

**TUGAS AKHIR**  
**PERANCANGAN *INJECTION MOLD* PADA PRODUK *FLEXYBLE CUP***  
***SEEDLING* DENGAN SISTEM *THREE MOLD PLATE* PADA VARIASI**  
***LAYOUT COOLING***

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



**Disusun oleh :**  
**Muhamad Aldino Syahputra**  
**20150130003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**2019**

## PERNYATAAN

Saya yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhamad Aldino Syahputra.

NIM : 20150130003.

Menyatakan dengan bahwa Tugas Akhir atau Skripsi yang berjudul:  
Perancangan *Injection Mold* Pada Produk *Flexyble Cup Seedling* Dengan Sistem  
*Three Mold Plate* Pada Variasi *Layout Cooling* adalah hasil karya saya sendiri,  
kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi  
manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keansahan dan  
kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan  
paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata  
dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, 25 Juli 2019



Muhamad Aldino Syahputra

NIM. 20150130003

**MOTTO**

*“ Nikmati Hidup Seperti Menikmati Kopi “*

*“Hidup Kita Yang Menjalani*

*Tetapi*

*Allah Yang Mengatur “*

*( Dino )*

*“ Jadikan Dirimu Setegar Batu Karang Yang  
Dihempas Ombak Lautan Lepas “*

*( Bapak )*

*“ Bagaimanapun Keadaannya Tetap Ingat Allah  
Nak...*

*Karna Semua Ada Ditangan Allah*

*(Eling Lan Waspodo) “*

*( Ibu )*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ PERANCANGAN *INJECTION MOLD* PADA PRODUK *FLEXYBLE CUP SEEDLING* DENGAN SISTEM *THREE MOLD PLATE* PADA VARIASI *LAYOUT COOLING* ”. Pada skripsi tersebut akan menjelaskan proses perancangan sebuah cetakan dengan menggunakan software *Autodesk Inventor 2015* yang memerlukan *layout cooling* pada produk *Flexyble Cup Seedling*. Adapun proses perancangan cetakan injeksi ini meliputi identifikasi serta analisa produk, simulasi pada sistem pendingin, kemudian mendesain cetakan, dan membuat gambar 2D untuk memberi informasi detail pada cetakan. Perancangan cetakan injeksi dengan sistem *two mold plate* ini akan dilakukan perhitungan pada *layout cooling* agar efisiensi pendinginan dapat tercapai dan dapat mempercepat waktu produksi.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa dan masyarakat. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna sehingga penulis membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan memperbaiki skripsi ini dari penulisan dan pokok bahasan, agar menjadi lebih baik dan bermanfaat untuk masyarakat luas.

Yogyakarta, 25 September 2019

Muhamad Aldino Syahputra

NIM : 20150130003

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>MOTTO HIDUP</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>INTISARI</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Perancangan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	4
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 Material Nonkristal dan Semikristal.....	7
2.2.2 <i>Polyethylene</i> (PE) .....	10
2.2.3 <i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE).....	11
2.2.4 <i>Injection Molding</i> .....	12
2.2.5 <i>Design Mold</i> .....	14
2.2.5.1 Produk.....	14
2.2.5.2 Penyusutan ( <i>Shrinkage</i> ).....	17
2.2.5.3 <i>Parting Line</i> .....	17
2.2.5.4 <i>Gate</i> .....	17
2.2.5.5 <i>Ejector System</i> .....	21

2.2.5.6 <i>Runner System</i> .....	25
2.2.5.7 <i>Cold Runner</i> .....	27
2.2.5.8 <i>Cooling Mold</i> .....	27
2.2.5.9 <i>Runner Balance</i> .....	31
2.2.5.10 Kontruksi Sistem Cetakan <i>Three Mold Plate</i> .....	32
2.2.5.11 Perbedaan Sistem Cetakan .....	34
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	38
3.1 Bahan Perancangan .....	38
3.2 Alat Perancangan .....	38
3.3 Prosedur Perancangan .....	39
3.4 Mengidentifikasi <i>Type Mold</i> .....	42
3.5 Melakukan Perhitungan Untuk Analisa Produk.....	42
3.6 Penentuan Material Cetakan .....	42
3.7 Melakukan Perhitungan Kontruksi .....	42
3.8 Gambar Rakitan, Detail Dan Proses Kontruksi <i>Three Mold Plate</i> .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	44
4.1 Mengidentifikasi Produk.....	44
4.1.1 Bahan .....	44
4.1.2 <i>Parting Line</i> .....	45
4.1.3 <i>Ejector Mark</i> .....	45
4.2 Gambar Desain Produk .....	45
4.3 Input Data Hasil Kedalam Moldflow.....	46
4.3.1 Pemilihan Material Produk .....	46
4.3.2 Lokasi <i>Gate</i> .....	47
4.3.3 Input Data <i>Runner Balance</i> .....	48
4.3.4 Input Data <i>Cooling System</i> .....	52
4.4 Hasil Simulasi <i>Fill Time Cold Runner</i> Tanpa <i>Runner Balance</i> .....	53
4.5 Hasil Simulasi <i>Fill Time Cold Runner</i> Dengan <i>Runner Balance</i> .....	53
4.6 Hasil Desain <i>Layout Cooling System</i> .....	54
1. <i>Time To Freeze Part</i> .....	55

2. <i>Circuit Metal Temperature</i> .....	57
3. <i>Circuit Heat Removal Efficiency</i> .....	59
4. <i>Time To Freeze Cold Runner</i> .....	62
5. <i>Defflection All Effect</i> .....	63
4.7 Perhitungan Perancangan Cetakan .....	67
A. Perhitungan Diameter Minimal <i>Gate</i> .....	67
B. Perhitungan Diameter Minimal <i>Runner</i> .....	69
C. Perhitungan <i>Runner Balance</i> .....	71
D. Perhitungan <i>Clamping Force</i> .....	76
E. Perhitungan <i>Pin Ejector</i> .....	78
D. Perhitungan <i>Support Plate</i> .....	82
4.8 Hasil Perancangan Cetakan dari Analisa <i>Moldflow</i> .....	84
4.8.1 Menentukan <i>Moldbase</i> .....	85
4.8.2 Perancangan Produk <i>Flexyble Cup Seedling</i> dan <i>Runner</i> .....	85
4.8.3 Perancangan <i>Insert Core</i> .....	85
4.8.4 Perancangan <i>Core Plate</i> .....	86
4.8.5 Perancangan <i>Cavity Plate</i> .....	87
4.8.6 Perancangan <i>Runner Plate</i> .....	88
4.8.7 Perancangan <i>Top Clamping Plate</i> .....	89
4.8.8 Perancangan <i>Support Plate</i> .....	90
4.8.9 Perancangan <i>Distance Block</i> .....	91
4.8.10 Perancangan <i>Bottom Clamping Plate</i> .....	92
4.8.11 Perancangan <i>Ejector Back Plate</i> .....	93
4.8.12 Perancangan <i>Ejector Plate</i> .....	94
4.8.13 Penjelasan Desain <i>Part Mold Injection System Three Mold Plate</i> .....	95
1. <i>Locating Ring</i> .....	95
2. <i>Runner Lock Pin</i> .....	95
3. <i>Stop Bolt</i> .....	96
4. <i>Puller Bolt</i> .....	96
5. <i>Capscrew Tension Link</i> .....	97
6. <i>Tension Link</i> .....	97

7. <i>Cooling Plug</i> .....	97
8. <i>Leader Pin</i> .....	98
9. <i>Ejector Pin</i> .....	98
10. <i>Pin Guide</i> .....	99
11. <i>Return Pin</i> .....	99
4.8.14 Kontruksi <i>Mold</i> Setelah <i>Assembly</i> .....	99
4.9 Hasil Analisa Perhitungan Simulasi .....	100
4.9.1 <i>Clamping Force</i> .....	100
4.9.2 Beban <i>Pin Ejector</i> .....	101
4.9.3 <i>Melt Temperature</i> Material LDPE.....	101
4.9.4 <i>Shrinkage</i> Produk .....	102
4.10 Gambar <i>Detail</i> dan Rakitan.....	103
4.10.1 <i>Molding close</i> .....	103
4.10.2 <i>Molding Open 1</i> .....	104
4.10.3 <i>Molding Open 2</i> .....	105
4.10.4 <i>Molding Open 3</i> .....	105
4.10.5 <i>System Ejection</i> .....	106
4.11 Data Kebutuhan Mesin.....	106
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	107
5.1 Simpulan.....	107
5.2 Saran .....	108
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Struktur Polimer Dalam Kondisi Cair dan Solid .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Bagian Injection Molding .....	13
<b>Gambar 2.3</b> Siklus Kerja Mesin Injection Molding .....	13
<b>Gambar 2.4</b> <i>Flexyble Cup Seedling</i> Ukuran Kecil .....	15
<b>Gambar 2.5</b> <i>Flexyble Cup Seedling</i> Ukuran Sedang .....	16
<b>Gambar 2.6</b> <i>Flexyble Cup Seedling</i> Ukuran Besar .....	16
<b>Gambar 2.7</b> <i>Parting Line</i> Produk .....	17
<b>Gambar 2.8</b> Contoh Letak Posisi <i>Gate</i> .....	18
<b>Gambar 2.9</b> Keterangan <i>Flow Path</i> .....	18
<b>Gambar 2.10</b> <i>Sprue Gate</i> .....	19
<b>Gambar 2.11</b> <i>Tab Gate</i> .....	20
<b>Gambar 2.12</b> <i>Fan Gate</i> .....	20
<b>Gambar 2.13</b> <i>Pin Gate</i> .....	21
<b>Gambar 2.14</b> <i>Sub Gate</i> .....	21
<b>Gambar 2.15</b> <i>Ejector Pin</i> .....	22
<b>Gambar 2.16</b> <i>Unit Standard Ejection</i> .....	22
<b>Gambar 2.17</b> <i>Stopper Ejection Plate</i> .....	23
<b>Gambar 2.18</b> <i>Stopper Sleeve Ejection</i> .....	24
<b>Gambar 2.19</b> <i>Stopper Sleeve Ejection</i> .....	24
<b>Gambar 2.20</b> Bagian <i>Runner</i> .....	25
<b>Gambar 2.21</b> Bentuk Penampang <i>Runner</i> .....	26
<b>Gambar 2.22</b> <i>Cycle Time Injection Molding</i> .....	28
<b>Gambar 2.23</b> Penempatan <i>Mold Cooling</i> yang Efisien .....	28
<b>Gambar 2.24</b> Perhitungan Jarak <i>Cooling</i> dengan Produk dan Jarak antar <i>Cooling</i> .....	28
<b>Gambar 2.25</b> Saluran <i>Cooling</i> Seri .....	29
<b>Gambar 2.26</b> Saluran <i>Cooling</i> Paralel .....	30
<b>Gambar 2.27</b> <i>Baffle</i> dan <i>Bubbler</i> .....	31
<b>Gambar 2.28</b> <i>Runner Balance system</i> .....	32

<b>Gambar 2.29</b> Konstruksi <i>Three Mold Plate</i> .....	32
<b>Gambar 2.30</b> Sistem <i>Two Mold Plate</i> .....	35
<b>Gambar 2.31</b> <i>Runner</i> Terpisah Dengan Produk.....	36
<b>Gambar 2.32</b> Sistem <i>Three Mold Plate</i> .....	36
<b>Gambar 3.1</b> Produk <i>Flexyble Cup Seedling</i> Ukuran Sedang dan Ukuran Kecil ..	38
<b>Gambar 4.1</b> Gambar 2D Produk Ukuran Kecil .....	45
<b>Gambar 4.2</b> Gambar 2D Produk Ukuran Sedang .....	46
<b>Gambar 4.3</b> Pemilihan Material Produk.....	47
<b>Gambar 4.4</b> Detail Material Temperature.....	47
<b>Gambar 4.5</b> <i>Best Gate Location</i> Pada Produk Ukuran Kecil .....	48
<b>Gambar 4.6</b> <i>Best Gate Location</i> Pada Produk Ukuran Sedang .....	48
<b>Gambar 4.7</b> Detail Parameter <i>Runner System</i> .....	49
<b>Gambar 4.8</b> <i>Runner</i> Produk Belum Dilakukan <i>Balance</i> .....	49
<b>Gambar 4.9</b> <i>Runner</i> Yang Telah Dilakukan <i>Balance</i> .....	50
<b>Gambar 4.10</b> Detail Parameter Diameter <i>Sprue</i> Produk Kecil.....	50
<b>Gambar 4.11</b> Detail Parameter Diameter <i>Runner</i> Produk Kecil .....	51
<b>Gambar 4.12</b> Detail Parameter Diameter <i>Sprue</i> Produk Sedang.....	51
<b>Gambar 4.13</b> Detail Parameter Diameter <i>Runner</i> Produk Sedang .....	52
<b>Gambar 4.14</b> Parameter <i>Channel</i> Pada <i>Cooling System</i> .....	52
<b>Gambar 4.15</b> Parameter <i>Baffle</i> Pada <i>Cooling System</i> .....	53
<b>Gambar 4.16</b> <i>Fill Time</i> Tanpa <i>Runner Balance</i> .....	53
<b>Gambar 4.17</b> <i>Fill Time</i> Dengan <i>Runner Balance</i> .....	54
<b>Gambar 4.18</b> <i>Layout Cooling Type 1</i> .....	54
<b>Gambar 4.19</b> <i>Layout Cooling Type 2</i> .....	55
<b>Gambar 4.20</b> <i>Layout Cooling Type 3</i> .....	55
<b>Gambar 4.21</b> Hasil Analisa <i>Time To Freeze Part</i> dengan <i>Layout Cooling Type</i> 1.....	56
<b>Gambar 4.22</b> Hasil Analisa <i>Time To Freeze Part</i> dengan <i>Layout Cooling Type</i> 2.....	57
<b>Gambar 4.23</b> Hasil Analisa <i>Time To Freeze Part</i> dengan <i>Layout Cooling Type</i> 3.....	57

<b>Gambar 4.24</b> Hasil Analisa <i>Circuit Metal Temperature</i> dengan <i>Layout Cooling</i> Type 1 .....	58
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Analisa <i>Circuit Metal Temperature</i> dengan <i>Layout Cooling</i> Type 2 .....	58
<b>Gambar 4.26</b> Hasil Analisa <i>Circuit Metal Temperature</i> dengan <i>Layout Cooling</i> Type 3 .....	59
<b>Gambar 4.27</b> Hasil Analisa <i>Circuit Heat Removal Efficiency</i> dengan <i>Layout</i> <i>Cooling Type 1</i> .....	60
<b>Gambar 4.28</b> Hasil Analisa <i>Circuit Heat Removal Efficiency</i> dengan <i>Layout</i> <i>Cooling Type 2</i> .....	60
<b>Gambar 4.29</b> Hasil Analisa <i>Circuit Heat Removal Efficiency</i> dengan <i>Layout</i> <i>Cooling Type 3</i> .....	61
<b>Gambar 4.30</b> Hasil Analisa <i>Time To Freeze Cold Runner</i> dengan <i>Layout Cooling</i> Type 1 .....	62
<b>Gambar 4.31</b> Hasil Analisa <i>Time To Freeze Cold Runner</i> dengan <i>Layout Cooling</i> Type 2 .....	62
<b>Gambar 4.32</b> Hasil Analisa <i>Time To Freeze Cold Runner</i> dengan <i>Layout Cooling</i> Type 3 .....	63
<b>Gambar 4.33</b> Hasil Analisa <i>Deflection All Effect</i> dengan <i>Layout Cooling Type</i> 1 .....	64
<b>Gambar 4.34</b> Hasil Analisa <i>Deflection All Effect</i> dengan <i>Layout Cooling Type</i> 2 .....	64
<b>Gambar 4.35</b> Hasil Analisa <i>Deflection All Effect</i> dengan <i>Layout Cooling Type</i> 3 .....	65
<b>Gambar 4.36</b> Proses parameter pada aplikasi <i> moldflow</i> .....	68
<b>Gambar 4.37</b> Parameter suhu material LDPE.....	68
<b>Gambar 4.38</b> Parameter <i>runner</i> .....	69
<b>Gambar 4.39</b> <i>Skecth</i> dan bagian <i>runner</i> .....	69
<b>Gambar 4.40</b> Dimensi bagian <i>runner</i> .....	71
<b>Gambar 4.41</b> Proses setting simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	71
<b>Gambar 4.42</b> <i>Model detail</i> simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	72

<b>Gambar 4.43</b> <i>Filling analysis</i> simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	72
<b>Gambar 4.44</b> <i>Filling phase result summary</i> simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	72
<b>Gambar 4.45</b> <i>Filling phase result summary for the part</i> simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	73
<b>Gambar 4.46</b> <i>Filling phase result for the runner system</i> simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	73
<b>Gambar 4.47</b> <i>Time to freeze</i> simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	74
<b>Gambar 4.48</b> Hasil <i>runner balance</i> simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	74
<b>Gambar 4.49</b> Parameter diameter <i>runner sekunder part</i> ukuran kecil simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	74
<b>Gambar 4.50</b> Parameter diameter <i>runner sekunder part</i> ukuran sedang simulasi aplikasi <i> moldflow</i> .....	76
<b>Gambar 4.51</b> Parameter suhu material dan cetakan plastik pada aplikasi <i> moldflow</i> .....	79
<b>Gambar 4.52</b> Parameter susunan <i>support plate</i> dan <i>distance block</i> .....	83
<b>Gambar 4.53</b> Parameter rumus beban terdistribusi pada <i>support plate</i> .....	83
<b>Gambar 4.54</b> Produk <i>Flexyble cup seedling</i> dan <i>runner</i> .....	85
<b>Gambar 4.55</b> Gambar 3D <i>insert core</i> ukuran kecil .....	86
<b>Gambar 4.56</b> Gambar 3D <i>insert core</i> ukuran sedang .....	86
<b>Gambar 4.57</b> Gambar 3D <i>plate core</i> .....	87
<b>Gambar 4.58</b> Gambar 3D <i>cavity plate</i> .....	88
<b>Gambar 4.59</b> Gambar 3D <i>runner plate</i> .....	88
<b>Gambar 4.60</b> Gambar 2D <i>runner plate</i> .....	89
<b>Gambar 4.61</b> Gambar 3D <i>top clamping plate</i> .....	89
<b>Gambar 4.62</b> Gambar 2D <i>top clamping plate</i> .....	90
<b>Gambar 4.63</b> Gambar 3D <i>support plate</i> .....	90
<b>Gambar 4.64</b> Gambar 2D <i>support plate</i> .....	91
<b>Gambar 4.65</b> Gambar 3D <i>distance block</i> .....	91
<b>Gambar 4.66</b> Gambar 2D <i>distance block</i> .....	92
<b>Gambar 4.67</b> Gambar 3D <i>bottom clamping plate</i> .....	92
<b>Gambar 4.68</b> Gambar 2D <i>bottom clamping plate</i> .....	93

<b>Gambar 4.69</b> Gambar 3D <i>ejector back plate</i> .....	93
<b>Gambar 4.70</b> Gambar 2D <i>ejector back plate</i> .....	94
<b>Gambar 4.71</b> Gambar 3D <i>ejector plate</i> .....	94
<b>Gambar 4.72</b> Gambar 2D <i>ejector plate</i> .....	95
<b>Gambar 4.73</b> <i>Locating Ring</i> .....	95
<b>Gambar 4.74</b> <i>Runner Lock Pin</i> .....	96
<b>Gambar 4.75</b> <i>Stop Bolt</i> .....	96
<b>Gambar 4.76</b> <i>Puller Bolt</i> .....	96
<b>Gambar 4.77</b> <i>Capscrew Tension Link</i> .....	97
<b>Gambar 4.78</b> <i>Tension Link</i> .....	97
<b>Gambar 4.79</b> <i>Cooling Plug</i> .....	98
<b>Gambar 4.80</b> <i>Leader Pin</i> .....	98
<b>Gambar 4.81</b> <i>Ejector Pin</i> .....	98
<b>Gambar 4.82</b> <i>Pin Guide</i> .....	99
<b>Gambar 4.83</b> <i>Return Pin</i> .....	99
<b>Gambar 4.84</b> Gambar <i>Assembly Three Mold Plate</i> .....	100
<b>Gambar 4.85</b> Hasil <i>clamping force</i> .....	101
<b>Gambar 4.86</b> Hasil <i>melt temperature recomended material LDPE</i> .....	102
<b>Gambar 4.87</b> Hasil <i>shrinkage pada simulasi moldflow</i> .....	103
<b>Gambar 4.88</b> <i>Molding close</i> .....	104
<b>Gambar 4.89</b> <i>Molding open 1</i> .....	104
<b>Gambar 4.90</b> <i>Molding open 2</i> .....	105
<b>Gambar 4.91</b> <i>Molding open 3</i> .....	105
<b>Gambar 4.92</b> <i>System ejection</i> .....	106

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan Sifat-sifat Bahan Dari Kedua Jenis Struktur Polimer.....	9
<b>Tabel 2.2</b> Karakteristik <i>Polyethylene</i> (PE) .....	10
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Karakteristik LDPE.....	12
<b>Tabel 4.1</b> Data Produk .....	44
<b>Tabel 4.2</b> Data Hasil Perbandingan Analisa 3 Jenis <i>Layout Cooling</i> .....	66
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Rekomendasi <i>Layout Cooling</i> .....	67
<b>Tabel 4.4</b> Tabel Propertis Aplikasi Bahan Material Plastik .....	76
<b>Tabel 4.5</b> Tabel Propertis Aplikasi Bahan Material Plastik .....	78
<b>Tabel 4.6</b> Data Kebutuhan Mesin Injeksi .....	106

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan penuh rasa syukur karena skripsi ini dapat terselesaikan, terimakasih untuk :

1. Terimakasih kepada Allah SWT yang selalu melancarkan dan memudahkan saya saat mengerjakan skripsi dari awal hingga akhir.
2. Bapak dan Ibu ku tercinta, Terimakasih atas kasih sayang, kesabaran, kepercayaan dan dukungan selama ini, hingga aku mampu menyelesaikan skripsi. Kelak aku akan membuatmu bangga dengan prestasi dan semangat berusaha ku.
3. Bapak Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc., IPM. dan Bapak Reli Adi Himarosa, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing saya, terimakasih atas bimbingan bapak yang sangat penuh dengan dedikasi dan sabar membimbing saya walaupun saya sering melakukan kesalahan berulang-ulang dalam mengerjakan skripsi, sehingga saat ini saya dapat menyelesaikan skripsi saya. Terimakasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan untuk bapak semoga ilmu yang diberikan dapat bermanfaat untuk kedepannya bagi saya.
4. Bapak Krisdiyanto, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah menguji saya dengan penuh dedikasi dan pencerahan serta kesabaran. Terimakasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan untuk bapak dan semoga ilmu yang bapak berikan dapat berguna untuk kedepannya.
5. Terimakasih untuk Bapak Adi dan Ibu Fitri sekeluarga yang telah memberi laptop kepada saya. Semoga mendapat balasan dari Allah SWT yang berlipat ganda.
6. Terimakasih untuk Intan Kurniasari S.IP yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
7. Teman - teman Teknik Mesin UMY angkatan 2015 khususnya teman – teman kelas A yang selalu memberi dukungan satu sama lain.
8. Terimakasih untuk teman – teman pemuda kampung Patehan Lor yang selalu menemani saya ngopi dan berbagi cerita disaat saya pusing memikirkan skripsi.