

TESIS

**OPTIMASI MULTIRESPON PARAMETER *PLASTIC
INJECTION MOLDING* PADA *FAMILY MOLD CASING*
GUNDALA UNTUK MENURUNKAN CACAT PRODUK DAN
TOTAL BIAYA**



VINSENSIUS HERDANI AGUNG NUGROHO

235612543

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

2025



Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Departemen Teknik Industri
Program Studi Magister Teknik Industri

PERSETUJUAN TESIS

Nama : Vinsensius Herdani Agung Nugroho
Nomor Mahasiswa : 235612543
Konsentrasi : *Business Analytics*
Judul Tesis : Optimasi Multirespon Parameter *Plastic Injection Molding* pada *Family Mold Casing* Gundala untuk Menurunkan Cacat Produk dan Total Biaya

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Dr. Ir. Baju Bawono, S.T., M.T., IPU.	25 Juni 2025	Telah Menyetujui
Prof. Dr. Ir. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T., IPU.	25 Juni 2025	Telah Menyetujui

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

OPTIMASI MULTIRESPON PARAMETER PLASTIC INJECTION MOLDING PADA FAMILY MOLD CASING
GUNDALA UNTUK MENURUNKAN CACAT PRODUK DAN TOTAL BIAYA

yang disusun oleh

Vinsensius Herdani Agung Nugroho

235612543

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 18 Juli 2025

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Prof. Dr. Ir. Baju Bawono, S.T., M.T., IPU	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: Prof. Dr. Ir. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T., IPU.	Telah Menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Prof. Dr. Ir. Baju Bawono, S.T., M.T., IPU	Telah Menyetujui
Penguji 2	: Ir. B.Kristyanto, M.Eng., Ph.D.	Telah Menyetujui
Penguji 3	: Dr. Ir. Ign.Luddy Indra Purnama, M.Sc.	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 18 Juli 2025

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vinsensius Herdani Agung Nugroho

NPM : 235612543

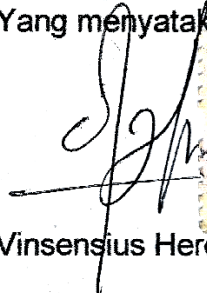
Dengan ini menyatakan bahwa tesis saya dengan judul **"OPTIMASI MULTIRESPON PARAMETER *PLASTIC INJECTION MOLDING* PADA *FAMILY MOLD CASING* GUNDALA UNTUK MENURUNKAN CACAT PRODUK DAN TOTAL BIAYA"**, merupakan hasil penelitian saya sendiri pada Tahun Akademik 2024/2025. Setiap pernyataan, ide dan kutipan yang diambil langsung atau tidak langsung dari tulisan atau pemikiran orang lain disertakan dalam bentuk daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ditemukan bahwa saya telah menyalin sebagian atau seluruh bagian dari tesis ini, maka gelar dan ijazah yang saya terima akan dianggap batal secara hukum dan saya bersedia untuk mengembalikannya kepada Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sungguh dan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 23 Juni 2025

Yang menyatakan,



Vinsensius Herdani Agung Nugroho

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang sebesar-besarnya saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rezeki-Nya, sehingga saya dapat tetap bekerja sembari menjalani kuliah hingga menyelesaikan tesis berjudul **“OPTIMASI MULTIRESPON PARAMETER PLASTIC INJECTION MOLDING PADA FAMILY MOLD CASING GUNDALA UNTUK MENURUNKAN CACAT PRODUK DAN TOTAL BIAYA”**, dengan baik. Tesis ini membahas tentang optimasi pada parameter dalam plastik injeksi untuk *mold casing* Gundala dengan menggunakan statistik inferensial dan memanfaatkan teknologi *Computer Aided Engineering*. Optimasi dan pemanfaatan ini belum secara maksimal digunakan oleh pendidikan atau usaha skala mikro sebelumnya karena keterbatasan sumber daya, tetapi semakin terbukanya ilmu pengetahuan membuat akses untuk memanfaatkannya semakin mudah.

Tesis ini dapat diselesaikan dengan baik tentunya disertai dengan bantuan, doa dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini, antara lain:

1. Prof. Dr. Ir. Baju Bawono, S.T., M.T., IPU., selaku pembimbing 1 yang telah banyak memberi arahan dan nasihat dalam penyusunan tesis ini,
2. Prof. Dr. Ir. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T., IPU., selaku pembimbing 2 yang telah banyak memberi arahan dan nasihat dalam publikasi dan penyelesaian tesis ini,
3. Dr. Ir. Ignatius Luddy Indra Purnama, M.Sc., IPU. dan Ir. Bernadus Kristyanto, M.Eng., Ph.D., IPU., selaku penguji yang telah memberikan masukan dalam seminar proposal hingga pelaksanaan sidang tesis,
4. Dr. Ir. Parama Kartika Dewa S. P., S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk bisa tetap berkuliah dan bekerja,
5. Dr. Ir. Deny Ratna Yuniartha, S.T., M.T., IPU., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah memberikan arahan selama menjalani perkuliahan,
6. Seluruh dosen Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah memberikan banyak sekali ilmu dan pengalaman yang berharga,

7. Ayah dan Ibu saya di rumah yang selalu mendoakan dan mengarahkan dalam menentukan pilihan bekerja sembari kuliah ini,
8. Adik saya Rachellia Ayu Herdani yang selalu mendoakan dan membantu saya dalam berkuliah di Universitas Atma Jaya Yogyakarta,
9. Dipl.-Ing. Richardus Henri Paul, M.B.A., selaku Direktur Politeknik Astra yang telah memberikan *support* dalam menjalani perkuliahan,
10. Dr. Tonny Pongoh, S.H., LL.M., selaku Wakil Direktur 1 Politeknik Astra yang telah memberikan *support* dalam menjalani perkuliahan,
11. Dr. Yohanes Tri Joko Wibowo, S.T., M.T., Herry Syaifullah, S.T., M.T., Martinus Chorda Adi Trisnanto, S.T., M.T., selaku atasan di Politeknik Astra yang telah memberikan *support* dalam bekerja sembari kuliah,
12. Rina Puspita Sari, S.T., M.T., Dwima Septiar Priambada, S.T., Afriana Aghata Rahmadiantama, S.T., Ibnu Ferianto, S.T., Arka Baswara Bimo Sakti, A.Md., dan Pakde Kartum selaku rekan kerja di Politeknik Astra yang selalu membantu dalam *backup* pekerjaan,
13. Ir. Eko Ari Wibowo, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gombong yang telah membantu dalam mengikuti seminar antar universitas,
14. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini, baik secara teknis maupun non teknis yang tidak bisa saya sebutkan.

Saya pribadi berharap saran dan kritik yang membangun untuk tesis ini sebagai bagian dari perkembangan ilmu pengetahuan ke depannya.

Akhir kata, saya berharap semoga tesis ini dapat menjadi jembatan untuk pendidikan dan usaha skala mikro untuk memanfaatkannya dalam rangka meningkatkan produksi dan keuntungan.

Yogyakarta, 23 Juni 2025

ttd.

Vinsensius Herdani Agung Nugroho

ABSTRAK

Industri plastik masih menjadi penopang banyak industri besar di Indonesia, salah satu pengolahan pada industri plastik yang paling sering digunakan adalah plastik injeksi karena sifatnya yang masal, murah dan mudah. Politeknik XYZ bekerja sama dengan PT ABC dalam mengembangkan produk *casing* Gundala, yaitu wadah untuk mikrokontroler yang diproduksi secara berpasangan. Namun, dalam tahap produksi awal, ditemukan berbagai kecacatan dominan seperti *shrinkage*, *sink mark*, *short shot*, dan *burn mark* yang menghambat pencapaian target produksi awal sebanyak 50 *pieces* serta target produksi massal 1.500 *pieces* per bulan.

Masalah yang dihadapi tidak hanya berdampak pada kualitas produk, tetapi juga pada biaya dan waktu produksi akibat belum diterapkannya teknologi *Computer Aided Engineering* (CAE). Proses *trial and error* yang masih digunakan menyebabkan pemborosan sumber daya yang signifikan. Dalam kaitannya dengan *business analytics*, hal ini menunjukkan perlunya pendekatan berbasis data dan prediksi untuk meningkatkan efisiensi proses manufaktur. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter *plastic injection molding* dengan menerjemahkan karakteristik yang diinginkan oleh PT ABC ke dalam 6 respon penelitian, menemukan signifikansi parameter dan menurunkan total biaya yang dikeluarkan.

Optimasi yang dilakukan menghasilkan parameter optimal yaitu *mold temperature* 40 °C, *melt temperature* 210 °C, *injection time* 10 s, *injection pressure* 141 MPa, *holding time* 7 s, *holding pressure* 141 MPa dan *cooling time* 25 s yang mampu meminimasi *shrinkage* menjadi 2,152 %, *sink mark* menjadi 0,0317 mm dengan *sink mark, index* 1,499 %, menghilangkan *short shot* dan *burn mark*; mengoptimalkan kesesuaian antara 2 produk yang berpasangan dengan *warp* menjadi 0,44 mm dengan signifikansi setiap parameter optimalnya adalah *melt temperature* 63,84 %, *injection time* 17,72 %, *mold temperature* 10,34 %, *holding time* 2 %, *injection pressure* 0,58 %, *cooling time* 0,57 % dan *holding pressure* 0,26 %. Pemanfaatan CAE yang dilakukan dapat memprediksi kecacatan ini sehingga mampu menghemat biaya sebesar Rp57.647.100,00 atau setara 40,65 %. dan mereduksi durasi pengerjaan dari 482 jam menjadi 278 jam atau 42,32 %.

Kata kunci: optimasi, parameter, *mold*, CAE, statistik inferensial

ABSTRACT

The plastic industry remains a backbone for many major sectors in Indonesia, with plastic injection molding being one of the most commonly used manufacturing processes due to its mass production capability, cost efficiency, and simplicity. Politeknik XYZ collaborated with PT ABC to develop a product called the Gundala casing, a paired enclosure for microcontroller components. However, during the initial production stage, several dominant defects were identified—namely shrinkage, sink marks, short shots, and burn marks—which hindered the achievement of the initial production target of 50 pieces and the mass production target of 1,500 pieces per month.

These issues not only affected product quality but also significantly impacted production costs and lead time, primarily due to the absence of fully implemented Computer Aided Engineering (CAE) technology. The ongoing use of trial-and-error methods led to considerable resource inefficiencies. From a business analytics perspective, this condition indicates the need for a data-driven and predictive approach to enhance manufacturing efficiency. Therefore, this study aims to optimize plastic injection molding parameters by translating the desired characteristics specified by PT ABC into six research responses, determining the significance of process parameters and minimizing the overall production cost.

The optimization process resulted in the following optimal parameters: mold temperature of 40 °C, melt temperature of 210 °C, injection time of 10 seconds, injection pressure of 141 MPa, holding time of 7 seconds, holding pressure of 141 MPa, and cooling time of 25 seconds. These settings successfully minimized shrinkage to 2.152%, reduced sink mark depth to 0.0317 mm with a sink mark index of 1.499% and eliminated both short shots and burn marks. The alignment between the paired products was improved, achieving a warpage of just 0.44 mm. The contribution of each parameter was identified, with melt temperature being the most significant at 63.84%, followed by injection time (17.72%), mold temperature (10.34%), holding time (2%), injection pressure (0.58%), cooling time (0.57%), and holding pressure (0.26%). The application of CAE enabled accurate defect prediction, resulting in cost savings of IDR 57,647,100 or 40,65%, and reducing production time from 482 hours to 278 hours, equivalent to a 42.32% reduction.

Keywords: *optimization, parameter, mold, CAE, inferential statistics*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN TESIS.....	ii
PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR DIAGRAM	xv
DAFTAR PERSAMAAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	6
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Batasan dan Asumsi Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Terdahulu.....	8
BAB 3 LANDASAN TEORI.....	18
3.1. Plastik.....	18
3.2. <i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>	18
3.3. <i>Mold</i>	19
3.4. <i>JIS S50C</i>	20
3.5. <i>Family Mold</i>	20
3.6. Mesin Plastik Injeksi	21
3.6.1. Bagian Mesin Plastik Injeksi	21
3.7. Tahapan Plastik Injeksi.....	22
3.8. Parameter Plastik Injeksi	23
3.9. Luaran Simulasi.....	24

3.10. Jenis Cacat Produk	27
3.11. Durasi dan Proses Plastik Injeksi	31
3.12. Metode Taguchi.....	34
3.13. <i>Grey Relational Analysis</i>	34
3.14. Kombinasi Metode Taguchi dan <i>Grey Relational Analysis</i>	35
3.14.1. Rancangan <i>Orthogonal Array</i>	35
3.14.2. Perhitungan <i>Signal to Noise Ratio</i>	35
3.14.3. Perhitungan Nilai Normalisasi <i>S/N Ratio</i>	36
3.14.4. Perhitungan <i>Deviation Sequence</i>	37
3.14.5. Perhitungan <i>Grey Relational Coefficient</i>	37
3.14.6. Penentuan Kombinasi Level Respon Optimal	37
3.15. Perhitungan Biaya	38
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN	40
4.1. Diagram Alir Penelitian	40
4.2. Tahapan Penelitian.....	40
4.3. Data Produk	41
4.4. Data Material	43
4.5. Data Mesin dan Perangkat Lunak	43
4.6. Respon Penelitian	44
4.7. Parameter Pengujian dan Level	45
4.8. Matriks <i>Orthogonal Array</i>	46
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	50
5.1. Pembuatan <i>Cavity Layout</i> dan <i>Runner System</i>	50
5.2. Pengaturan Parameter Pengujian	50
5.3. Hasil Simulasi.....	52
5.4. Hasil Analisis	54
5.5. Verifikasi Hasil.....	65
5.6. <i>Business Analytics</i>	68
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1. Kesimpulan.....	73
6.2. Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	8

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Data Pendapatan Domestik Bruto Industri Pengolahan dan Perdagangan Besar dan Eceran Berdasarkan Harga Berlaku Sampai Tri Wulan II 2023	1
Gambar 1.2. Berbagai perlengkapan rumah tangga hasil plastik injeksi	2
Gambar 1.3. Interaksi antara produk, material dan proses.....	2
Gambar 1.4. Contoh desain <i>3D mold</i>	3
Gambar 1.5. Contoh aplikasi CAE untuk mengetahui durasi pengisian plastik	3
Gambar 1.6. Casing Gundala: a. Desain 3D, b. Hasil plastik injeksi utuh.....	4
Gambar 1.7. Cacat <i>sink mark</i> pada produk <i>casing</i> Gundala	5
Gambar 1.8. Cacat pada produk <i>casing</i> Gundala: a. <i>Short shot</i> , b. <i>Burn mark</i>	5
Gambar 3.1. Contoh bentuk <i>mold</i>	19
Gambar 3.2. Klasifikasi <i>mold</i> dan umur pakai berdasarkan <i>SPI</i>	19
Gambar 3.3. Ilustrasi dan perbedaan <i>single</i> , <i>multi</i> dan <i>family mold</i>	21
Gambar 3.4. Bagian-bagian mesin plastik injeksi	21
Gambar 3.5. Tahapan pengisian	22
Gambar 3.6. Tahapan pendinginan	22
Gambar 3.7. Tahapan pelepasan	23
Gambar 3.8. Contoh hasil <i>sink marks estimate</i>	25
Gambar 3.9. Contoh hasil <i>sink marks, index</i>	25
Gambar 3.10. Contoh hasil <i>volumetric shrinkage</i>	25
Gambar 3.11. Contoh hasil <i>warpage</i>	26
Gambar 3.12. Contoh hasil <i>bulk temperature</i>	26
Gambar 3.13. Contoh hasil <i>shear stress at wall</i>	27
Gambar 3.14. Contoh <i>flow mark</i>	27
Gambar 3.15. Contoh <i>sink mark</i>	28
Gambar 3.16. Contoh <i>weld line</i>	28
Gambar 3.17. Contoh <i>flash</i>	28
Gambar 3.18. Contoh <i>short shot</i>	29
Gambar 3.19. Contoh <i>burn mark</i>	29
Gambar 3.20. Contoh <i>silver streak</i>	29
Gambar 3.21. Contoh <i>warpage</i>	30

Gambar 3.22. Contoh <i>surface delamination</i>	30
Gambar 3.23. Contoh <i>jetting</i>	30
Gambar 3.24. Perakitan manual dengan bantuan <i>hand lift</i>	31
Gambar 3.25. Penggunaan APD	31
Gambar 3.26. Pemasangan baut <i>ring</i> dan <i>granty crane</i>	31
Gambar 3.27. Penyesuaian <i>locating ring</i>	32
Gambar 3.28. Penyetelan dengan <i>water pass</i>	32
Gambar 3.29. Penguncian <i>mold</i>	32
Gambar 3.30. Pengisian <i>barrel</i>	32
Gambar 3.31. <i>Setting</i> parameter awal mesin	33
Gambar 3.32. Pengetesan tingkat leleh material	33
Gambar 3.33. Pengaturan panjang langkah dengan <i>limit switch</i>	33
Gambar 3.34. Proses injeksi	33
Gambar 4.1. Diagram alir penelitian	40
Gambar 4.2. Desain <i>3D casing</i> Gundala	41
Gambar 4.3. <i>Mold casing</i> Gundala: a. Desain <i>3D</i> , b. <i>Cavity</i> , c. <i>Core</i>	42
Gambar 4.4. Satu sak <i>ABS HI121H LG Chemical</i>	43
Gambar 4.5. Mesin plastik injeksi Hwa Chin 160 SE	43
Gambar 4.6. <i>User interface</i> Autodesk Moldflow Insight Ultimate 2025	44
Gambar 4.7. Data historis dari penelitian sebelumnya	46
Gambar 4.8. <i>Worksheet display</i> matriks OA L ₂₇ (3 ⁷)	47
Gambar 5.1. <i>Cavity layout mold casing</i> Gundala	50
Gambar 5.2. <i>Runner system mold casing</i> Gundala	50
Gambar 5.3. Pilihan <i>analysis sequence</i>	51
Gambar 5.4. Pengaturan variabel tetap	51
Gambar 5.5. Hasil <i>meshing dual domain</i>	52
Gambar 5.6. Visual <i>volumetric shrinkage</i> percobaan 1	53
Gambar 5.7. Visual <i>sink marks estimate</i> percobaan 1	53
Gambar 5.8. Visual <i>sink marks, index</i> percobaan 1	53
Gambar 5.9. Visual <i>warp</i> percobaan 1	53
Gambar 5.10. Visual <i>bulk temperature</i> percobaan 1	54
Gambar 5.11. Visual <i>shear stress at wall</i> percobaan 1	54
Gambar 5.12. Hasil <i>S/N Ratio</i> dari nilai <i>GRG</i>	64
Gambar 5.13. Hasil <i>means</i> dari nilai <i>GRG</i>	64

Gambar 5.14. Hasil <i>main effect plot</i> setiap variabel bebas	64
Gambar 5.15. Hasil ANOVA.....	65
Gambar 5.16. Visual <i>volumetric shrinkage</i> percobaan verifikasi	66
Gambar 5.17. Visual <i>sink marks estimate</i> percobaan verifikasi	66
Gambar 5.18. Visual <i>sink marks, index</i> percobaan verifikasi	66
Gambar 5.19. Visual <i>warpage</i> percobaan verifikasi	67
Gambar 5.20. Visual <i>bulk temperature</i> percobaan verifikasi	67
Gambar 5.21. Visual <i>shear stress at wall</i> percobaan verifikasi	67
Gambar 5.22. Tampilan produk percobaan verifikasi di mesin plastik injeksi.....	68
Gambar 5.23. Verifikasi cacat pada produk <i>casing</i> Gundala: a. <i>Short shot</i> hilang, b. <i>Burn mark</i> hilang	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan pendekatan Metode Taguchi.....	10
Tabel 2.2. Daftar penelitian terdahulu	14
Tabel 3.1. Klasifikasi material plastik.....	18
Tabel 3.2. <i>Specifications of ABS</i>	19
Tabel 3.3. <i>Specifications of JIS S50C</i>	20
Tabel 3.4. Model perhitungan biaya proses	38
Tabel 4.1. <i>Specifications of casing</i> Gundala	42
Tabel 4.2. <i>Specifications of mold casing</i> Gundala.....	42
Tabel 4.3. <i>Specifications of ABS HI121H LG Chemical</i>	43
Tabel 4.4. Spesifikasi mesin plastik injeksi Hwa Chin 160 SE	44
Tabel 4.5. Karakteristik dan respon penelitian	45
Tabel 4.6. Variabel penelitian.....	45
Tabel 4.7. Variabel bebas penelitian dan level.....	46
Tabel 4.8. Desain matriks OA L ₂₇ (3 ⁷)	47
Tabel 4.9. Matriks analisis L ₂₇ (3 ⁷).....	48
Tabel 5.1. Matriks hasil simulasi	59
Tabel 5.2. Matriks hasil normalisasi <i>S/N Ratio</i>	60
Tabel 5.3. Matriks hasil <i>deviation sequence</i> dan <i>GRC</i>	61
Tabel 5.4. Nilai <i>GRG</i> dan peringkat kombinasi variabel	63
Tabel 5.5. Nilai hasil percobaan verifikasi	68
Tabel 5.6. Perhitungan biaya proses sebelum penelitian	70
Tabel 5.7. Perhitungan biaya proses setelah penelitian	71
Tabel 5.8. Perhitungan biaya kualitas	72

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 1.1. Diagram Pareto kecacatan <i>casing</i> Gundala.....	5
--	---

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1 <i>Orthogonal Array</i>	36
Persamaan 2 <i>Signal to Noise Ratio smaller is better</i>	36
Persamaan 3 Normalisasi <i>S/N Ratio</i>	37
Persamaan 4 <i>Deviation sequence</i>	37
Persamaan 5 <i>Grey Relational Coefficient</i>	37
Persamaan 6 <i>Grey Relational Grade</i>	38
Persamaan 7 <i>Net Quality Income</i>	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Publikasi jurnal nasional (<i>accepted</i>)	80
Lampiran 2 Publikasi jurnal internasional (<i>submitted</i>)	81
Lampiran 3 <i>Log</i> hasil simulasi percobaan verifikasi	82
Lampiran 4 <i>Customer review</i> PT ABC.....	92