cell</i>	14
Gambar 2.4 <i>Dry Cell</i>	15
Gambar 2.5 Papan Mikrokontroler Arduino Uno.....	15
Gambar 2.6 Sintaks Arduino.....	16
Gambar 2.7 Sensor MQ-8.....	18
Gambar 3.1 Proses Elektrolisis Air.....	20
Gambar 3.2 Diagram Alir.....	21
Gambar 3.3 Variabel Tinggi dan Rendah Letak Elektroda.....	22
Gambar 3.4 Rancangan Alat.....	23
Gambar 3.5 <i>Housing Filter Air</i>	24
Gambar 3.6 Elektroda.....	25
Gambar 3.7 Desain Plat Elektroda.....	25
Gambar 3.8 <i>Rubber Gasket</i>	26
Gambar 3.9 <i>Studbolt</i> , Mur, dan <i>Ring</i>	26
Gambar 3.10 Selang.....	27
Gambar 3.11 <i>Stop Kran</i>	27
Gambar 3.12 Arduino Uno.....	28
Gambar 3.13 Sensor MQ-8.....	28
Gambar 3.14 Kotak Lion Star.....	28
Gambar 3.15 Kabel <i>Male To Female Jumper</i>	29
Gambar 3.16 <i>Power Supply</i>	29
Gambar 3.17 <i>Aquadest</i>	30
Gambar 3.18 <i>Natrium Clorida</i>	30
Gambar 3.19 <i>Kalium Hidroksida</i>	30
Gambar 3.20 Rencana Grafik Hidrogen Variabel Tinggi.....	32
Gambar 3.21 Rencana Grafik Hidrogen Variabel Rendah.....	33
Gambar 3.22 Rencana Grafik Korosi Variabel Tinggi.....	34
Gambar 3.23 Rencana Grafik Korosi Variabel Rendah.....	34

Gambar 3.24 Rencana Grafik Endapan Variabel Tinggi.....	35
Gambar 3.25 Rencana Grafik Endapan Variabel Rendah.....	35
Gambar 4.1 Kalibrasi Sensor Hidrogen MQ-8.....	37
Gambar 4.2 Grafik Korosi Plat Variasi Tinggi Letak Elektroda.....	42
Gambar 4.3 Grafik Korosi Plat Variasi Rendah Letak Elektroda.....	42
Gambar 4.4 Korosi Elektroda SS316L.....	46
Gambar 4.5 Grafik Endapan Plat Variasi Tinggi Letak Elektroda.....	48
Gambar 4.6 Grafik Endapan Plat Variasi Rendah Letak Elektroda.....	48
Gambar 4.7 Endapan Larutan NaCl dan KOH.....	49
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan <i>Aquadest</i> vs NaCl vs KOH Variasi Tinggi...	51
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan <i>Aquadest</i> vs NaCl vs KOH Variasi Rendah...	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Komposisi Kimia SS316L.....	12
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Baja SS316L.....	12
Tabel 2.3 Sifat Fisika SS316L.....	13
Tabel 3.1 Rencana Pengambilan Data Hidrogen Variabel Tinggi.....	32
Tabel 3.2 Rencana Pengambilan Data Hidrogen Variabel Rendah.....	32
Tabel 3.3 Rencana Pengambilan Data Korosi Variabel Tinggi.....	33
Tabel 3.4 Rencana Pengambilan Data Korosi Variabel Rendah.....	33
Tabel 3.5 Rencana Pengambilan Data Endapan Variabel Tinggi.....	34
Tabel 3.6 Rencana Pengambilan Data Endapan Variabel Rendah.....	34
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Hitungan Teoritis Dan Hasil Sensor MQ-8.....	37
Tabel 4.2 Massa Molar NaCl.....	39
Tabel 4.3 Massa Molar KOH.....	39
Tabel 4.4 Hasil Korosi Variabel Tinggi Letak Elektroda.....	41
Tabel 4.5 Hasil Korosi Variabel Rendah Letak Elektroda.....	41
Tabel 4.6 Hasil Kecepatan Korosi Elektroda Tinggi.....	44
Tabel 4.7 Hasil Kecepatan Korosi Elektroda Rendah.....	44
Tabel 4.8 Hasil Endapan Variabel Tinggi Letak Elektroda.....	47
Tabel 4.9 Hasil Endapan Variabel Rendah Letak Elektroda.....	47
Tabel 4.10 Hasil Produksi Hidrogen Variabel Tinggi Letak Elektroda.....	50
Tabel 4.11 Hasil Produksi Hidrogen Variabel Rendah Letak Elektroda.....	50
Tabel 4.12 Kelebihan Dan Kekurangan Larutan.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Korosi Plat Elektroda.....	60
Lampiran 2 Produksi Hidrogen Aquadest Tinggi.....	66
Lampiran 3 Produksi Hidrogen Aquadest Rendah.....	111
Lampiran 4 Produksi Hidrogen 53 Gram NaCl Tinggi.....	156
Lampiran 5 Produksi Hidrogen 53 Gram NaCl Rendah.....	201
Lampiran 6 Produksi Hidrogen 102 Gram NaCl Tinggi.....	246
Lampiran 7 Produksi Hidrogen 102 Gram NaCl Rendah.....	291
Lampiran 8 Produksi Hidrogen 153 Gram NaCl Tinggi.....	336
Lampiran 9 Produksi Hidrogen 153 Gram NaCl Rendah.....	381
Lampiran 10 Produksi Hidrogen 49 Gram KOH Tinggi.....	426
Lampiran 11 Produksi Hidrogen 49 Gram KOH Rendah.....	471
Lampiran 12 Produksi Hidrogen 98 Gram KOH Tinggi.....	516
Lampiran 13 Produksi Hidrogen 98 Gram KOH Rendah.....	561
Lampiran 14 Produksi Hidrogen 147 Gram KOH Tinggi.....	606
Lampiran 15 Produksi Hidrogen 147 Gram KOH Rendah.....	651
Lampiran 16 Surat Keterangan Bebas Plagiasi.....	696

LEMBAR PERUNTUKAN

“In the darkest times, I found my light.”

(XXX Tentacion)

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Kepada orang tuaku yang aku cintai dan sayangi, mamaku yang selalu sabar serta memberikan dukungan yang tiada henti dan selalu mengingatkan akan perkuliahanku dari awal masuk kuliah hingga terselesaikannya skripsi ini serta dukungan materi dan moril.
3. Kepada keluargaku Novi, Harris, Indri, Linda, Vanni, dan Cheryl yang selalu mendukung dan memberi semangat dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.
4. Kepada Pak Bernard, Pak Prisma, dan Pak Dhani serta Dosen Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, dan selalu sabar menghadapi tingkah lakuku dan mengarahkanku sehingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Kepada teman-teman, Yoga, Dion, Bella, Willy, Rein, Tito, Aura, Ratih, Gallo, Magda, Marcel, Angger dan teman-teman Jurusan Teknik Mesin yang selalu membantuku dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Kepada Manchester United selaku klub sepak bola favorite penulis. Terimakasih telah mengajarkan penulis tentang apa arti kesabaran dalam mencapai suatu tujuan, dan mengajarkan penulis untuk lebih menghargai sebuah proses. Dengan menonton Manchester United memberikan motivasi yang cukup kepada penulis untuk terus maju, berusaha, dan menerima arti kegagalan serta kehilangan sebagai proses penempaan menghadapi dinamika hidup. Terimakasih telah menemani penulis selama penulisan skripsi ini berlangsung.
7. *Last but not least, i wanna thank me. I wanna thank me believing in me, i wanna thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me. I wanna thank me for never quitting.*