UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

SKRIPSI

ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI

No. Soal: TKI 4011 / II-2012/2013 / AET / 12 / 09 / 09.01 / 2013

Disusun Oleh:

Rezky Widiyawati

09/284992/TK/35589

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2013

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PENGESAHAN

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Guna memperoleh gelar SARJANA
Di Program Studi Teknik Industri
Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta

Disusun Oleh:
Nama : Rezky Widiyawati
NIM : 09/284992/TK/35589

Disetujui untuk diuji
Dosen Pembimbing

Ir. Alva Edy Tontowi, M.Sc., Ph.D.
NIP 195906141987031001

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 12 Juni 2013



Rezky Widiyawati

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

UNIVERSITAS GADJAH MADA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN DAN PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa	: Rezky Widiyawati
Nomor Mahasiswa	: 09/284992/TK/35589
Topik	: Teknik Produksi
Nomor Soal	: TKI 4011 / II-2012/2013 / AET / 12 / 09 / 09.01 / 2013

ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI

Yogyakarta, 11 Juli 2013
Dosen Pembimbing,

Ir. Alva Edy Tontowi, M.Sc., Ph.D.
NIP 195906141987031001

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini ku persembahkan terutama kepada kedua orang tuaku..

Terima kasih atas kasih sayang, kekuatan, dan dukungan yang telah engkau berikan

Juga teruntuk kakakku tersayang Mba Indah, dan Mas Dedi, terima kasih atas bimbingan dan nasihat mengenai pengalaman hidup selama ini

"Don't cry because it's over, smile because it happened" – Dr. Seuss

"Life isn't about finding yourself. Life is about creating yourself" George Bernard Shaw

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Dalam pembuatan *prototype* pada mesin printer 3D diperlukan bahan baku berupa filamen berdiameter dan kuat tarik tertentu. Penelitian ini bertujuan membandingkan hasil optimasi komposisi material filamen menggunakan metode Taguchi dan *response surface* dengan tiga faktor yaitu tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika dan dua respon yaitu diameter dan kuat tarik-*strain*. Setiap faktor memiliki tiga level kombinasi yaitu level rendah (-1), level sedang (0), dan level tinggi (+1). Target percobaan adalah memaksimumkan kuat tarik dalam batas diameter 1,75mm. Untuk pengujian model digunakan uji korelasi dan *One-Sample Sign Test.*

Pada metode Taguchi digunakan matriks *Orthogonal Array* (OA) L9 (3^3) dengan kode faktor tepung tapioka (A), gliserin (B), dan pasir silika (C). Perhitungan dilakukan dengan menganalisis efek rata-rata, efek *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil penelitian Taguchi menghasilkan rancangan komposisi optimum yaitu tepung tapioka level rendah (-1) = 1,8 g, gliserin level rendah (-1) = 0,3 ml, dan pasir silika level rendah (-1) = 0,8 g, dengan hasil prediksi diameter 1,75 mm, kuat tarik 1,191 MPa; *strain* 5,84% dan hasil eksperimen diameter 1,733 mm, kuat tarik 1,755 MPa; *strain* 1,0585%. Model prediksi diameter Taguchi yaitu $Y = 1{,}996 + 0{,}85\ F_1 - 0{,}64\ F_2 + 0{,}31\ F_3$ dengan model prediksi kuat tarik maksimum $Y = 0{,}388 + 0{,}1\ F_1 - 1{,}27\ F_2 - 0{,}68\ F_3$.

Pada metode *response surface* dihasilkan rancangan komposisi optimum yaitu tepung tapioka = 1,778 g, gliserin = 0,466 ml, pasir silika = 0,869 g dengan hasil prediksi diameter 1,75 mm, kuat tarik 2,271 MPa dan hasil eksperimen diameter 1,713 mm, kuat tarik 1,999 MPa; *strain* 3,3%. Model prediksi diameter *response surface* yaitu $\bar{y}_d = 1{,}69103 + 0{,}05092x_1 - 0{,}22400x_2 + 0{,}21977x_3 - 0{,}03882x_1^2 + 0{,}04957x_2^2 + 0{,}04780x_3^2 - 0{,}05750x_1x_3 - 0{,}08500x_2x_3$ dengan model prediksi kuat tarik maksimum $\bar{y}_k = 0{,}36035 - 0{,}19887x_1 - 0{,}19450x_2 - 0{,}06990x_3 + 0{,}09829x_1^2 + 0{,}06776x_2^2 + 0{,}07368x_3^2 + 0{,}24266x_1x_2 + 0{,}14584x_1x_3 + 0{,}16076x_2x_3$.

Taguchi dapat memprediksi hasil optimasi dengan perbedaan hasil 1,2% pada diameter dan 5,8% pada kuat tarik dibanding *response surface.* Melalui uji verifikasi *Mann-Whitney Test* dengan taraf signifikansi 5%, didapatkan hasil perbedaan yang tidak signifikan antara kedua metode.

Kata kunci: Optimasi, diameter, kuat tarik, filamen, Taguchi, *response surface.*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

KATA PENGANTAR

Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Perbandingan Hasil Optimasi Komposisi Material Filamen dengan Metode Taguchi*"* ini diajukan sebagai salah satu prasyarat untuk meraih gelar kesarjanaan di Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tugas Akhir ini membahas mengenai perbandingan hasil optimasi komposisi filament plastik yang biasa digunakan sebagai bahan baku mesin printer 3D. Metode optimasi yang digunakan yaitu Taguchi dan *response surface.* Kedua metode tersebut dibandingkan dari segi kombinasi level optimum tiap faktor dan model prediksi yang dihasilkan. Penulisan laporan ini terdiri dari enam bab. Bab pertama berisi tentang pendahuluan serta rumusan masalah penelitian. Bab kedua berisi tentang tinjauan pustaka dari berbagai literature penunjang penelitian. Bab ketiga berisi tentang landasan teori yang mencakup konsep dasar dan rumus untuk menganalisis data. Bab keempat membahas mengenai metodologi penelitian serta cara-cara melakukan percobaan pembuatan filamen. Selanjutnya hasil dan pembahasan dari percobaan yang dilakukan tertuang dalam bab lima. Sebagai penutup, bab keenam berisi kesimpulan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian.

Dalam penulisanTugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik minor maupun major. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran terkait dengan penelitian ini. Semoga penelitian Tugas Akhir ini dapat berguna bagi seluruh civitas akademika maupun masyarakat luas.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas nikmat serta hidayat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Proses penyusunan Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari bimbingan serta dukungan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh ketulusan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Prof., Ir., Jamasri, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
2. Bapak Ir. Subagyo, Ph.D., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
3. Bapak M. K. Herliansyah, ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
4. Bapak Ir. Alva Edy Tontowi, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi atas waktu, bimbingan, pengetahuan, dan pengalaman selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Jayan Sentanuhady, ST., M.Eng., selaku dosen pembimbing akademik penulis atas bimbingan dan motivasi akademik yang diberikan.
6. Seluruh dosen dan staff karyawan Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
7. Bapak Rahmat, selaku laboran Laboratorium Teknologi Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada atas bantuan dalam pengujian kuat tarik filamen.
8. Mas Anggono selaku laboran *Bioceramics*, Laboratorium Desain dan Perancangan Produk, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9. Kedua orang tua, Bapak dan Mama tercinta yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis dalam keadaan susah maupun senang.
10. Kakak saya, dr. Indah Kurniawati, dr. Aditya Kusuma Cahyaliarta, dan Dedi Rustamaji, S.E., yang selalu memberikan dorongan, semangat, dan ilmu pengetahuan
11. *My Best Supporter*, Indra Agustian atas kasih sayang, *support*, serta kesetiaan dan kesabaran untuk mendengarkan keluh kesah penulis setiap saat.
12. Sahabat-sahabat terbaik saya, Jeng Anin, Meleng, dan April yang memberikan semangat dan keceriaan tiada batas, Rahma dan Bang Agus sebagai *the master of statistic*, Edgina, Icha, dan Ryu atas bantuannya dalam penulisan laporan ini, Wikan, Intan, Wati, Tifa, Dona, Nila, atas tawa dan canda. Monica, Ima, Mbak Dhita atas bantuannya dalam sisi akademik. Serta seluruh teman-teman Teknik Industri 2009 atas pertemanan selama empat tahun yang sangat berharga.
13. Kakak-kakak bimbingan Pak Alva terdahulu, Mas Yulius, Kak Ghita, dan Mas Bintar atas bantuannya mengenai teknis penelitian dan pengambilan data Tugas Akhir
14. Teman-teman satu bimbingan, Meleng, Abi, Ridho, Putri, dan Insek yang memberikan semangat dan *share* ilmu baru.
15. Teman-teman Kos Pak Bakat, Vera, Lina, Viny, Lily, Iim, Mba Arie, Mba Umul, Mba Mitha, atas kesediannya untuk tinggal bersama satu atap yang penuh suka cita dan keceriaan.
16. Seluruh rekan-rekan dan pihak lainnya yang turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Yogyakarta, 12 Juni 2013

Penulis

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
INTISARI vi
KATA PENGANTAR vii
UCAPAN TERIMA KASIH viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR LAMPIRAN xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xviii

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Asumsi dan Batasan 3
1.4. Tujuan Penelitian 4
1.5. Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

BAB III LANDASAN TEORI
3.1. *Design of Experiment* (DoE) 8
3.1.1. Metode Taguchi 8

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.1.1.1. Fungsi Kerugian Kualitas (*Loss Function*) 10
3.1.1.2. *Signal to Noise Ratio* (SNR) 12
3.1.1.3. *Orthogonal Array* (OA) 13
3.1.1.4. Nilai Efek Rata-Rata 13
3.1.2. Metode *Response Surface* 14
3.2. Uji *Analysis of Variance* (ANOVA) 15
3.3. Uji Verifikasi *Sign Test* dan *Mann-Whitney Test* 17
3.4. Material Filamen *Prototyping* 17
3.5. Uji Tarik 18

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Rancangan Studi 20
4.1.1. Objek dan Lokasi Penelitian 20
4.1.2. Data Penelitian 20
4.1.3. Metode Pengumpulan Data 21
4.2. Alat Penelitian 21
4.3. Bahan Penelitian 22
4.2. Prosedur Penelitian 22
4.3. Pengolahan Data 29

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Komposisi Optimum Campuran 34
5.1.1. Hasil Pengumpulan Data 34
5.1.2. Pengolahan Data Metode Taguchi 34
5.1.2.1. Perhitungan Efek Rata-Rata 37
5.1.2.2. Perhitungan Efek *Signal Noise to Ratio* (SNR) 43
5.1.2.3. Perhitungan ANOVA 49
5.1.3. Pembobotan 50
5.1.4. Uji Verifikasi 53

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.1.4.1. Uji Verifikasi Diameter 53
5.1.4.2. Uji Verifikasi Kuat Tarik 55
5.1.5. Prediksi Model Persamaan Taguchi 56
5.1.5.1. Model Prediksi Diameter 57
5.1.5.2. Model Prediksi Kuat Tarik 59
5.1.6. Hasil Percobaan Optimum 60
5.1.7. Hasil Pengumpulan Data *Response Surface* 62
5.1.7.1. Prediksi Model Persamaan *Response Surface* 63
5.1.7.2. Penentuan Respon Optimal 64
5.2. Analisis Perbandingan Metode Taguchi dan *Response Surface* 66
5.3. *Prototype* Filamen Hasil Optimasi 71

BAB VI PENUTUP
6.1. Kesimpulan 73
6.2. Saran 73

DAFTAR PUSTAKA 74
LAMPIRAN 76

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Fungsi Kerugian (*Loss Function*) 10
Gambar 3.2. Kurva *Stress-Strain* (SS) 19
Gambar 4.1. Proses Pencampuran Aquades 26
Gambar 4.2. Proses Pengadukan Elektrik 27
Gambar 4.3. Proses Penambahan Pasir Silika 27
Gambar 4.4. Proses Penuangan Campuran 28
Gambar 4.5. Proses Pemanasan 28
Gambar 4.6. Hasil Filamen 28
Gambar 4.7. Diagram Alir Penelitian 33
Gambar 5.1. Diagram Plot Efek Rata-Rata Diameter 39
Gambar 5.2. Diagram Plot Efek Rata-Rata Kuat Tarik 42
Gambar 5.3. Diagram Plot Efek SNR Diameter 45
Gambar 5.4. Diagram Plot Efek SNR Kuat Tarik 48
Gambar 5.5. Uji *Sign Test* Diameter 54
Gambar 5.6. Uji *Sign Test* Kuat tarik 56
Gambar 5.7. Uji Korelasi 57
Gambar 5.8. Uji Verifikasi Model Prediksi Diameter 58
Gambar 5.9. Uji Verifikasi Model Prediksi Kuat Tarik 59
Gambar 5.10. Uji *Sign Test* Optimum I 61
Gambar 5.11. Uji *Sign Test* Optimum II 62
Gambar 5.12. Hasil Optimasi Diameter 65
Gambar 5.13. Hasil Optimasi *Multi Response* 66
Gambar 5.14. Plot Perbandingan Kuat Tarik Taguchi dan *Response Surface* 68
Gambar 5.15. Perbedaan Diameter Taguchi dan *Response Surface* 70
Gambar 5.16. Perbedaan Kuat Tarik Taguchi dan *Response Surface* 70
Gambar 5.17. *Prototype* Filamen Komposisi Optimum 72

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar L.1. Hasil Uji Sampel 1 77
Gambar L.2. Hasil Uji Sampel 2 78
Gambar L.3. Hasil Uji Sampel 3 79
Gambar L.4. Hasil Uji Sampel 4 80
Gambar L.5. Hasil Uji Sampel 5 81
Gambar L.6. Hasil Uji Sampel 6 82
Gambar L.7. Hasil Uji Sampel 7 83
Gambar L.8. Hasil Uji Sampel 8 84
Gambar L.9. Hasil Uji Sampel 9 85
Gambar L.10. Hasil Uji Sampel Optimum 88
Gambar L.11. Hasil Uji Diameter Optimum 89
Gambar L.12. Hasil Uji Kuat Tarik Optimum 90
Gambar L.13. Tepung Tapioka, Gliserin, dan Pasir Silika 92
Gambar L.14. Aquades 93
Gambar L.15. Alat Timbangan Elektrik 93
Gambar L.16. Alat Injeksi Filamen 94
Gambar L.17. Alat Cetak Filamen 94
Gambar L.18. Alat Pengaduk (Spatula Besi) 95
Gambar L.19. Uji Kenormalan Diameter 95
Gambar L.20. Uji Kenormalan Kuat Tarik 95
Gambar L.21. ANOVA Diameter 97
Gambar L.22. *Residual Plots Diameter* 97
Gambar L.23. ANOVA Kuat Tarik 98
Gambar L.24. *Residual Plots* Kuat Tarik 98
Gambar L.25. Hasil Uji *Mann-Whitney Test* Diameter 100
Gambar L.26. Hasil Uji *Mann-Whitney Test* Kuat Tarik 100

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel Material Filamen *Rapid Prototyping* 18
Tabel 4.1. Penentuan Kode Faktor dan Level 23
Tabel 4.2. Tabel *Ortoghonal Array* L9 24
Tabel 4.3. Urutan Percobaan Respon Diameter 24
Tabel 4.4. Urutan Percobaan Respon Kuat Tarik 25
Tabel 5.1. Hasil Percobaan Respon Diameter 35
Tabel 5.2. Hasil Percobaan Respon Kuat Tarik. 35
Tabel 5.3. Perhitungan Rata-Rata Respon Diameter 36
Tabel 5.4. Perhitungan Rata-Rata Respon Kuat Tarik 36
Tabel 5.5. Tabel Efek Rata-Rata Respon Diameter 38
Tabel 5.6. Tabel Efek Rata-Rata Respon Kuat Tarik 41
Tabel 5.7. Perhitungan SNR Respon Diameter 43
Tabel 5.8. Tabel Efek SNR Respon Diameter 44
Tabel 5.9. Perhitungan SNR Respon Kuat Tarik 46
Tabel 5.10. Tabel Efek SNR Respon Kuat Tarik 47
Tabel 5.11. ANOVA Respon Diameter 49
Tabel 5.12. ANOVA Respon Kuat Tarik 50
Tabel 5.13. Tabel *Ranking* Keragaman Diameter 50
Tabel 5.14. Tabel *Ranking* Keragaman Kuat Tarik 50
Tabel 5.15. Level Optimum Diameter 51
Tabel 5.16. Level Optimum Kuat Tarik 51
Tabel 5.17. Tabel Nilai Efek SNR Diameter dan Kuat Tarik 52
Tabel 5.18. Pembobotan Respon Diameter dan Kuat Tarik 53
Tabel 5.19. Hasil Percobaan Kondisi Optimum Diameter 54
Tabel 5.20. Hasil Percobaan Kondisi Optimum Kuat Tarik 55
Tabel 5.21. Hasil Percobaan Diameter Optimum 60

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.22. Hasil Percobaan Kuat Tarik Optimum 61
Tabel 5.23. Hasil Percobaan Orde Pertama *Response Surface* 63
Tabel 5.24. Hasil Percobaan Orde Kedua *Response Surface* 63
Tabel 5.25. Perbandingan Kombinasi Optimum Taguchi dan *Response Surface* 67
Tabel 5.26. Perbandingan *Stress-Strain* Metode Taguchi 67
Tabel 5.27. Perbandingan *Stress-Strain* Metode *Response Surface* 68
Tabel L.1. Hasil Eksperimen Respon Diameter 70
Tabel L.2. Hasil Eksperimen Respon Kuat Tarik 70
Tabel L.3. Hasil Eksperimen Orde Pertama *Response Surface* 86
Tabel L.4. Hasil Eksperimen Orde Kedua *Response Surface* 86
Tabel L.5. Hasil Uji Respon Diameter Optimum 87
Tabel L.6. Hasil Uji Respon Kuat Tarik Optimum 87
Tabel L.7. Tabel Hasil Percobaan 91

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Mentah Hasil Eksperimen	76
Lampiran 2	Hasil Pengujian Kondisi Optimum	87
Lampiran 3	Hasil Penelitian	91
Lampiran 4	Dokumentasi Penelitian	92
Lampiran 5	Uji Kenormalan *Software* Minitab 15	95
Lampiran 6	*Analysis of Variance* (ANOVA)	96
Lampiran 7	Hasil Perhitungan *Prediction Equation*	99
Lampiran 8	Uji Verifikasi *Mann-Whitney Test*	100

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Luas penampang bahan

ANOVA = *Analysis of Variance*

DoE = *Design of Experiment*

df = *Degree of Freedom*

F = Gaya atau beban yang diberikan

F_1 = Kode variabel optimum Taguchi tepung tapioka

F_2 = Kode variabel optimum Taguchi gliserin

F_3 = Kode variabel optimum Taguchi pasir silika

g = Gram

H_0 = Hipotesis awal

H_1 = Hipotesis akhir

L = Panjang awal bahan

L9 = Tabel matriks *Ortoghonal Array* Taguchi

ml = Mililiter

mm = Milimeter

MPa = Mega pascal

MS = *Mean Square*

OA = *Orthogonal Array*

P = *P-value*

r = Jumlah percobaan

rpm = *Rotation per minute*

SiO_2 = Silika

SNR = *Signal to Noise Ratio*

SS = *Sum of Square*

x_1 = Kode variabel optimum *response surface* tepung tapioka

x_2 = Kode variabel optimum *response surface* gliserin

x_3 = Kode variabel optimum *response surface* silika

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

y	= Rata-rata hasil percobaan
$\bar{y}_d$	= Nilai respon diameter *response surface*
$\bar{y}_k$	= Nilai respon kuat tarik *response surface*
ΔL	= Pertambahan panjang bahan
°C	= Derajat Celcius
-1	= Level rendah
0	= Level sedang
+1	= Level tinggi
α	= Tingkat signifikansi
μ	= Rata-rata hasil eksperimen
μ_0	= Rata-rata target prediksi
σ_T	= Tegangan Taguchi
σ_{RS}	= Tegangan *response surface*
ε	= Regangan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengembangan produk berkelanjutan merupakan suatu hal yang menjadi sangat penting dalam perkembangan dunia industri. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan target pasar yang luas dalam persaingan bisnis yang semakin ketat. Suatu perusahaan dituntut dapat meluncurkan produk-produk baru yang lebih berkualitas dan inovatif dibandingkan produk yang telah ada sehingga menjadi produk yang lebih kompetitif. Pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisis persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi, penjualan, dan pengiriman produk. Dari hal tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa pengembangan produk merupakan langkah yang cukup kompleks sebelum peluncuran produk ke pasaran. Pada tahap produksi tersebut seringkali diperlukan pembuatan *prototype* terlebih dahulu untuk menguji kelayakan produk sebenarnya di pasaran. *Prototype* diartikan sebagai sebuah penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi perhatian (Ulrich dan Eppinger, 1995).

Salah satu cara untuk membuat *prototype* adalah teknik *Rapid Prototyping* (RP). Teknik tersebut menggunakan bahan dasar berbentuk filamen. Teknik ini banyak digunakan dalam aplikasi mesin printer 3 Dimensi (3D). Mesin tersebut digunakan untuk membantu proses *prototyping* dan menghasilkan *prototype* dengan kualitas baik. Mesin printer 3 Dimensi ini menggunakan teknologi LMT (*Layer Manufacturing*). Saat ini mesin printer 3D menggunakan material *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS). Material ABS tergolong jenis termoplastik dengan rumus kimia $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$. Material ini juga berbentuk filamen atau batang dan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *prototype* yang menghasilkan output berupa material berjenis plastik.

Secara umum, material ABS sangat sulit untuk didapatkan karena harganya yang cukup mahal dan harus didatangkan langsung dari luar negeri. Oleh karena itu,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

berkembanglah banyak penelitian untuk mencari alternatif pilihan bahan baku yang sesuai dengan ketersediaan bahan baku di Indonesia. Salah satu diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Tontowi dan Nugroho (2010). Penelitian ini menggunakan campuran *epoxy resin*, *hardener*, dan *thinner* untuk aplikasi *liquid infiltrant* benda berbahan dasar *gypsum* dengan menggunakan metode *response surface.* Berdasarkan penelitian tersebut, berkembanglah penelitian lain yang bertujuan mengoptimasi campuran bahan filamen untuk menghasilkan bioplastik (Wijaya, 2012). Penelitian tersebut menggunakan campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika (SiO_2) dengan menggunakan metode *response surface*. Tepung tapioka yang dilarutkan dalam air berfungsi sebagai penyusun utama bioplastik, sedangkan gliserin dipilih karena dapat digunakan sebagai pemlastis (*plasticizer*). Kemudian pasir silika digunakan untuk meningkatkan kuat tarik filamen tersebut. Rancangan komposisi tiap bahan lalu dioptimasi sampai mencapai kriteria yang diinginkan yaitu filamen bioplastik dengan diameter 1,75 mm dan memiliki kuat tarik maksimum. Sementara itu komposisi campuran air dibuat tetap sebanyak 2 ml. Penelitian optimasi ini menggunakan metode *response surface* dengan rancangan *Central Composite Design* (CCD). Variabel respon yang diamati adalah diameter dan kuat tarik filamen. Pada metode *response surface* diperlukan beberapa tahapan penelitian yang cukup kompleks antara lain mencari fungsi taksiran dari model yang menyatakan hubungan antara variabel respon yang berupa diameter dan kuat tarik filamen dengan variabel faktor, estimasi parameter model, analisis karakteristik permukaan respon, serta optimasi respon.

Hasil penelitian tersebut menghasilkan dua macam persamaan polinomial, masing-masing untuk variabel respon kuat tarik dan diameter filamen. Komposisi optimum tiap campuran bahan dapat diketahui dengan memasukkan kadar campuran tiap bahan ke dalam persamaan tersebut. Berdasarkan hasil analisis, untuk mendapatkan filamen dengan diameter 1,75 mm dan kuat tarik maksimal (2,2707 MPa) kombinasi proporsi campuran adalah tepung tapioka = 1,778 g, gliserin = 0,466 ml, silika = 0,869 g.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Oleh karena masih diperlukannya penelitian lebih lanjut tentang material filamen plastik ramah lingkungan, maka dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji komposisi optimum campuran tepung tapioka, pasir silika, dan gliserin. Kelanjutan penelitian tersebut berfokus pada penggunaan alternatif desain eksperimen lain yang cocok selain *response surface*. Hal ini dilakukan untuk penyederhanaan metode percobaan dalam tuntutan hasil yang terbaik. Pada penelitian ini digunakan desain eksperimen Taguchi. Desain tersebut dipilih karena belum pernah di uji coba sebelumnya. Selain itu, penggantian desain eksperimen ini diharapkan dapat menjawab perbandingan desain terbaik untuk menghasilkan bahan dasar filamen plastik dengan tolak ukur kekuatan tarik maksimum filamen dalam diameter 1,75 mm.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah menguji apakah desain eksperimen Taguchi dapat menggantikan *response surface* dalam mengetahui komposisi optimum campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika untuk menghasilkan bahan dasar filamen plastik terbaik.

1.3. Asumsi dan Batasan

Asumsi dan batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Filamen yang dibuat adalah filamen untuk mesin printer 3D di Laboratorium Desain dan Pengembangan Produk di Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM.
2. Kondisi lingkungan (suhu, tekanan, dan kelembaban udara) pada saat eksperimen dianggap tidak mempengaruhi sifat filamen yang dihasilkan.
3. Kondisi dan interaksi bahan pada peralatan yang digunakan dalam eksperimen dianggap tidak akan mempengaruhi sifat filamen yang dihasilkan.
4. Melakukan optimasi campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika sebagai bahan dasar filamen dengan desain eksperimen Taguchi.
5. Ukuran level tiap faktor menggunakan data penelitian sebelumnya.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6. Faktor pembentukan material filamen tidak dapat dikontrol.
7. Data hasil pengukuran berupa diameter dan kekuatan tarik filamen.
8. Menggunakan pembanding data dan hasil percobaan campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika dengan desain *response surface* yang terdapat di penelitian sebelumnya.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang disebutkan, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui komposisi optimum campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika sebagai bahan dasar filamen dengan metode Taguchi.
2. Membandingkan hasil optimasi antara *response surface* dan Taguchi dalam kasus pencampuran material filamen.
3. Menghasilkan *prototype* filamen.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian optimasi campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika untuk menghasilkan bahan dasar filamen ini adalah untuk mendapatkan komposisi optimum campuran yang akan dijadikan *protoype* filamen sebagai aplikasi bahan pembentuk benda di mesin printer 3D.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Studi mengenai penelitian optimasi komponen campuran bahan dasar material filamen plastik didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu yang memiliki pembahasan terkait. Beberapa diantaranya dibahas sebagai berikut.

Sebuah penelitian tentang perancangan *user interface* mesin printer 3D menjadi suatu inovasi baru dalam teknologi pembuatan produk. Dalam penelitian ini dikenalkan beberapa metode yang banyak digunakan dalam *Rapid Prototyping* (RP) antara lain *Stereolithography Apparatus* (SLA), *Laminated Object Manufacturing* (LOM), *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Solid Ground Curing* (SGC), *Selective Laser Sintering* (SLS), dan 3D *printing* (Priyanto dkk, 2005). *Software* yang digunakan pada penelitian tersebut adalah *Visual Basic* version 6 yang diaplikasikan pada *software* AutoCAD 2004 dan Microsoft Access melalui Microsoft Windows XP.

Sebagai kelanjutan penelitian tersebut, Tontowi dan Nugroho (2010) melakukan penelitian optimasi campuran *epoxy resin*, *hardener*, dan *thinner* untuk aplikasi *liquid infiltrant* benda berbahan dasar gipsum dengan menggunakan metode *response surface*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan material yang digunakan dalam pembentukan benda tiga dimensi dengan bahan dasar gipsum. Penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan beberapa bahan antara lain *epoxy resin, hardener,* dan *thinner*. Percobaan dilakukan dengan *mixture experiments*. Kemudian dilakukan optimasi komposisi untuk memaksimalkan respon kekuatan tekanan dan kedalaman infiltrasi.

Penelitian mengenai optimasi campuran bahan pembuat plastik juga dilakukan Hartono (2012). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan mutu produk plastik dengan metode desain eksperimen Taguchi yang mengkombinasikan komposisi material bijih plastik murni dan plastik daur ulang (jenis PP/*Polypropilena*) dengan tekanan dan temperatur tertentu agar menghasilkan kekuatan tarik plastik yang lebih baik. Berdasarkan eksperimen tersebut, diperoleh kombinasi komposisi material 30%

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

plastik daur ulang, tekanan 6,5 atm dan temperatur 180°C. Dengan komposisi tersebut diperoleh rata-rata kekuatan tarik sebesar 991,667 Newton dan rasio *Signal to Noise (larger is better)* sebesar 59,9255. Secara statistik, kombinasi tersebut berpengaruh secara signifikan dengan alpha sebesar 0,05 melalui eksperimen metode Taguchi dengan matrik *Orthogonal Array* L8 (2^3).

Desain eksperimen Taguchi juga sering dipakai dalam penelitian optimasi. Salah satunya yaitu aplikasi metode Taguchi pada optimasi parameter *injection molding* untuk produk manufaktur (Kamaruddin, 2010). Faktor yang diubah dalam penelitian tersebut antara lain kecepatan injeksi, titik leleh, tekanan injeksi, tekanan pencengkram, waktu pencengkram, dan waktu pendinginan. Sedangkan respon dari penelitian tersebut berupa ukuran penyusutan dari *plastic tray*. Dalam analisis digunakan *Ortoghonal Array* (OA), *main effect*, *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan *Analysis of Variance* (ANOVA). Berdasarkan analisis tersebut didapatkan komposisi optimum level tiap campuran adalah kecepatan injeksi 90% rpm, titik leleh 240°C, tekanan injeksi 110 bar, tekanan pencengkram 96 bar, waktu pencengkraman 5 detik, dan waktu pendinginan 10 detik. Sementara itu total optimum penyusutan adalah 0,1645 cm.

Sebagai pendukung studi pustaka, penelitian mengenai optimasi campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika dengan metode *response surface* juga pernah dilakukan Wijaya (2012). Penelitian tersebut menggunakan campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika (SiO_2) dengan menggunakan metode *response surface*. Tepung tapioka yang dilarutkan dalam air berfungsi sebagai penyusun utama bioplastik, sedangkan gliserin dipilih karena dapat digunakan sebagai pemlastis (*plasticizer*). Kemudian pasir silika digunakan untuk meningkatkan kuat tarik filamen tersebut. Penelitian tersebut bertujuan meningkatkan kekuatan bahan dalam batasan diameter filamen plastik mesin printer 3D. Berdasarkan hasil analisis, untuk mendapatkan filamen dengan diameter 1,75 mm, kombinasi proporsi campuran adalah tepung tapioka = 2,068 g, gliserin = 0,299 ml, silika = 0,639 g, dan air = 2 ml. Untuk mendapatkan filamen dengan kuat tarik maksimal, kombinasi proporsi

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

campuran adalah tepung tapioka = 1,789 g, gliserin = 0,293 ml, silika = 0,938 g, dan air = 2 ml. Komposisi tersebut menghasilkan prediksi kuat tarik sebesar 1,582 MPa. Sedangkan untuk mendapatkan filamen dengan diameter 1,75 mm dan kuat tarik maksimal dengan prediksi sebesar 2,207 Mpa, maka kombinasi proporsi campuran tiap faktor adalah tepung tapioka = 1,778 g, gliserin = 0,466 ml, silika = 0,869 g, dan air = 2 ml.

Studi literatur mengenai perbandingan metode Taguchi dan *response surface* juga dilakukan melalui analisis penelitian yang dilakukan oleh Fallon, et al (1995). Penelitian tersebut bertujuan untuk membandingkan hasil optimasi proses CMOS menggunakan metode Taguchi dan *response surface*. Terdapat empat faktor kontrol yaitu dosis implan, energi implan, waktu difusi, dan temperatur difusi. Seluruh faktor tersebut diatur dengan tiga level yang berbeda. Sedangkan respon penelitian tersebut adalah kedalaman, ambang batas tegangan, dan ambang batas ketebalan. Hasil penelitian menyimpulkan beberapa kelebihan dan kekurangan kedua metode tersebut. Metode Taguchi kurang dapat merepresentasikan hasil optimum dengan baik jika jumlah respon bervariasi, sementara *response surface* hanya dapat melihat dengan baik dua faktor dalam satu *single contour plot*. Jika terdapat empat faktor maka hasilnya sulit untuk diinterpretasikan.

Sebagai analisis lebih lanjut mengenai perbedaan antara kedua metode tersebut, maka penelitian mengenai perbandingan metode Taguchi dan *response surface* dilakukan dalam kasus yang berbeda, yakni optimasi komposisi material filamen.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1. *Design of Experiment* (DoE)

DoE memberikan arti yang kuat untuk mencapai peningkatan pada kualitas produk dan efisiensi proses. Dari sisi manufaktur, DoE dapat mengurangi jumlah eksperimen yang dibutuhkan ketika mengambil sejumlah faktor yang mempengaruhi hasil eksperimen. DoE dapat melaksanakan eksperimen dengan jumlah yang paling sedikit ketika harus mempertahankan informasi paling penting. Dengan demikian, DoE menjadi alat perbaikan berkelanjutan yang cepat dan penting dalam kualitas. Metode-metode eksperimental dapat digunakan untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan proses manufaktur, untuk menggantikan sebuah proses dengan proses lainnya, untuk mengembangkan produk yang berbeda, dan untuk memahami pengaruh berbagai faktor pada kualitas akhir dari produk yang diberikan. *Design of Experiments* (DoE) adalah teknik eksperimental yang membantu untuk menyelidiki kombinasi terbaik dari parameter proses, kuantitas yang berubah, tingkat dan kombinasi dalam rangka mendapatkan hasil yang statis yang dapat diandalkan. Terdapat beberapa metode DoE yang digunakan dalam industri manufaktur, antara lain *factorial design, mixture design, taguchi method,* dan *response surface method.* Dalam *factorial design* tersebut terdapat dua macam desain, yaitu *fractional factorial* dan *full factorial*. Metode Taguchi sendiri merupakan percabangan dari *fractional factorial*, sementara *response surface* menggunakan desain *full factorial* yang digabungkan dengan model regresi. (Montgomery, 2001).

3.1.1. Metode Taguchi

Metode desain eksperimen Taguchi dicetuskan pertama kali oleh Dr. Genichi Taguchi tahun 1949. Desain eksperimen ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses dengan cara optimasi serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

diterima oleh konsumen sejak produk tersebut dikirimkan. Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari beberapa konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi target.
3. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
4. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Dalam metode Taguchi terdapat tiga tahap untuk mengoptimasi desain produk atau proses produksi (Taguchi, 1993):

1. *System Design*

   System Design merupakan upaya memunculkan konsep-konsep, ide-ide, dan metode baru untuk memberi peningkatan produk. Tahap ini merupakan tahap konseptual pada pembuatan produk baru atau inovasi proses. Konsep mungkin berasal dari percobaan sebelumnya, pengetahuan alam/teknik, perubahan baru atau kombinasinya.
2. *Parameter Design*

   Tahap ini merupakan pembuatan secara fisik atau *prototype* secara matematis berdasarkan tahap sebelumnya melalui percobaan secara statistik, misalnya penentuan susunan matriks faktor dan level. Tujuannya adalah mengidentifikasi setting parameter yang akan memberikan performansi rata-rata pada target dan menentukan pengaruh dari faktor gangguan pada variasi dan target.
3. *Tolerance Design*

   Penentuan toleransi dari parameter yang berkaitan dengan kerugian pada produsen dan konsumen akibat penyimpangan produk dari target. Pada tahap ini, kualitas ditingkatkan dengan mengetatkan toleransi pada parameter

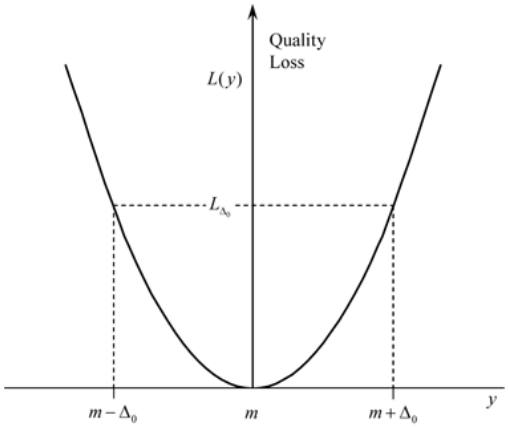
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

produk atau proses untuk mengurangi terjadinya variabilitas performansi produk.

Metode desain eksperimen Taguchi berprinsip pada perbaikan kualitas dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses yang disebut perancangan parameter.

3.1.1.1. Fungsi Kerugian Kualitas (*Loss Function*)

Fungsi ini dimaksudkan untuk menghitung kerugian kualitas yang terjadi. Bila kualitas suatu produk semakin dekat dengan nilai target, maka kualitas yang dihasilkan semakin baik. Secara matematis, fungsi tersebut dapat digambarkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Fungsi Kerugian (*Loss Function*) (Ross, 1989)

dengan,

L = kerugian tiap produk bila karakteristik kualitas sama dengan y

m = nilai nominal pada spesifikasi

k = nilai konstanta yang tergantung pada biaya spesifikasi dan lebar spesifikasi.

Berdasarkan pendekatan fungsi kerugian, karakteristik kualitas yang terukur dibagi menjadi tiga kategori (Ross, 1989):

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

a. *Nominal the best*

Karakteristik ini digunakan bila kualitas mempunyai nilai target tertentu, biasanya bukan nol, dan kerugian kualitasnya simetris pada kedua sisi target. Ada batas atas dan bawah spesifikasi pada kedua sisi target. *Nominal the best* merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat positif maupun negatif. Nilai yang diukur berdasarkan target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik. Berikut persamaan kerugian yang tertulis dari Persamaan (3.1) hingga (3.3).

$$L = k(y - m)^2 \tag{3.1}$$

$$L = k\ (MSD) \tag{3.2}$$

$$MSD = \frac{1}{n} + \sum_{i=1}^{n} (y_i - m)^2 \tag{3.3}$$

dengan,

L(y) = kerugian dalam rupiah untuk tiap produk bila karakteristik kualitas sama dengan y

MSD = *mean squared deviation*

y = karakteristik kualitas

m = nilai target y

k = koefisien biaya

b. *Smaller the best*

Karakteristik dengan harapan meminimumkan hasil dengan target ideal adalah nol. *Smaller the best* merupakan karakteristik terukur *non negative* dengan nilai ideal nol. Pencapaian nilai mendekati nol maka kualitas akan semakin baik. Dari permasalahan $L = k(y - m)^2$, target dari masalah *smaller the best* adalah m = 0, maka dapat disusun Persamaan (3.4) hingga (3.6)

$$L = ky^2 \tag{3.4}$$

$$k = \frac{A_0}{{y_0}^2} \tag{3.5}$$

$$MSD = \sum_{i=1}^{n} \frac{{y_1}^2}{n} \tag{3.6}$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

c. *Higher the best*

Karakteristik kualitas untuk memaksimalkan respon dengan hasil idealnya tidak terbatas. *Higher the best* merupakan karakteristik terukur dengan nilai *non negative* dengan nilai tak terhingga. Pencapaian nilai mendekati nilai tak terhingga maka kualitas yang dihasilkan akan semakin baik. Berikut Persamaan (3.7) dan (3.8) mengenai fungsi kerugian.

$$L = k\frac{1}{y}^2 \tag{3.7}$$

$$k = A_0.{y_0}^2 \tag{3.8}$$

3.1.1.2. *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Faktor kontrol yang dapat berkontribusi untuk mengurangi variasi (memperbaiki kualitas) dapat dengan cepat diidentifikasi dengan mencari jumlah variasi yang dihadirkan sebagai respon. Taguchi menciptakan transformasi pengulangan data untuk nilai lain yang mengukur variasi yang dihadirkan. Transformasi itu adalah *Signal to Noise Ratio* (SNR). SNR adalah ukuran obyektif dari kualitas yang memuat baik *mean* dan *variance* dalam perhitungan Ada beberapa SNR yang tersedia tergantung pada jenis karakteristik (Ross, 1989), yaitu:

1. *Lower is better*, dengan karakteristik Persamaan (3.9).

$$S/N_{LB} = -10\log\left(\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{r}{y_i}^2\right) \tag{3.9}$$

dengan,

r = jumlah pengujian dalam *trial* (jumlah pengulangan tanpa memperhatikan *noise level*)

2. *Nominal is best,* dengan karakteristik Persamaan (3.10).

Hanya *variance*:

$$S/N_{NB} = -10\log V_e \tag{3.10}$$

Mean dan *variance*:

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$S/N_{NB} = +10\log\left(\frac{V_m - V_e}{rV_e}\right) \quad (3.11)$$

3. *Higher is better*, dengan karakteristik Persamaan (3.12).

$$S/N_{HB} = -10\log\left(\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{r}\frac{1}{y_i{}^2}\right) \quad (3.12)$$

3.1.1.3. *Orthogonal Array* (OA)

Orthoghonal Array (OA) merupakan matriks rancangan percobaan yang terdiri dari baris dan kolom. Baris menunjukkan keadaan percobaan dari tiap faktor yang berbeda, sedangkan kolom menunjukkan jumlah faktor yang diubah. Matriks tersebut disebut *orthoghonal* karena level-level dari setiap faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam percobaan. Jadi OA adalah matriks seimbang dari faktor dan level, sedemikian hingga pengaruh suatu faktor atau level tidak baur *(confounded)* dengan pengaruh faktor atau level yang lain. *Orthoghonal Array* dapat dinotasikan seperti pada Persamaan (3.13).

$$L_n\ (l^f) \quad (3.13)$$

dengan,

f = banyaknya faktor (kolom)

l = banyaknya level

n = banyaknya pengamatan (baris)

L = rancangan bujur sangkar latin (OA)

3.1.1.4. Nilai Efek Rata-Rata

Nilai efek rata-rata dihitung dengan mencari nilai rata-rata dari masing-masing faktor. Nilai rata-rata dari masing-masing faktor dihitung dengan cara menjumlahkan nilai data dibagi oleh banyaknya data.

$$\overline{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \ldots + y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} \quad (3.14)$$

dengan:

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$\overline{y}$ = nilai rata-rata

y_i = nilai rata-rata ke-i

n = jumlah data

3.1.2. Metode *Response Surface*

Metode *response surface* terdiri dari sekelompok matematik dan teknik statistik yang digunakan untuk pengembangan dari kecukupan fungsi hubungan antara respon, y, dan sekelompok input angka yang dinotasikan x_1, x_2, … x_k. Secara umum, hubungan antar variable tersebut tidak diketahui tetapi dapat diperkirakan dengan model sesuai Persamaan (3.15).

$$y = f'(x)\beta + \epsilon \tag{3.15}$$

Dengan x = (x_1, x_2, …. x_k)' $f(x)$ adalah fungsi vektor dari ρ elemen yang terdiri dari kekuatan dan persilangan kekuatan produk dari x_1, x_2, … x_k sampai derajat tertentu yang dinotasikan d ($\geq$ 1), β adalah sebuah vector dari ρ sebagai koefisien konstan yang tidak diketahui atau sebagai parameter, dan ϵ sebagai *error* dari percobaan acak yang diasumsikan mempunyai rata-rata nol. Kondisi ini didasarkan pada Persamaan (3.15) yang memaparkan kecukupan perwakilan respon. Dalam hal ini, $f'(x)\beta$ mewakili respon rata-rata, nilai yang diharapkan dinotasikan dengan $\mu(x)$.

Terdapat dua model penting yang biasa digunakan dalam metode *response surface*, yaitu model derajat pertama (d = 1), seperti pada Persamaan (3.16).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \in \tag{3.16}$$

dan model derajat kedua (d = 2), seperti pada Persamaan (3.17).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i<j} \sum \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ij} x_i^2 + \in \tag{3.17}$$

Beberapa tujuan pertimbangan model, yaitu:

1. Untuk membangun hubungan pendekatan antara y dan x_1,x_2, … , x_k yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai respon dari setiap variabel kontrol.
2. Untuk menentukan tes hipotesis serta signifikansi faktor setiap level yangdirepresentasikan oleh x_1, x_2, … , x_k.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3. Untuk menentukan pengaturan optimum nilai $x_1, x_2, \ldots, x_k$ yang menghasilkan respon maksimum (atau minimum) dalam wilayah tertentu.

Persamaan model *response* dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan matriks:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + x'b + x'Bx \tag{3.18}$$

dengan $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix}$, $b = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix}$, dan $B = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{11} & \hat{\beta}_{12}/2 & \ldots & \hat{\beta}_{1k}/2 \\ & \hat{\beta}_{22} & \ldots & \hat{\beta}_{2k}/2 \\ & & \ddots & \vdots \\ sym. & & & \hat{\beta}_{kk} \end{bmatrix}$

nilai x merupakan matriks yang berukuran $k \times 1$ dengan elemennya adalah variabel eskperimen, sedangkan b merupakan matriks berukuran $k \times 1$ denganelemennya adalah koefisien orde pertama, dan B adalah matriks simetris berukuran $k \times k$ dengan elemen diagonal utama adalah koefisien *pure quadratic* ($\hat{\beta}_{ii}$) dan elemen yang lainnya adalah koefisien *mixed quadratic* ($\hat{\beta}_{ij}$, dengan $i \neq j$). Menurut Montgomery (2001), kemudian untuk mendapatkan nilai stasioner (mencari nilai maksimum atau minimum), dhitung turunan dari $\hat{y} = 0$, seperti pada Persamaan (3.19).

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x} = b + 2Bx = 0 \tag{3.19}$$

Titik stationer yang merupakan solusi Persamaan (3.19) tertulis pada Persamaan (3.20).

$$x_s = -\frac{1}{2} B^{-1} b \tag{3.20}$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (3.20) ke dalam Persamaan (3.18), maka didapatkan prediksi respon sesuai Persamaan (3.21) berikut.

$$\hat{y}_s = \hat{\beta}_0 + \frac{1}{2} x_s' b \tag{3.21}$$

3.2. Uji *Analysis of Variance* (ANOVA)

Analisis variansi merupakan merupakan alat yang digunakan untuk mengevaluasi kebaikan model regresi. Model regresi yang baik ditandai oleh tingginya koefisien determinasi. Dalam melakukan perhitungan tersebut, ANOVA memiliki beberapa tahapan. (Montgomery, 2001).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

a) Menghitung nilai *Sum of Square* (SS)

$$SS = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 \quad (3.22)$$

dengan:

SS = jumlah kuadrat

y_i = data ke-i

$\overline{y}$ = nilai rata-rata dari y_i

Sum of Square dari simpangan SS, dari nilai target y_0 dapat dihitung dengan Persamaan (3.23).

$$SS = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 + n(\bar{y} - y_0)^2 \quad (3.23)$$

b) Menghitung nilai *Degree of Freedom* (df), sesuai Persamaan (3.24) berikut.

$$df\ level = jumlah\ level - 1 \quad (3.24)$$

c) Menghitung nilai *Mean of Square* (MS) , sesuai Persamaan (3.25) berikut.

$$MS = \frac{ss}{df} \quad (3.25)$$

d) Menghitung nilai *F-ratio,* sesuai Persamaan (3.26) berikut.

$$F - ratio = \frac{MS}{MS_e} \quad (3.26)$$

dengan:

MS_e = *Mean Square Error*

e) Menghitung nilai *Pure Sum of Square* (SS'), sesuai Persamaan (3.27) berikut.

$$SS' = SS - (df\ x\ MS_e) \quad (3.27)$$

f) Menghitung persen kontribusi, sesuai Persamaan (3.28) berikut.

$$persen\ kontribusi = \left(\frac{SS'}{SS_T}\right) x\ 100\% \quad (3.28)$$

dengan:

SS_T = *Sum of Square Total*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3. Uji Verifikasi *Sign Test* dan *Mann-Whitney Test*

Menurut Montgomery (2001), untuk mengetahui apakah model tersasumsi benar atau tidak, maka dilakukan uji verifikasi dengan pengujian hipotesis untuk jenis data *non-parametric*. Hal tersebut dikarenakan jumlah sampel tidak mencukupi untuk mencapai distribusi data normal. Oleh karena itu, digunakan pengujian *Sign Test* dan *Mann-Whitney Test*. Pengujian dimulai dengan menentukan hipotesis awal (H_0) dan hipotesis akhir (H_1). Selanjutnya membandingkan antara nilai *P-value* dan α. Nilai *P-value* dapat dihitung dengan Persamaan (3.29) berikut.

$$P = P\left(R^+ \leq r^+, p = \frac{1}{2}\right) \tag{3.29}$$

dengan:

P = *P-value*

p = parameter

R^+ = Jumlah selisih nilai percobaan bertanda positif

r^+ = Jumlah percobaan bertanda positif

3.4. Material Filamen *Prototyping*

Teknologi *rapid prototyping* secara otomatis menghasilkan objek fisik layer per layer dari suatu gambar 3D CAD. Beberapa contoh metode yang ada antara lain, *Stereolithography Apparatus* (SLA), *Laminated Object Manufacturing* (LOM), *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Solid Ground Curing* (SGC), *Selective Laser Sintering* (SLS), dan 3D *printing* (Priyanto, dkk, 2005).

Material yang digunakan dalam proses *rapid prototyping* disebut sebagai filamen. Hal ini dikarenakan bentuknya yang menyerupai tali. Material filamen tersebut berjenis termoplastik. Termoplastik adalah jenis plastik yang menjadi lunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan. Proses ini juga dapat dilakukan berulang kali. Nama termoplastik diperoleh dari sifat plastis yang dapat dibentuk ulang dengan proses pemanasan. Berikut merupakan jenis-jenis material filamen *rapid prototyping*.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 3.1. Tabel Material Filamen *Rapid Prototyping* (Ling, 1996)

		Specific	Rockwell	UTS	Elongation	Modulus		Impact Notched Izod (J/cm)	Temperature (°C)		
						Tensile	Flexture		Deflection	Glass	Melting
Material	Structure	Gravity	Hardness	Mpa	of Fracture	Gpa	Gpa		at 460 kPa		
ABS	A	1.05	110 R	42	27%	2.4	2.4	2.5	68-140	107-115	
Acrylic	A	1.18	91 M	68.7	6%	3.1	3.3	0.16	60-103	100-105	130
Nylon	S	1.12	110 R	73.1	83%	2.1	2.4	1.5	85-245		250
Polycarbonate	A	1.21	120 R	69.4	96%	2.6	2.4	6.8	128-174	145-148	
Polyester											
PBT	A,S	1.42	120 R	57.1	36%	2.7	2.9	2.1	95-225		220
PET	A,S	1.32	110 R	55	130%	2.7		1.4	68-72	73-78	250
Polyethylene											
LDPE	S(-55%C)	0.92	60 R	11	190%	0.21	0.27	3.9	40-67		110
HDPE	S(-90%C)	0.96	63 R	20.3	380%	0.91	1.1	1.9	60-104		130
Polypropylene	S	0.94	96 R	36.8	120%	1.9	1.4	0.98	13-238		160
Polyvinylchloride											
Rigid	A	1.4		40	60%		3	2.75	62	75-105	200
Flexible	A			13	320%				62	75-105	

3.5. Uji Tarik

Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu, dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji. Untuk hampir semua logam, pada tahap awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Hal tersebut dapat dilihat dalam hasil eksperimen uji tarik yang merujuk pada Gambar 3.2.

Kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban disebut *Ultimate Tensile Strength* (UTS) atau tegangan tarik maksimum. Modulus Elastisitas (E) adalah gradien kurva dalam daerah linier, dengan perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ε) selalu tetap. Regangan didefinisikan sebagai derajat kuantitas deformasi sebuah spesimen. Deformasi regangan dapat dirumuskan pada Persamaan (3.30) berikut.

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o} \tag{3.30}$$

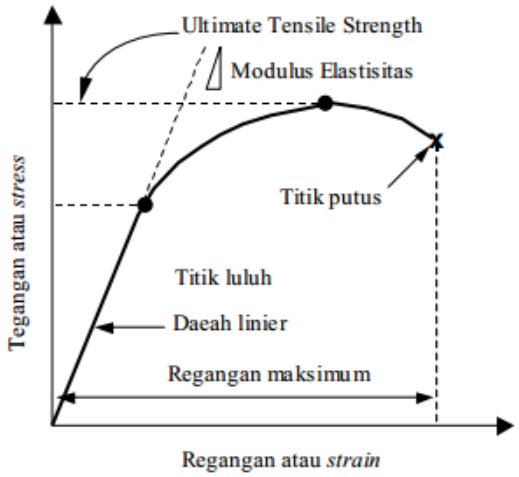
dengan,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ε = regangan

L_f = panjang spesimen akhir

L_o = panjang spesimen awal



Gambar 3.2. Kurva *Stress-Strain* (SS) (Ling, 1996)

Sementara itu, menurut Ling (1996) tegangan yang terjadi dapat dirumuskan sebagai perbandingan antara gaya (F) yang berbanding tegak lurus dengan luasan area (A) pada beban yang diberikan sesuai Persamaan (3.31) berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{3.31}$$

dengan,

σ = tegangan

F = gaya

A = luasan area

Kurva yang menyatakan hubungan antara tegangan dan regangan ini kerap disebut kurva SS *(Strain-Stress).*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1. Rancangan Studi

4.1.1. Objek dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dikerjakan di Laboratorium Desain dan Pengembangan Produk Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan nilai level tiap faktor untuk tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika sebagai bahan penyusun filamen plastik. Objek penelitian ini adalah hasil pengukuran diameter dan kuat tarik tiap filamen. Melalui penelitian ini, di samping dapat menghasilkan komposisi optimum bahan dasar filamen, penelitian ini juga diharapkan mampu menjawab serta memberikan alternatif terbaik hasil perbandingan metode desain eksperimen Taguchi dan *response surface* dalam optimasi campuran filamen yang terdiri dari campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika dalam memaksimumkan kuat tarik pada *default* diameter 1,75 mm sebagai aplikasi mesin printer 3D.

4.1.2. Data Penelitian

Data yang dikumpulkan di dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder, yaitu:

a. Data Primer

   Data primer adalah data yang langsung didapatkan dari obyek penelitian dan hasil percobaan di Laboratorium Desain dan Pengembangan Produk Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Data primer ini meliputi:

   1. Data proporsi masing-masing komponen penyusun campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika sebagai bahan baku pembuatan filamen.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2. Data hasil percobaan pembuatan filamen, yaitu diameter dan kuat tarik-*strain* filamen.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan dari studi literatur dari penelitian terdahulu. Data sekunder ini meliputi data hasil percobaan metode *response surface* (Wijaya, 2012), yaitu kuat tarik tiap spesimen filamen dalam *default* diameter 1,75 mm.

4.1.3. Metode Pengumpulan Data

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan membaca buku-buku referensi pendukung serta jurnal-jurnal penelitian terkait terdahulu yang dapat menunjang penelitian yang akan dilakukan. Data yang didapat melalui studi literatur ini antara lain, data proporsi masing-masing komponen campuran tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika sebagai bahan baku pembuatan filamen dan proses pembuatan filamen (Wijaya, 2012), metode desain eksperimen Taguchi, dan uji statistik (Montgomery, 2001).

2. Percobaan

Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan cara melakukan percobaan pembuatan filamen plastik di Laboratorium Desain dan Pengembangan Produk Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Data yang diambil antara lain diameter dan kuat tarik filamen dari masing-masing kombinasi campuran bahan yang dirancang dalam penelitian.

4.2. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

a. Alat uji kuat tarik
b. *Timer/stopwatch*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

c. Alat pengaduk (*stirrer*) dan pemanas elektrik
d. Oven
e. Gelas ukur
f. Pipet tetes
g. Spatula besi
h. Sendok takaran 5 ml
i. Timbangan elektrik
j. Alat cetakan injeksi filamen
k. Kalkulator
l. Alat pencatat data (lembar pengamatan dan alat tulis)
m. *Software* Minitab 15 dan *Microsoft Excel* 2007

4.3. Bahan Penelitian

a. Tepung tapioka merk *Rose Brand*
b. Gliserin MKR Chemicals
c. Pasir silika
d. Aquades CV General Labora

4.4. Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perumusan masalah dan objektif penelitian

   Adapun masalah yang timbul dan melatarbelakangi penelitian ini adalah berkembangnya berbagai penelitian untuk mengoptimasi campuran material sebagai bahan dasar filamen. Salah satu metode yang belum pernah digunakan adalah Taguchi. Oleh karena itu, digunakan metode Taguchi dalam mengoptimasi campuran dari tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika. Penelitian ini juga dimaksudkan untuk membandingkan metode optimasi desain eksperimen terbaik antara metode Taguchi dengan *response surface* yang pernah dilakukan sebelumnya.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2. Pemilihan faktor dan level

Berdasarkan hasil studi maka ditentukanlah variabel-variabel bebas atau faktor yang berpengaruh terhadap hasil percobaan. Dalam penelitian ini terdapat tiga faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain proporsi masing-masing komponen bahan campuran pembuat filamen yaitu tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika. Besaran faktor-faktor tersebut divariasikan pada tiga level, yaitu level rendah (-1), level sedang (0), dan level tinggi (1). Pada penelitian ini, rentang komposisi tiap campuran adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Penentuan Kode Faktor dan Level

Faktor	Kode	Level (-1)	Level (0)	Level (1)
Tepung Tapioka (gram)	A	1,8	1,9	2,0
Gliserin (ml)	B	0,3	0,5	0,7
Pasir Silika (gram)	C	0,8	1,3	1,8

3. Pemilihan variabel respon

Pada rancangan penelitian ini, terdapat variabel respon penelitian yaitu, diameter dan kuat tarik-*strain* filamen dari masing-masing *treatment* atau kombinasi percobaan.

4. Pemilihan rancangan percobaan

Percobaan untuk pengambilan data primer dalam penelitian ini menggunakan metode desain eksperimen Taguchi dengan alasan bahwa metode ini belum pernah dilakukan sebelumnya pada kasus pencampuran material filamen serta sebagai metode pembanding *response surface* untuk menghasilkan *output* terbaik.

Dalam metode tersebut, tahap selanjutnya setelah pemilihan faktor dan respon adalah menentukan matriks *Orthogonal Array*. Percobaan tersebut terdiri dari tiga level dan tiga faktor sehingga matriks yang cocok adalah L9 (3^3) seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.2. Tabel *Ortoghonal Array* L9

Run	A	B	C
1	-1	-1	-1
2	-1	0	0
3	-1	1	1
4	0	-1	0
5	0	0	1
6	0	1	-1
7	1	-1	1
8	1	0	-1
9	1	1	0

Istilah L9 menunjukkan bahwa percobaan tersebut terdiri dari sembilan kombinasi level campuran yang berbeda dengan tiga kali pengulangan untuk masing-masing kombinasi level campuran. Pengulangan dimaksudkan untuk menguji konsistensi hasil dari tiap percobaan dan meminimalisasi *error*, sehingga seluruhnya terdapat 27 sampel filamen untuk respon diameter dan kuat tarik. Urutan kombinasi percobaan merujuk pada Tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3. Urutan Percobaan Respon Diameter

Run	Faktor			Respon Diameter ke-		
	A	B	C	1	2	3
1	1,8	0,3	0,8			
2	1,8	0,5	1,3			
3	1,8	0,7	1,8			
4	1,9	0,3	1,3			
5	1,9	0,5	1,8			
6	1,9	0,7	0,8			
7	2,0	0,3	1,8			
8	2,0	0,5	0,8			
9	2,0	0,7	1,3			

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.4. Urutan Percobaan Respon Kuat Tarik

Run	Faktor			Respon Kuat Tarik ke-		
	A	B	C	1	2	3
1	1,8	0,3	0,8			
2	1,8	0,5	1,3			
3	1,8	0,7	1,8			
4	1,9	0,3	1,3			
5	1,9	0,5	1,8			
6	1,9	0,7	0,8			
7	2,0	0,3	1,8			
8	2,0	0,5	0,8			
9	2,0	0,7	1,3			

5. Pelaksanaan percobaan

Pelaksanaan percobaan dimulai dengan tahapan sebagai berikut:

1. Proses penuangan aquades 2 ml (konstan) ke dalam gelas ukur.

   Pada langkah awal, aquades dituang sebanyak 2 ml ke dalam gelas ukur menggunakan pipet tetes. Level aquades 2 ml ini dijaga konstan untuk setiap kombinasi percobaan.

2. Pencampuran gliserin kedalam larutan aquades

   Selanjutnya tiap gelas ukur yang berisi aquades 2 ml dicampur dengan tetesan gliserin sesuai besaran komposisi percobaan (0,3-0,7 ml) seperti gambar yang merujuk pada Gambar 4.1. Gliserin berfungsi sebagai pemlastis material filamen.

3. Pengukuran tepung tapioka dan pasir silika.

   Tepung tapioka sebagai bahan utama campuran ditimbang dengan alat ukur dengan rentang ukuran (1,8-2 g). Kemudian pasir silika ditimbang sesuai dengan komposisi percobaan (0,8-1,8 g).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.1. Proses Pencampuran Aquades

4. Pencampuran tepung tapioka, gliserin, dan aquades.

   Selanjutnya tepung tapioka dimasukkan ke dalam larutan aquades dan gliserin secara manual. Tepung tapioka dimasukkan terlebih dahulu dibanding pasir silika agar campuran dapat tercampur merata.

5. Pengadukan campuran secara elektrik selama 1 menit dengan kecepatan putar 350 rpm.

   Campuran tepung tapioka, aquades, dan gliserin selanjutnya di aduk secara elektrik menggunakan alat *stirrer* atau pengaduk elektrik dengan kecepatan putar 350 rpm selama 1 menit. Selama alat berputar digunakan perantara besi pengaduk untuk menjaga gelas ukur tetap berputar pada porosnya. Berikut penggambaran proses pengadukan pada Gambar 4.2.

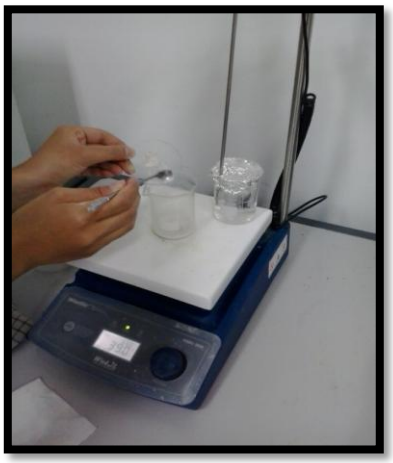
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.2. Proses Pengadukan Elektrik

6. Proses pemanasan dengan suhu 65°C selama 1 menit.

   Setelah diputar selama 1 menit dalam kecepatan 350 rpm, campuran tersebut kemudian dipanaskan dengan suhu 65°C selama 1 menit dalam keadaan pengaduk terus berputar. Setelah itu pasir silika dimasukkan ke dalam campuran secara perlahan-lahan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari campuran mengental terlebih dahulu. Proses pencampuran pasir silika dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Proses Penambahan Pasir Silika

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7. Proses penuangan campuran ke alat cetak

   Setelah alat pemutar elektrik berhenti, campuran tersebut siap untuk dicetak dengan alat injeksi. Sebelum campuran mengeras maka pencetakan dilakukan diatas pelat besi sebagai pencetak, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Proses Penuangan Campuran

8. Proses pencetakan dan pengeringan filamen pada suhu 70°C

   Mencetak campuran tersebut dengan alat injeksi ke dalam loyang untuk selanjutnya dipanaskan dalam oven selama ± 45 menit dalam suhu 70°C. Proses pemanasan tergambar pada Gambar 4.5 dan hasil filament yang sudah kering dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.5. Proses Pemanasan



Gambar 4.6. Hasil Filamen

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9. Proses pengujian respon

   Setelah semua sampel filamen dibuat, selanjutnya seluruh sampel diuji dengan pengukuran kedua respon, yaitu diameter dan kuat tarik.

10. Mengulangi langkah di atas sampai semua rancangan percobaan selesai.

4.5. Pengolahan Data

Setelah tahap pengumpulan data selesai, selanjutnya data-data tersebut dianalisis secara statistik untuk mendapatkan efek faktor, efek interaksi yang signifikan, serta hasil optimum rancangan kombinasi percobaan. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengolah data tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menghitung efek rata-rata untuk tiap hasil dari kombinasi percobaan. Cara perhitungan efek rata-rata adalah dengan mencari selisih nilai tertinggi dikurangi nilai terkecil pada nilai rata-rata level faktor seperti Persamaan (3.14). Selanjutnya perhitungan tersebut dimasukkan ke dalam tabel respon untuk melihat efek rata-rata yang dihasilkan tiap faktor.

2. Menghitung nilai SNR untuk tiap hasil kombinasi percobaan berdasarkan kualitas tujuan yaitu *nominal best* untuk respon diameter dan *high is better* untuk respon kuat tarik. Perhitungan tersebut dilakukan dengan analisis *software* minitab 15.

3. Melakukan perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA).

   Analisis variansi dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap respon diameter dan kuat tarik filamen hasil percobaan. Perhitungan ANOVA melalui beberapa tahapan sesuai dengan Persamaan (3.22) hingga (3.28).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4. Menghitung Pembobotan nilai SNR

   Penelitian ini terdiri dari dua respon yang berbeda (*multiresponses*) yaitu diameter dan kuat tarik. Terkadang kombinasi hasil optimum untuk satu respon berbeda dengan respon lainnya. Oleh karena itu, dilakukan penghitungan bobot nilai SNR untuk mendapatkan satu jenis kombinasi rancangan percobaan yang memenuhi kriteria *nominal best* untuk diameter dan *high is better* untuk kuat tarik.

5. Menyusun model persamaan (*prediction equation*)

   Setelah mendapatkan kombinasi optimum untuk *multiresponses*, selanjutnya dilakukan penyusunan prediksi model persamaan untuk mencapai kuat tarik maksimal dan diameter 1,75 mm. penyusunan model tersebut didasarkan pada hubungan antar faktor.

Desain faktorial digunakan untuk mempelajari hubungan antar faktor terhadap respon (Montgomery, 2001). Terdapat beberapa persamaan sesuai hubungan antar faktor, yaitu:

a. Desain Faktorial Orde Satu

   Jika penelitian memiliki satu hubungan antar variabel, maka persamaan faktorial dapat dituliskan seperti pada Persamaan (4.1) berikut.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon \qquad (4.1)$$

   dengan:

   Y = *Output*

   β = Parameter

   X = Variabel yang mewakili faktor

   ϵ = Error

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

b. Desain Faktorial Orde Kedua

Jika penelitian memiliki hubungan antar faktor yang lebih dari satu, maka persamaan faktorial dapat dituliskan seperti Persamaan (4.2) berikut.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \epsilon \quad (4.2)$$

dengan:

Y = *Output*

β = Parameter

X = Variabel yang mewakili faktor

ϵ = Error

Namun, jika variabel dalam persamaan tidak memiliki hubungan/interaksi, maka model persamaan dapat dituliskan seperti Persamaan (4.3).

$$Y = X_0 + X_1 F_1 + X_2 F_2 + X_3 F_3 \quad (4.3)$$

dengan:

Y = *Output*

X_0= Rata-rata hasil eksperimen

X_1= Koefisien faktor A

X_2= Koefisien faktor B

X_3= Koefisien faktor C

F_1= Level optimum faktor A (-1, 0, +1)

F_2= Level optimum faktor B (-1, 0, +1)

F_3= Level optimum faktor C (-1, 0, +1)

6. Uji Verifikasi

Kebenaran asumsi model dapat diuji melalui uji verifikasi dengan pengujian hipotesis untuk jenis data *non-parametric*. Hal tersebut dikarenakan jumlah sampel tidak mencukupi untuk mencapai

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

distribusi data normal. Oleh karena itu, digunakan pengujian *Sign Test* dan *Mann-Whitney Test*. Pengujian dimulai dengan menentukan hipotesis awal (H_0) dan hipotesis akhir (H_1). Selanjutnya membandingkan antara nilai *P-value* dan α.

7. Membandingkan Hasil

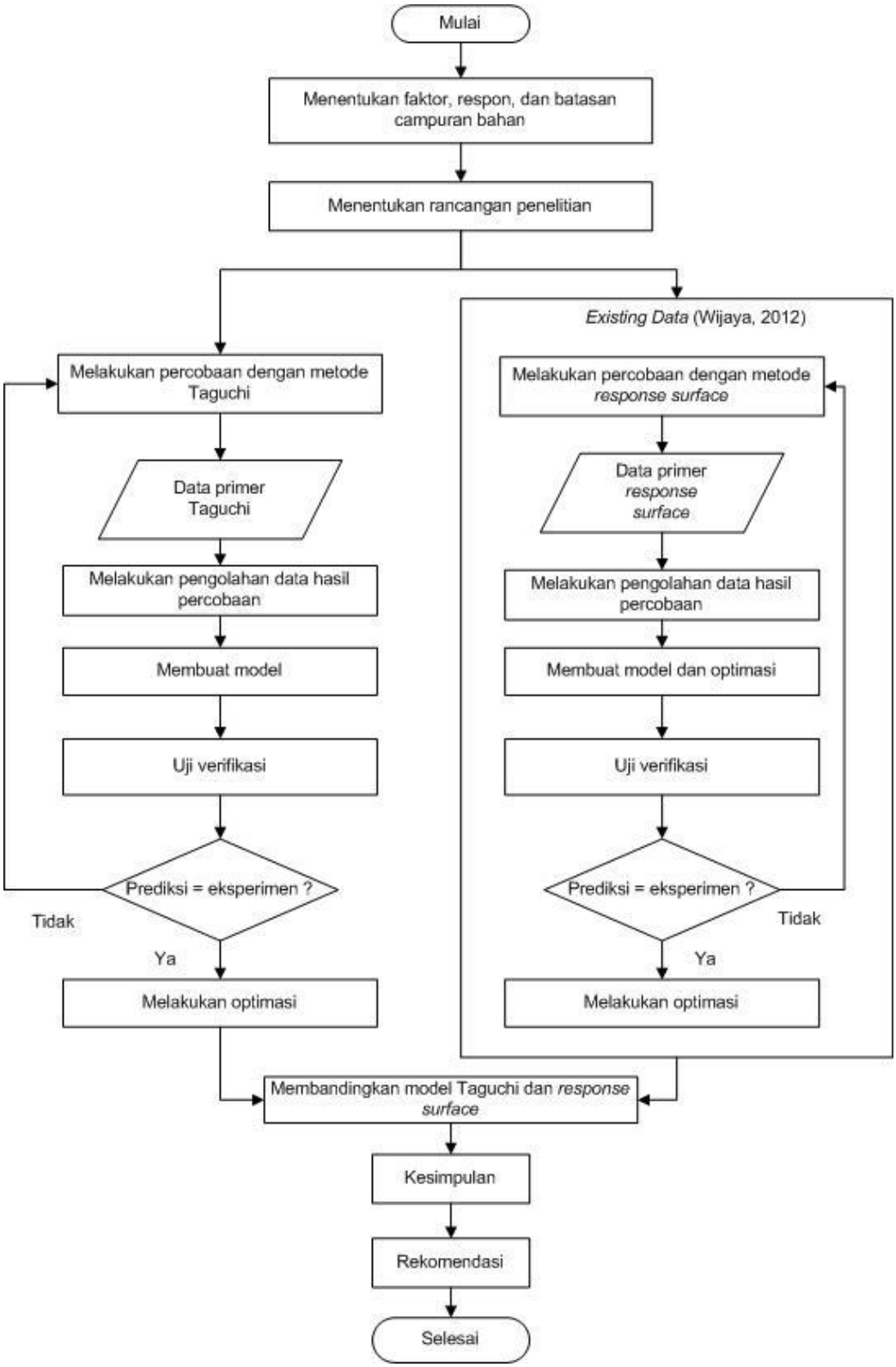
   Apabila model yang dibuat telah sesuai dan lulus uji verifikasi, tahapan selanjutnya adalah membandingkan hasil optimasi Taguchi dan *response surface* dengan tujuan mendapatkan kuat tarik maksimum dalam nilai diameter 1,75 mm.

   Perbandingan nilai dilihat dari hasil prediksi diameter dan kuat tarik optimum, hasil eksperimen diameter dan kuat tarik optimum, hasil prediksi model persamaan diameter optimum, dan hasil prediksi model persamaan kuat tarik optimum.

8. Menuliskan Kesimpulan

   Setelah mengetahui perbedaan nilai antara hasil optimasi Taguchi dan *response surface*, lalu dilakukan penulisan mengenai kesimpulan untuk menjawab apakah metode Taguchi dapat menggantikan metode *response surface* untuk kasus optimasi komposisi material filamen.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.7. Diagram Alir Penelitian

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Komposisi Optimum Campuran

5.1.1. Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung melalui percobaan di Laboratorium Desain dan Pengembangan Produk Universitas Gadjah Mada. Percobaan ini memiliki tiga faktor yaitu tepung tapioka (A), gliserin (B), dan pasir silika (C) dalam rentang tiga level berbeda yaitu, rendah (-1), sedang (0), dan tinggi (+1). Sehingga dipilih matrik *Orthogonal Array* (OA) L9 sebanyak sembilan kombinasi percobaan berbeda dengan masing-masing tiga kali pengulangan. Hasil percobaan respon tersebut merujuk pada Tabel 5.1. dan Tabel 5.2.

5.1.2. Pengolahan Data Metode Taguchi

Adapun tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui kombinasi optimum yang tepat berdasarkan metode Taguchi dari tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika untuk mendapatkan kuat tarik maksimum dalam batasan diameter 1,75 mm. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah mengetahui seberapa besar pengaruh faktor-faktor tersebut dalam penentuan kombinasi optimum. Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan, diantaranya perhitungan efek rata-rata, perhitungan efek *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan perbandingan *Analisis of Variance* (ANOVA).

Perhitungan efek rata-rata dihitung dengan mencari selisih nilai tertinggi dan nilai terendah dari data hasil percobaan. Sementara efek SNR dihitung berdasarkan kualitas tujuan dari masing-masing respon. Respon diameter menggunakan kategori SNR *nominal best* dan perhitungan berdasarkan Persamaan (3.10) karena besarnya diameter ditentukan dari awal percobaan yaitu sebesar 1,75 mm. Respon kuat tarik maksimum menggunakan kategori SNR *higher is better* sesuai Persamaan (3.12) karena tujuan penelitian ini adalah memaksimumkan kuat tarik, sehingga dari nilai SNR yang muncul diambil nilai yang tertinggi. Sedangkan metode ANOVA dapat

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dihitung manual berdasarkan Persamaan (3.22) sampai (3.28) dan dengan bantuan *software* statistik Minitab 15.

Jika kombinasi optimum telah didapat, kemudian kombinasi beserta hasil optimum metode Taguchi tersebut dibandingkan dengan hasil metode *response surface*. Perbandingan dapat dilihat dari susunan kombinasi optimum, hasil eksperimen, hasil prediksi, dan model prediksi dari masing-masing metode.

Tabel 5.1. Hasil Percobaan Respon Diameter

Run	Faktor			Respon Diameter (mm)		
	A	B	C	1	2	3
1	1,8	0,3	0,8	1,76	1,72	1,72
2	1,8	0,5	1,3	1,92	1,88	1,88
3	1,8	0,7	1,8	1,78	1,99	1,94
4	1,9	0,3	1,3	1,92	1,78	1,88
5	1,9	0,5	1,8	2,12	2,18	2,06
6	1,9	0,7	0,8	2,21	2,03	2,02
7	2,0	0,3	1,8	1,99	2,09	2,15
8	2,0	0,5	0,8	1,98	1,75	2,19
9	2,0	0,7	1,3	2,32	2,32	2,32

Tabel 5.2. Hasil Percobaan Respon Kuat Tarik

Run	Faktor			Respon Kuat Tarik (MPa)		
	A	B	C	1	2	3
1	1,8	0,3	0,8	0,9761	0,7091	0,9433
2	1,8	0,5	1,3	0,3119	0,2580	0,4141
3	1,8	0,7	1,8	0,0986	0,0913	0,0544
4	1,9	0,3	1,3	0,2772	0,5840	0,3422
5	1,9	0,5	1,8	0,2105	0,2460	0,1533
6	1,9	0,7	0,8	0,2033	0,2472	0,1720
7	2,0	0,3	1,8	0,7565	0,4434	0,6121
8	2,0	0,5	0,8	0,5680	0,3350	0,5112
9	2,0	0,7	1,3	0,3267	0,3343	0,3047

Dari data hasil percobaan pada Tabel 5.1 dan 5.2 selanjutnya data-data tersebut diolah dengan metode statistika, seperti mencari rata-rata dan standar deviasi untuk setiap percobaan. Hal tersebut berguna untuk pendistribusian dalam tabel efek

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

rata-rata dan efek *signal to noise ratio* (SNR). Perhitungan rata-rata respon diameter dan kuat tarik dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan 5.4.

Tabel 5.3. Perhitungan Rata-Rata Respon Diameter

Run	Faktor			Respon Diameter (mm)			Average	SD
	A	B	C	1	2	3		
1	1,8	0,3	0,8	1,76	1,72	1,72	1,73	0,02
2	1,8	0,5	1,3	1,92	1,88	1,88	1,89	0,02
3	1,8	0,7	1,8	1,78	1,99	1,94	1,90	0,11
4	1,9	0,3	1,3	1,92	1,78	1,88	1,86	0,07
5	1,9	0,5	1,8	2,12	2,18	2,06	2,12	0,06
6	1,9	0,7	0,8	2,21	2,03	2,02	2,09	0,11
7	2	0,3	1,8	1,99	2,09	2,15	2,08	0,08
8	2	0,5	0,8	1,98	1,75	2,19	1,97	0,22
9	2	0,7	1,3	2,32	2,32	2,32	2,32	0

Tabel 5.4. Perhitungan Rata-Rata Respon Kuat Tarik

Run	Faktor			Respon Kuat Tarik (MPa)			Average	SD
	A	B	C	1	2	3		
1	1,8	0,3	0,8	0,9761	0,7091	0,9433	0,88	0,15
2	1,8	0,5	1,3	0,3119	0,258	0,4141	0,33	0,08
3	1,8	0,7	1,8	0,0986	0,0913	0,0544	0,08	0,02
4	1,9	0,3	1,3	0,2772	0,584	0,3422	0,4	0,16
5	1,9	0,5	1,8	0,2105	0,246	0,1533	0,2	0,05
6	1,9	0,7	0,8	0,2033	0,2472	0,172	0,21	0,04
7	2	0,3	1,8	0,7565	0,4434	0,6121	0,6	0,16
8	2	0,5	0,8	0,568	0,335	0,5112	0,47	0,12
9	2	0,7	1,3	0,3267	0,3343	0,3047	0,32	0,02

Dalam percobaan ini terdapat tiga faktor yang berpengaruh terhadap respon diameter dan kuat tarik yaitu tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika. Ketiga faktor tersebut memiliki kontribusi yang berbeda terhadap respon. Tingkat kontribusi tersebut dapat diurutkan mulai dari yang paling berpengaruh hingga kurang berpengaruh. Urutan *ranking* tersebut dapat dilakukan melalui berbagai metode

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

perhitungan. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan terhadap efek rata-rata, efek *signal to noise ratio* (SNR), dan *Analisis of Variance* (ANOVA).

5.1.2.1. Perhitungan Efek Rata-Rata

Setelah perhitungan rata-rata dan standar deviasi, selanjutnya dilakukan perhitungan efek rata-rata untuk menentukan faktor mana yang paling berpengaruh di antara tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika terhadap diameter serta kuat tarik filamen. Efek rata-rata dihitung dengan mencari selisih antara nilai tertinggi dan nilai terendah dari nilai rata-rata tiap percobaan. Tabel 5.5 berikut menunjukkan respon pengukuran efek rata-rata diameter dalam fungsi mencapai nominal diameter 1, 75 mm.

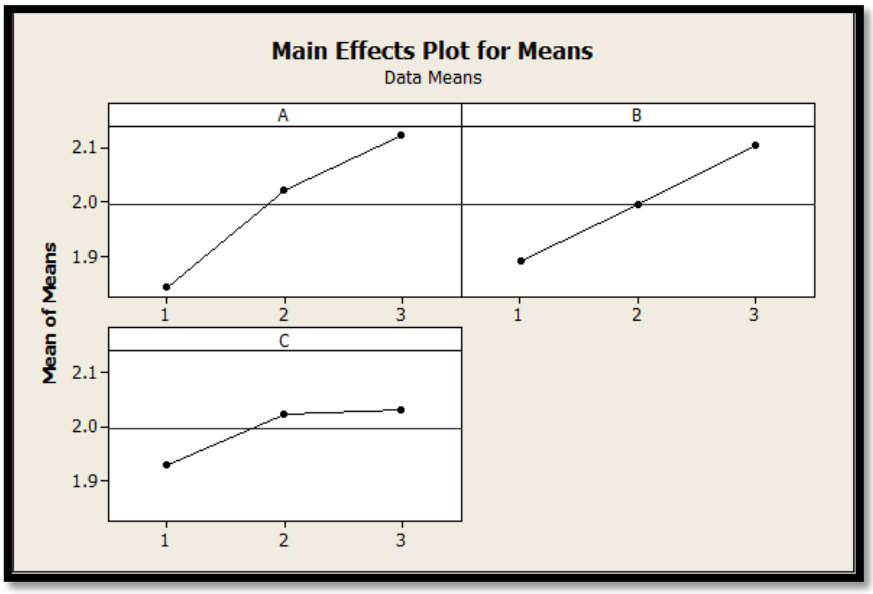
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.5. Tabel Efek Rata-Rata Respon Diameter

Run	A			B			C		
	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
1	1,73			1,73			1,73		
2	1,89				1,89			1,89	
3	1,9					1,9			1,9
4		1,86		1,86				1,86	
5		2,12			2,12				2,12
6		2,09				2,09	2,09		
7			2,08	2,08					2,08
8			1,97		1,97		1,97		
9			2,32			2,32		2,32	
Total	5,52	6,07	6,37	5,67	5,98	6,31	5,79	6,07	6,1
Data Replication	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Average	1,84	2,02	2,12	1,89	1,99	2,10	1,93	2,02	2,03
Estimated Main Effect	0,28			0,21			0,10		
Rank	1			2			3		
Optimum	A(-1)			B(-1)			C(-1)		

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Hasil pengukuran diameter untuk masing-masing percobaan diplot ke dalam Tabel 5.5 sesuai level dan faktor percobaan. Selanjutnya rata-rata hasil pengukuran untuk setiap level dalam faktor. Efek rata-rata diestimasikan dengan mencari selisih antara rata-rata diameter tertinggi dikurangi rata-rata diameter terendah. Oleh karena fungsi tujuan dalam percobaan ini adalah mencapai nilai tertentu (*nominal best*), maka diambil hasil estimasi efek rata-rata yang mendekati nilai 1,75 sebagai hasil yang optimum. Analisis perhitungan efek rata-rata juga dapat dilihat melalui diagram plot menggunakan *software* minitab 15, seperti pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Diagram Plot Efek Rata-Rata Diameter

Diagram tersebut menunjukkan plot efek rata-rata untuk tiap faktor, tepung tapioka (A), gliserin (B), dan pasir silika (C). Masing-masing faktor tersebar dalam tiga level berbeda. Level rendah (-1) dinotasikan dengan 1, level sedang (0) dinotasikan dengan 2, dan level tinggi (+1) dinotasikan dengan 3.

Melalui penggambaran Tabel 5.5 dan Gambar 5.1 didapatkan hasil urutan faktor yang paling berpengaruh hingga kurang berpengaruh adalah tepung tapioka,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

gliserin, dan pasir silika. Faktor tepung tapioka (A) memiliki level optimum rendah (-1), faktor gliserin (B) memiliki level optimum rendah (-1), dan faktor pasir silika (C) memiliki level optimum rendah (-1), sehingga kombinasi optimum untuk respon diameter adalah -1,-1, dan -1.

Untuk pengukuran kuat tarik dilakukan dengan sembilan kali percobaan dan masing-masing tiga kali pengulangan. Pengulangan dimaksudkan untuk mendapatkan hasil yang konsisten dan meminimalisasi error yang terjadi. Dari data mentah tersebut dilakukan perhitungan efek rata-rata untuk mencari kombinasi optimum. Tabel 5.6 berikut merupakan respon perhitungan efek rata-rata kuat tarik dengan tujuan memaksimumkan kuat tarik.

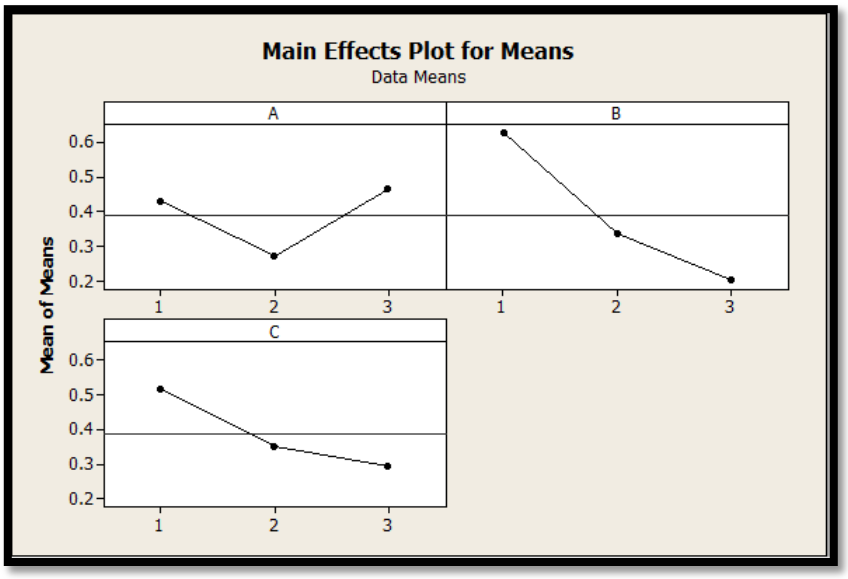
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.6. Tabel Efek Rata-Rata Respon Kuat Tarik

Run	A			B			C		
	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
1	0,88			0,88			0,88		
2	0,33				0,33			0,33	
3	0,08					0,08			0,08
4		0,4		0,4				0,4	
5		0,2			0,2				0,2
6		0,21				0,21	0,21		
7			0,6	0,6					0,6
8			0,47		0,47		0,47		
9			0,32			0,32		0,32	
Total	1,29	0,81	1,39	1,88	1	0,61	1,56	1,05	0,88
Data Replication	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Average	0,43	0,27	0,46	0,63	0,33	0,20	0,52	0,35	0,29
Estimated Main Effect	0,19			0,42			0,23		
Rank	3			1			2		
Optimum	A(+1)			B(-1)			C(-1)		

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Hasil pengukuran kuat tarik untuk masing-masing percobaan di plot ke dalam Tabel 5.6 sesuai level dan faktor percobaan. Selanjutnya rata-rata hasil pengukuran untuk setiap level dalam faktor. Efek rata-rata diestimasikan dengan mencari selisih antara rata-rata kuat tarik tertinggi dikurangi rata-rata kuat tarik terendah. Oleh karena fungsi tujuan dalam percobaan ini adalah mencapai nilai maksimum (*higher is better*), maka diambil hasil estimasi efek rata-rata tertinggi sebagai hasil yang optimum. Analisis perhitungan efek rata-rata juga dapat dilihat melalui diagram plot menggunakan *software* minitab 15, seperti pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Diagram Plot Efek Rata-Rata Kuat Tarik

Diagram tersebut menunjukkan plot efek rata-rata untuk tiap faktor, tepung tapioka (A), gliserin (B), dan pasir silika (C). Masing-masing faktor tersebar dalam tiga level berbeda. Level rendah (-1) dinotasikan dengan 1, level sedang (0) dinotasikan dengan 2, dan level tinggi (+1) dinotasikan dengan 3.

Melalui penggambaran Tabel 5.6. dan Gambar 5.2. didapatkan hasil urutan faktor yang paling berpengaruh hingga kurang berpengaruh adalah gliserin, pasir silika, dan tepung tapioka. Faktor tepung tapioka (A) memiliki level optimum tinggi

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

(+1), faktor gliserin (B) memiliki level optimum rendah (-1), dan faktor pasir silika (C) memiliki level optimum rendah (-1), sehingga kombinasi optimum untuk respon kuat tarik adalah +1,-1, dan -1.

5.1.2.2. Perhitungan Efek *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Penentuan kombinasi optimum dan efek faktor yang paling berpengaruh dalam respon percobaan juga dilakukan dengan metode perhitungan efek SNR. Perhitungan ini membandingkan antara sinyal faktor yang diinginkan (*signal*) dengan faktor pengganggu yang tidak dapat dikontrol atau tidak diinginkan (*noise*). Penelitian ini memiliki dua respon dengan kategori berbeda dalam SNR. Respon diameter memiliki kategori *nominal best*, sedangkan respon kuat tarik memiliki kategori *higher is better*. Analisis perhitungan efek SNR didapatkan dengan *software* Minitab 15 yang dimasukkan ke dalam tabel masing-masing respon percobaan. Tabel 5.7 berikut merupakan respon perhitungan efek SNR diameter.

Tabel 5.7. Perhitungan SNR Respon Diameter

Run	Faktor			Respon Diameter ke-			Average	SNR
	A	B	C	1	2	3		
1	1,8	0,3	0,8	1,76	1,72	1,72	1,73	32,73
2	1,8	0,5	1,3	1,92	1,88	1,88	1,89	32,73
3	1,8	0,7	1,8	1,78	1,99	1,94	1,90	19,20
4	1,9	0,3	1,3	1,92	1,78	1,88	1,86	22,84
5	1,9	0,5	1,8	2,12	2,18	2,06	2,12	24,44
6	1,9	0,7	0,8	2,21	2,03	2,02	2,09	19,42
7	2	0,3	1,8	1,99	2,09	2,15	2,08	21,85
8	2	0,5	0,8	1,98	1,75	2,19	1,97	13,15
9	2	0,7	1,3	2,32	2,32	2,32	2,32	0

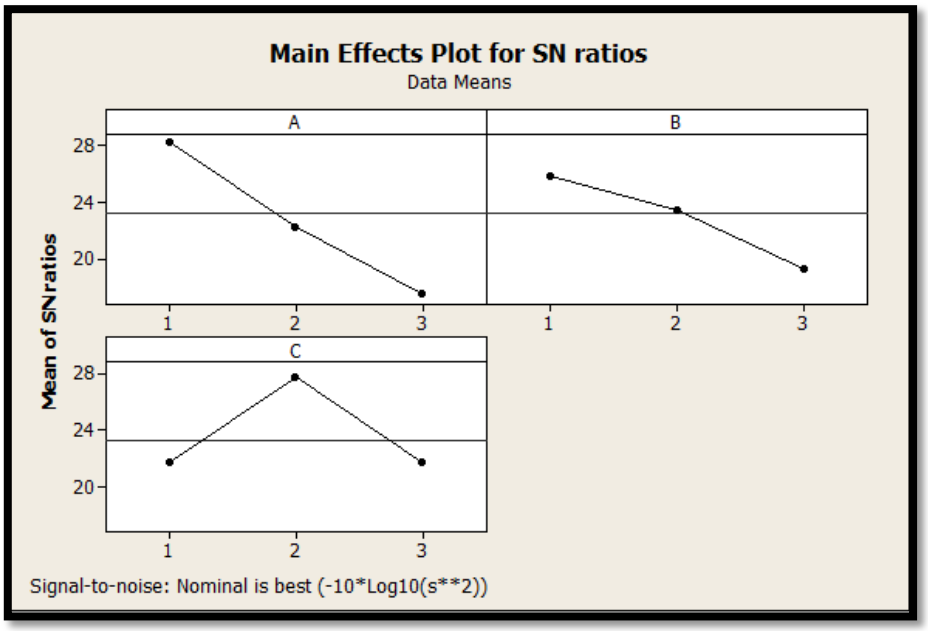
UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.8. Tabel Efek SNR Respon Diameter

Run	A			B			C		
	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
1	32,73			32,73			32,73		
2	32,73				32,73			32,73	
3	19,2					19,2			19,2
4		22,84		22,84				22,84	
5		24,44			24,44				24,44
6		19,42				19,42	19,42		
7			21,85	21,85					21,85
8			13,15		13,15		13,15		
9			-			-		-	
Total	84,66	66,7	35	77,42	70,32	38,62	65,3	55,57	65,49
Data Replication	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Average	28,22	22,23	17,5	25,81	23,44	19,31	21,77	27,785	21,83
Estimated Main Effect	10,72			6,50			6,02		
Rank	1			2			3		
Optimum	A(-1)			B(-1)			C(0)		

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Hasil perhitungan SNR untuk respon diameter diplot ke dalam Tabel 5.8 sesuai faktor dan level dari masing-masing kombinasi percobaan. Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata nilai SNR untuk masing-masing level. Estimasi efek yang paling berpengaruh dihitung dengan mencari selisih antara nilai SNR diameter tertinggi dikurangi nilai SNR diameter terendah. Dalam penentuan kondisi optimum berdasarkan nilai SNR, maka dipilih estimasi efek dengan nilai SNR tertinggi. Analisis perhitungan efek SNR juga dapat dilihat melalui diagram plot nilai SNR (*nominal best*) menggunakan *software* minitab 15, seperti pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Diagram Plot Efek SNR Diameter

Diagram tersebut menunjukkan plot efek SNR untuk tiap faktor, tepung tapioka (A), gliserin (B), dan pasir silika (C). Masing-masing faktor tersebar dalam tiga level berbeda. Level rendah (-1) dinotasikan dengan 1, level sedang (0) dinotasikan dengan 2, dan level tinggi (+1) dinotasikan dengan 3.

Melalui penggambaran Tabel 5.8 dan Gambar 5.3 didapatkan hasil urutan faktor yang paling berpengaruh hingga kurang berpengaruh yaitu tepung tapioka,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

gliserin, dan pasir silika. Faktor tepung tapioka (A) memiliki level optimum rendah (-1), faktor gliserin (B) memiliki level optimum rendah (-1), dan faktor pasir silika (C) memiliki level optimum sedang (0), sehingga kombinasi optimum untuk respon kuat tarik adalah -1,-1, dan 0.

Hasil perhitungan efek SNR kuat tarik dilakukan dengan menghitung nilai SNR kuat tarik dengan kategori *higher is better*. Hal ini dikarenakan fungsi tujuan dari percobaan adalah untuk memaksimumkan kuat tarik. Perhitungan SNR dilakukan untuk setiap kombinasi percobaan. Setelah itu nilai SNR diplotkan ke dalam tabel respon perhitungan efek SNR kuat tarik, seperti pada Tabel 5.9 dan 5.10.

Tabel 5.9. Perhitungan SNR Respon Kuat Tarik

Run	Faktor			Respon Kuat Tarik ke-			Average	SNR
	A	B	C	1	2	3		
1	1,8	0,3	0,8	0,9761	0,7091	0,9433	0,876	- 1,42
2	1,8	0,5	1,3	0,3119	0,258	0,4141	0,328	- 10,16
3	1,8	0,7	1,8	0,0986	0,0913	0,0544	0,081	-22,72
4	1,9	0,3	1,3	0,2772	0,584	0,3422	0,401	- 9,12
5	1,9	0,5	1,8	0,2105	0,246	0,1533	0,203	- 14,35
6	1,9	0,7	0,8	0,2033	0,2472	0,172	0,208	- 13,94
7	2	0,3	1,8	0,7565	0,4434	0,6121	0,604	- 5,01
8	2	0,5	0,8	0,568	0,335	0,5112	0,471	- 7,23
9	2	0,7	1,3	0,3267	0,3343	0,3047	0,322	- 9,87

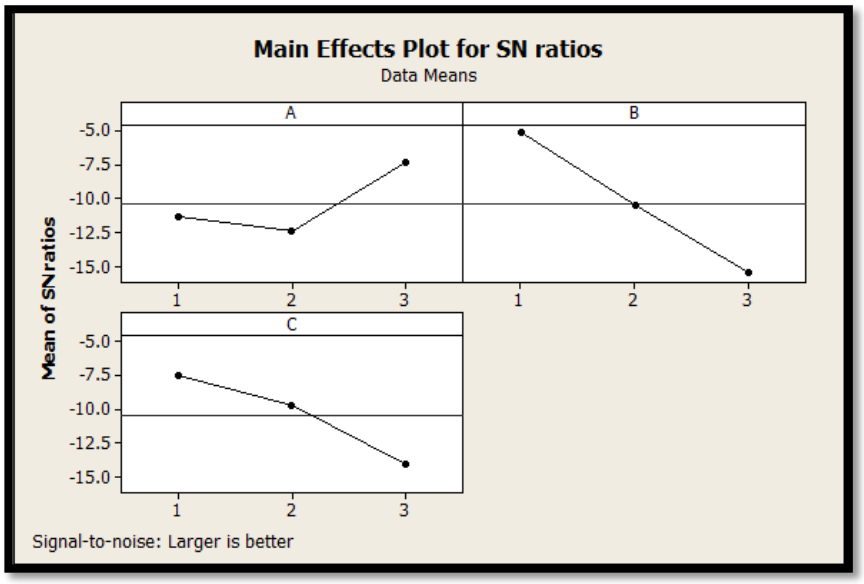
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.10. Tabel Efek SNR Respon Kuat Tarik

Run	A			B			C		
	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
1	-1,42			-1,42			-1,42		
2	-10,16				-10,16			-10,16	
3	-22,72					-22,72			-22,72
4		-9,12		-9,12				-9,12	
5		-14,35			-14,35				-14,35
6		-13,94				-13,94	-13,94		
7			-5,01	-5,01					-5,01
8			-7,23		-7,23		-7,23		
9			-9,87			-9,87		-9,87	
Total	-34,3	-37,41	-22,11	-15,55	-31,74	-46,53	-22,59	-29,15	-42,08
Data Replication	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Average	- 11,43	-12,47	-7,37	- 5,18	-10,58	-15,51	-7,53	- 9,72	- 14,03
Estimated Main Effect	5,1			10,33			6,50		
Rank	3			1			2		
Optimum	A(1)			B(-1)			C(-1)		

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Hasil perhitungan SNR untuk respon kuat tarik diplot ke dalam Tabel 5.10 sesuai faktor dan level dari masing-masing kombinasi percobaan. Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata nilai SNR untuk masing-masing level. Estimasi efek yang paling berpengaruh dihitung dengan mencari selisih antara nilai SNR kuat tarik tertinggi dikurangi nilai SNR kuat tarik terendah. Dalam penentuan kondisi optimum berdasarkan nilai SNR, maka dipilih estimasi efek dengan nilai SNR tertinggi. Analisis perhitungan efek SNR juga dapat dilihat melalui diagram plot nilai SNR (*higher is better*) menggunakan *software* minitab 15, seperti pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Diagram Plot Efek SNR Kuat Tarik

Diagram tersebut menunjukkan plot efek SNR untuk tiap faktor, tepung tapioka (A), gliserin (B), dan pasir silika (C). Masing-masing faktor tersebar dalam tiga level berbeda. Level rendah (-1) dinotasikan dengan 1, level sedang (0) dinotasikan dengan 2, dan level tinggi (+1) dinotasikan dengan 3.

Melalui penggambaran Tabel 5.10 dan Gambar 5.4 didapatkan hasil urutan faktor yang paling berpengaruh hingga kurang berpengaruh yaitu gliserin, pasir silika, dan tepung tapioka. Faktor tepung tapioka (A) memiliki level optimum tinggi (+1), faktor gliserin (B) memiliki level optimum rendah (-1), dan faktor pasir silika (C)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

memiliki level optimum rendah (-1), sehingga kombinasi optimum untuk respon kuat tarik adalah +1,-1, dan -1.

5.1.2.3. Perhitungan ANOVA

Selain sebagai penentuan kondisi optimum dan faktor yang paling berpengaruh dalam percobaan, ANOVA juga dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi tiap faktor terhadap hasil optimum pada respon. Salah satu prasyarat analisis ANOVA adalah data harus terdistribusi secara normal. Oleh karena itu, sebelum melakukan perhitungan ANOVA, dilakukan uji normalitas terhadap data hasil pengukuran diameter dan kuat tarik filamen. Data mengenai uji normalitas terlampir pada Lampiran 5. Perhitungan ANOVA dilakukan terhadap kedua respon, yaitu diameter dan kuat tarik. Tabel 5.11 menunjukkan perhitungan ANOVA untuk respon diameter.

Tabel 5.11. ANOVA Respon Diameter

Source	SS	DF	MS	SS'	F	P	Persen Kontribusi (%)	Rank
A	0,0644	2	0,0322	0,0532	0,49	0,637	11,5	3
B	0,2822	2	0,1411	0,271	4,74	0,058	58,8	1
C	0,0805	2	0,0402	0,0693	0,64	0,562	15,0	2
Error	0,0336	6	0,0056					
Total	0,4607	12						

Berdasarkan Tabel 5.11, didapatkan hasil bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap respon diameter 1,75 mm yaitu gliserin sebesar 58,8%, kemudian pasir silika sebesar 15%, dan diikuti oleh tepung tapioka sebesar 11,5%. Sementara itu, perhitungan ANOVA juga dilakukan terhadap respon kuat tarik, seperti pada Tabel 5.12.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.12. ANOVA Respon Kuat Tarik

Source	SS	DF	MS	SS'	F	P	Persen Kontribusi (%)	Rank
A	0,1206	2	0,0603	0,109	2,98	0,126	45,1	1
B	0,0683	2	0,0341	0,0507	1,18	0,37	23,5	2
C	0,0192	2	0,0096	0,0078	0,26	0,78	3,2	3
Error	0,0341	6	0,0057					
Total	0,2422	12						

Berdasarkan Tabel 5.12, faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tarik adalah tepung tapioka. Tepung tapioka memiliki kontribusi pengaruh terhadap respon sebesar 45,1%, gliserin sebesar 23,5%, dan pasir silika sebesar 3,2%.

5.1.3. Pembobotan

Dari beberapa metode perhitungan dan pengolahan data, seperti perhitungan efek rata-rata, perhitungan efek SNR, dan ANOVA masing-masing memiliki hasil kombinasi optimum yang berbeda. Selain itu, penelitian ini memiliki dua respon, yaitu diameter dan kuat tarik. Kedua respon tersebut juga menghasilkan hasil kombinasi optimum yang berbeda. Tabel 5.13 dan 5.14 berikut menunjukkan tingkat keragaman level pada respon yang berbeda.

Tabel 5.13. Tabel *Ranking* Keragaman Diameter

Ranking	Efek Rata-rata	Efek SNR	ANOVA
1	A	A	A
2	B	B	B
3	C	C	C

Tabel 5,14. Tabel *Ranking* Keragaman Kuat Tarik

Ranking	Efek Rata-rata	Efek SNR	ANOVA
1	B	B	B
2	C	C	C
3	A	A	A

Berdasarkan Tabel 5.13 dan 5.14, terdapat perbedaan urutan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon. Pada Tabel 5.13, faktor yang paling berpengaruh

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dimulai dari tepung tapioka, gliserin, dan pasir silika. Sedangkan pada Tabel 5.14, faktor yang paling berpengaruh dimulai dari gliserin pasir silika, dan tepung tapioka. Selain itu, berdasarkan kombinasi optimum terdapat perbedaan kombinasi untuk masing-masing respon yang ditunjukkan pada Tabel 5.15 dan 5.16.

Tabel 5.15. Level Optimum Diameter

Diameter	A	B	C
Efek Rata-rata	-1	-1	-1
Efek SNR	-1	-1	0

Berdasarkan Tabel 5.15, terdapat dua rancangan level yang berbeda berdasarkan perhitungan efek rata-rata dan efek SNR. Pada efek rata-rata dihasilkan kombinasi optimum tepung tapioka level rendah (-1), gliserin level rendah (-1), dan pasir silika level rendah (-1). Sedangkan berdasarkan perhitungan efek SNR didapatkan hasil kombinasi optimum tepung tapioka level rendah (-1), gliserin level rendah (-1), dan pasir silika level sedang (0).

Tabel 5.16. Level Optimum Kuat Tarik

Kuat Tarik	A	B	C
Efek Rata-rata	1	-1	-1
Efek SNR	1	-1	-1

Berdasarkan Tabel 5.16, terdapat satu jenis kombinasi optimum utuk memaksimumkan kuat tarik. Kombinasi optimum tersebut terdiri dari tepung tapioka level tinggi (+1), gliserin level rendah (-1), dan pasir silika level rendah (-1).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memaksimumkan kuat tarik dalam batasan diameter 1,75 mm. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan satu jenis kombinasi level optimum untuk menyelesaikan masalah *multi response*. Salah satu cara pengolahan data tersebut adalah melalui pembobotan hasil.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pembobotan data bergantung pada kategori karakteristik kualitas tujuan (Al-Refaie, 2010). Untuk kategori *nominal best* dan *higher is better* memenuhi persamaan berikut.

$$W_{jlk} = \frac{\bar{n}_{jlk}}{max_k \bar{n}_{jlk}} \quad (5.1)$$

dengan,

w = bobot

j = respon

l = level

k = faktor

$\bar{n}$ = rata-rata hasil eksperimen

Dalam perhitungan pembobotan, nilai yang dimasukkan adalah nilai dari perhitungan efek SNR berdasarkan Tabel 5.8 dan 5.10. Nilai tersebut kemudian di plot sesuai level dari tiap faktor. Hasil plot nilai level tersebut merujuk pada Tabel 5.17 dan 5.18.

Berdasarkan Tabel 5.15., respon diameter memiliki kombinasi optimum -1, -1, dan +1, sedangkan kuat tarik memiliki kombinasi optimum +1, -1, dan -1. Setelah dilakukan pembobotan berdasarkan Persamaan (5.1) didapatkan satu kombinasi optimum untuk memaksimumkan kuat tarik dalam batasan diameter 1,75 yaitu -1, -1, dan -1.

Tabel 5.17. Tabel Nilai Efek SNR Diameter dan Kuat Tarik

Respon	Faktor / Level	A	B	C
Diameter	-1	**28.22**	**25.81**	21.77
	0	22.23	23.44	**27.79**
	1	17.50	19.31	21.83
Kuat Tarik	-1	-11.43	**-5.18**	**-7.53**
	0	-12.47	-10.58	-9.72
	1	**-7.37**	-15.51	-14.03

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.18. Pembobotan Respon Diameter dan Kuat Tarik

Respon	Faktor / Level	A	B	C
Diameter	-1	**1,000**	**1,000**	0,783
	0	0,788	0,908	**1,000**
	1	0,620	0,748	0,786
Kuat Tarik	-1	0,645	**1,000**	**1,000**
	0	0,590	0,490	0,780
	1	**1,000**	0,330	0,540
Level Weight	-1	**0,823**	**1,000**	**0,892**
	0	0,689	0,699	0,890
	1	0,810	0,539	0,662

5.1.4. Uji Verifikasi

Hasil dari kombinasi optimum selanjutnya diuji perbedaannya untuk mengetahui apakah kombinasi level dapat diterima atau tidak. Jika perbedaan tidak berbeda signifikan, maka dapat dikatakan kombinasi level diterima. Penelitian ini terdiri dari dua respon yaitu diameter dan kuat tarik. Oleh karena itu, uji verifikasi dilakukan terhadap kedua respon masing-masing.

5.1.4.1. Uji Verifikasi Diameter

Dalam melakukan uji verifikasi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan nilai prediksi diameter. Nilai prediksi dapat dihitung dengan Persamaan (5.2).

$$\mu_{prediksi} = A(-1) + B(-1) + C(-1) - 2\bar{y} \quad (5.2)$$

Nilai yang dimasukkan ke dalam Persamaan (5.2) adalah nilai efek rata-rata diameter optimum tiap level dalam faktor. Namun, respon diameter dalam penelitian ini memiliki kategori karakteristik *nominal best*, sehingga ada tujuan nominal yang ingin dicapai. Oleh karena itu, ditentukan nilai prediksi diameter sebesar 1,75 mm.

Setelah perhitungan nilai prediksi, selanjutnya dilakukan eksperimen kembali dengan kombinasi level optimum untuk mendapatkan data perbandingan uji verifikasi yang tertulis pada Tabel 5.19.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.19. Hasil Percobaan Kondisi Optimum Diameter

No.	Diameter (mm)
1	1,82
2	1,65
3	1,73
Rata-rata	1,733
Standar Deviasi	0,085

H_0: $\mu = \mu_0$

H_1: $\mu \neq \mu_0$

dengan,

$\mu = \mu_{verifikasi}$

$\mu_0 = \mu_{prediksi}$ = 1,75

dengan syarat penolakan H_0 adalah *P-value* < α, dengan α = 5%. Berdasarkan hasil perhitungan *software* Minitab 15 untuk uji *Sign Test*, didapatkan hasil seperti berikut ditunjukkan pada Gambar 5.5.

Sign Test for Median: diameter

```
Sign test of median =  1.750 versus not = 1.750

          N  Below  Equal  Above       P  Median
diameter  3      2      0      1  1.0000   1.730
```

Gambar 5.5. Uji *Sign Test* Diameter

Berdasarkan uji verifikasi di atas, didapatkan *P-value* lebih besar dari nilai α = 5% sehingga disimpulkan tidak cukup bukti untuk menolak H_0 dan tidak ada perbedaan secara nyata antara $\mu_{verifikasi}$ dan $\mu_{prediksi}$, atau dengan kata lain komposisi level optimum tersebut dapat diterima.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.1.4.2. Uji Verifikasi Kuat Tarik

Nilai yang dimasukkan ke dalam Persamaan (5.2) adalah nilai efek rata-rata kuat tarik optimum tiap level dalam faktor, sehingga nilai prediksi dapat ditulis sebagai berikut

$$\mu_{prediksi} = A(-1) + B(-1) + C(-1) - 2\bar{y}$$
$$= 0{,}43 + 0{,}63 + 0{,}52 - 2\ (0{,}389)$$
$$= 1{,}191$$

Setelah perhitungan nilai prediksi, selanjutnya dilakukan eksperimen kembali dengan kombinasi level optimum untuk mendapatkan data perbandingan uji verifikasi. Tabel 5.20 berikut menggambarkan hasil percobaan kondisi optimum.

Tabel 5.20. Hasil Percobaan Kondisi Optimum Kuat Tarik

No. Trial	Kuat Tarik (Mpa)	Regangan (%)
1	2,120	0,8043
2	1,296	0,796
3	1,848	1,575
Rata-Rata	1,755	
Standar Deviasi	0,4197	

H_0: $\mu = \mu_0$

H_1: $\mu \neq \mu_0$

dengan,

$\mu = \mu_{verifikasi}$

$\mu_0 = \mu_{prediksi}$ = 1,191

dengan syarat penolakan H_0 adalah *P-value* < α, dengan α = 5%. Berdasarkan hasil perhitungan *software* Minitab 15 untuk uji *Sign Test*, didapatkan hasil seperti berikut ditunjukkan pada Gambar 5.6 .

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sign Test for Median: kuat tarik

Sign test of median = 1.191 versus not = 1.191

	N	Below	Equal	Above	P	Median
kuat tarik	3	0	0	3	0.2500	1.848

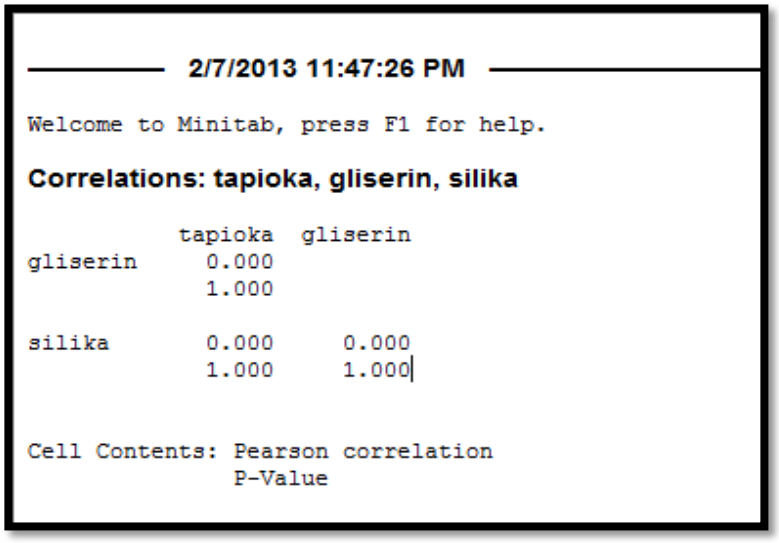
Gambar 5.6. Uji *Sign Test* Kuat Tarik

Berdasarkan uji verifikasi di atas, didapatkan *P-value* lebih besar dari nilai α = 5% sehingga disimpulkan tidak cukup bukti untuk menolak H_0 dan tidak ada perbedaan secara nyata antara $\mu_{verifikasi}$ dan $\mu_{prediksi}$, atau dengan kata lain komposisi level optimum tersebut dapat diterima.

5.1.5. Prediksi Model Persamaan Taguchi

Sebagai kelanjutan dari pengujian hasil optimum, dilakukan penyusunan prediksi model persamaan yang dapat dibangun dari ketiga faktor terhadap hasil respon. Prediksi model persamaan yang dibangun terdiri dari dua fungsi tujuan yang berbeda, yaitu prediksi model persamaan untuk mendapatkan diameter 1,75 mm dan prediksi model persamaan untuk memaksimumkan kuat tarik. Namun, sebelum dilakukan penyusunan prediksi model persamaan terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap kemungkinan ada atau tidaknya korelasi antar faktor. Hal ini disebabkan adanya korelasi dapat mempengaruhi pemilihan jenis persamaan. Oleh karena itu, uji korelasi dilakukan terhadap ketiga faktor dengan *software* Minitab 15, seperti pada Gambar 5.7.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 5.7. Uji Korelasi

Berdasarkan Gambar 5.7 terlihat bahwa nilai besarnya korelasi ditunjukkan dengan nilai 0-1. Nilai 0 menunjukkan tidak ada korelasi antar faktor, sedangkan nilai 1 menunjukkan terdapat korelasi sangat kuat antar faktor. Hubungan antara gliserin-tapioka, silika-tapioka, dan silika-gliserin bernilai 0. Nilai tersebut menunjukkan tidak ada korelasi antara kedua faktor.

5.1.5.1. Model Prediksi Diameter

Uji korelasi yang dilakukan menunjukkan tidak ada hubungan antar faktor. Oleh karena itu, persamaan yang digunakan untuk memprediksi model untuk mencapai target diameter 1,75 mm adalah berdasarkan Persamaan (4.10). Melalui perhitungan tersebut didapatkan model Persamaan (5.3).

$$Y = 1{,}996 + 0{,}85\,F_1 - 0{,}64\,F_2 + 0{,}31\,F_3 \qquad (5.3)$$

dengan memasukkan kondisi level optimum untuk mencapai diameter 1,75 mm

F_1 = -1

F_2 = -1

F_3= 0

Didapatkan hasil sebagai berikut,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$Y = 1{,}996 + 0{,}85\ F_1 - 0{,}64\ F_2 + 0{,}31\ F_3$$
$$Y = 1{,}996 + 0{,}85(-1) - 0{,}64(-1) + 0{,}31\ (0)$$
$$Y = 1{,}786$$

Untuk mengetahui tingkat kebenaran prediksi model persamaan tersebut, maka dilakukan uji verifikasi terhadap model.

H_0: $\mu = \mu_0$

H_1: $\mu \neq \mu_0$

dengan,

$\mu = \mu_{verifikasi}$ = 1,733

$\mu_0 = \mu_{prediksi}$ = 1,786

dengan syarat penolakan H_0 adalah *P-value* < α, dengan α = 5%. Berdasarkan hasil perhitungan *software* Minitab 15 untuk uji *Sign Test*, didapatkan hasil seperti berikut ditunjukkan pada Gambar 5.8.

Sign Test for Median: diameter

Sign test of median = 1.786 versus not = 1.786

	N	Below	Equal	Above	P	Median
diameter	3	2	0	1	1.0000	1.730

Gambar 5.8. Uji Verifikasi Model Prediksi Diameter

Berdasarkan uji verifikasi di atas, didapatkan *P-value* lebih besar dari nilai α = 5% sehingga disimpulkan tidak cukup bukti untuk menolak H_0 dan tidak ada perbedaan secara nyata antara $\mu_{verifikasi}$ dan $\mu_{prediksi}$, atau dengan kata lain model prediksi tersebut dapat diterima

5.1.5.2. Model Prediksi Kuat Tarik

Berdasarkan Persamaan (4.3) kuat tarik dapat dimaksimumkan dengan model prediksi, seperti pada Persamaan (5.4).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$Y = 0{,}388 + 0{,}1\,F_1 - 1{,}27\,F_2 - 0{,}68\,F_3 \quad (5.4)$$

Dengan memasukkan kondisi level optimum untuk memaksimumkan kuat tarik

F_1 = +1

F_2 = -1

F_3 = -1

Didapatkan hasil sebagai berikut,

$$Y = 0{,}388 + 0{,}1\,F_1 - 1{,}27\,F_2 - 0{,}68\,F_3$$
$$Y = 0{,}388 + 0{,}1\,(+1) - 1{,}27(-1) - 0{,}68\,(-1)$$
$$Y = 2{,}438$$

Untuk mengetahui tingkat kebenaran prediksi model persamaan tersebut, maka dilakukan uji verifikasi terhadap model.

H_0: $\mu = \mu_0$

H_1: $\mu \neq \mu_0$

dengan,

$\mu = \mu_{verifikasi}$

$\mu_0 = \mu_{prediksi}$ = 2,438

dengan syarat penolakan H_0 adalah *P-value* < α, dengan α = 5%. Berdasarkan hasil perhitungan *software* Minitab 15 untuk uji *Sign Test*, didapatkan hasil seperti berikut ditunjukkan pada Gambar 5.9.

Sign Test for Median: kuat tarik

```
Sign test of median =  2.438 versus not = 2.438

            N  Below  Equal  Above       P  Median
kuat tarik  3      3      0      0  0.2500   1.848
```

Gambar 5.9. Uji Verifikasi Model Prediksi Kuat Tarik

Berdasarkan uji verifikasi di atas, didapatkan *P-value* lebih besar dari nilai α = 5% sehingga disimpulkan tidak cukup bukti untuk menolak H_0 dan tidak ada perbedaan secara nyata antara $\mu_{verifikasi}$ dan $\mu_{prediksi}$, atau dengan kata lain model prediksi tersebut dapat diterima

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.1.6. Hasil Percobaan Optimum

Berdasarkan hasil optimum dari respon diameter dan kuat tarik, maka dilakukan uji coba terhadap masing-masing respon.

a. Uji Optimum I (Respon Diameter)

Menurut hasil perhitungan, didapatkan komposisi level optimum untuk mencapai target diameter 1,75 adalah A (-1). B (-1), dan C (0). Selanjutnya komposisi tersebut diuji coba dengan hasil seperti pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21. Hasil Percobaan Diameter Optimum

No.	Diameter (mm)
1	1,76
2	1,73
3	1,73
Rata-rata	1,74
Standar Deviasi	0,017321

H_0: $\mu = \mu_0$

H_1: $\mu \neq \mu_0$

dengan,

$\mu = \mu_{verifikasi}$

$\mu_0 = \mu_{prediksi}$ = 1,75

dengan syarat penolakan H_0 adalah *P-value* < α, dengan α = 5%. Berdasarkan hasil perhitungan *software* Minitab 15 untuk uji *Sign Test*, didapatkan hasil seperti berikut ditunjukkan pada Gambar 5.10.

Sign Test for Median: optimum 1

```
Sign test of median =  1.750 versus not = 1.750

           N  Below  Equal  Above       P  Median
optimum 1  3      2      0      1  1.0000   1.730
```

Gambar 5.10. Uji *Sign Test* Optimum I

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan uji verifikasi di atas, didapatkan *P-value* lebih besar dari nilai α = 5% sehingga disimpulkan tidak cukup bukti untuk menolak H_0 dan tidak ada perbedaan secara nyata antara $\mu_{verifikasi}$ dan $\mu_{prediksi}$, atau dengan kata lain komposisi level optimum diameter tersebut dapat diterima.

b. Uji Optimum II (Respon Kuat Tarik)

Menurut hasil perhitungan, didapatkan komposisi level optimum untuk mencapai target diameter 1,75 adalah A (+1). B (-1), dan C (-1). Selanjutnya komposisi tersebut diuji coba dengan hasil seperti pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22. Hasil Percobaan Kuat Tarik Optimum

No. Trial	Kuat Tarik (Mpa)	Regangan (%)
1	0,3015	3,516
2	0,4586	5,086
3	0,2280	3,324
Rata-Rata	0,3294	
Standar Deviasi	0,1178	

H_0: $\mu = \mu_0$

H_1: $\mu \neq \mu_0$

dengan,

$\mu = \mu_{verifikasi}$

$\mu_0 = \mu_{prediksi}$ = 1,191

dengan syarat penolakan H_0 adalah *P-value* < α, dengan α = 5%. Berdasarkan hasil perhitungan *software* Minitab 15 untuk uji *Sign Test*, didapatkan hasil seperti berikut ditunjukkan pada Gambar 5.11.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sign Test for Median: optimum 2

Sign test of median = 1.191 versus not = 1.191

	N	Below	Equal	Above	P	Median
optimum 2	3	3	0	0	0.2500	0.3015

Gambar 5.11. Uji *Sign Test* Optimum II

Berdasarkan uji verifikasi di atas, didapatkan *P-value* lebih besar dari nilai α = 5% sehingga disimpulkan tidak cukup bukti untuk menolak H_0 dan tidak ada perbedaan secara nyata antara $\mu_{verifikasi}$ dan $\mu_{prediksi}$, atau dengan kata lain komposisi level optimum kuat tarik tersebut dapat diterima.

5.1.7. Hasil Pengumpulan Data *Response Surface*

Data percobaan Wijaya (2012) diambil dengan ketentuan orde pertama yaitu dengan rancangan filamen 8 percobaan ditambah 4 titik pusat sehingga terdapat total 12 percobaan orde pertama, seperti merujuk pada Tabel 5.23.

Setelah didapatkan hasil percobaan orde pertama, selanjutnya disusun model prediksi dan uji verifikasi model dengan ANOVA. Namun, hasil uji menunjukkan model belum cukup merepresentasikan hasil percobaan. Oleh karena itu, dilakukan rancangan orde kedua dengan menambahkan 6 *axial point* dan 2 titik pusat, seperti merujuk pada Tabel 5.24.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.23. Hasil Percobaan Orde Pertama *Response Surface*

Std. Order	*Run Order*	*Coded Variable*			*Actual Variable*			Diameter (mm)	Kuat Tarik (MPa)
		x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3		
1	3	-1	-1	-1	1,8	0,3	0,8	1,53	1,725
2	11	1	-1	-1	2,0	0,3	0,8	1,80	0,4382
3	2	-1	1	-1	1,8	0,7	0,8	1,32	0,3985
4	8	-1	-1	1	1,8	0,3	1,8	2,29	0,8644
5	5	1	1	-1	2,0	0,7	0,8	1,51	0,2162
6	4	-1	1	1	1,8	0,7	1,8	1,66	0,3148
7	10	1	-1	1	2,0	0,3	1,8	2,25	0,2948
8	9	1	1	1	2,0	0,7	1,8	1,70	0,5816
9	6	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,65	0,2493
10	7	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,75	0,5362
11	1	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,61	0,3281
12	12	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,70	0,3362

Tabel 5.24. Hasil Percobaan Orde Kedua *Response Surface*

Std. Order	*Run Order*	*Coded Variable*			*Actual Variable*			Diameter (mm)	Kuat Tarik (Mpa)
		x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3		
13	2	-1,682	0	0	1,732	0,5	1,3	1,50	0,9130
14	5	1,682	0	0	2,068	0,5	1,3	1,64	0,3519
15	8	0	-1,682	0	1,9	0,164	1,3	2,23	0,7972
16	3	0	1,682	0	1,9	0,836	1,3	1,41	0,2950
17	1	0	0	-1,682	1,9	0,5	0,46	1,44	0,6318
18	4	0	0	1,682	1,9	0,5	2,14	2,19	0,4939
19	7	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,64	0,2308
20	6	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,8	0,4835

5.1.7.1. Prediksi Model Persamaan *Response Surface*

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan prediksi model Persamaan (5.5) untuk respon diameter.

$\bar{y}_d$ = 1,69103 + 0,05092 tepung tapioka – 0,22400 gliserin + 0,21977 silika – 0,03882 tepung tapioka*tepung tapioka + 0,04957 gliserin*gliserin + 0,04780 silika*silika – 0,00000 tepung tapioka*gliserin – 0,05750 tepung tapioka*silika – 0,08500 gliserin*silika

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

(5.5)

Sementara itu, analisis prediksi model persamaan untuk respon kuat tarik dituliskan pada Persamaan (5.6).

$\bar{y}_k$ = 0,36035 – 0,19887 tepung tapioka – 0,19450 gliserin – 0,06990 silika + 0,09829 tepung tapioka*tepung tapioka + 0,06776 gliserin*gliserin + 0,07368 silika*silika + 0,24266 tepung tapioka*gliserin + 0,14584 tepung tapioka*silika + 0,16076 gliserin*silika

(5.6)

5.1.7.2. Penentuan Respon Optimal

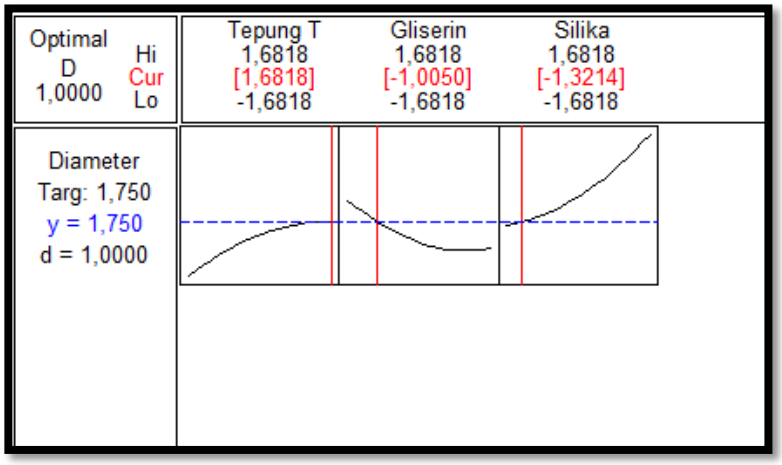
Dalam menentukan respon optimal, digunakan analisis *response optimizer* dengan *software* Minitab 15 dan *Ridge Analysis* dengan *software* Systat. Terdapat tiga fungsi kualitas tujuan respon yang berbeda, yaitu optimasi respon diameter, optimasi respon kuat tarik, dan optimasi kuat tarik maksimum dalam diameter 1,75 mm.

a. Optimasi Respon Diameter

Optimasi pada respon diameter ini bertujuan untuk mendapatkan nilai target diameter sebesar 1,75 mm. Melalui pengolahan s*oftware* Minitab 15, didapatkan hasil seperti merujuk pada Gambar 5.12.

Pada Gambar 5.12, garis biru putus-putus menunjukkan target diameter 1,75 mm, garis hitam menunjukkan nilai respon masing-masing faktor, dan garis merah menunjukkan nilai tiap faktor untuk mencapai target diameter 1,75 mm.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 5.12. Hasil Optimasi Diameter

Berdasarkan pengolahan data tersebut, nilai yang dibutuhkan untuk mencapai target optimasi diameter adalah sebagai berikut, tepung tapioka (1,6818), gliserin (-1,0050), silika (-1,3214). Jika dikonversi ke dalam nilai sebenarnya maka dihasilkan tepung tapioka (2,068 g), gliserin (0,299 ml), silika (0,639 g).

b. Optimasi Respon Kuat Tarik

Optimasi pada respon kuat tarik ini bertujuan untuk memaksimumkan nilai kuat tarik. Dari hasil *Ridge Analysis* menggunakan *software* Systat diperoleh solusi optimum untuk mendapatkan kuat tarik dengan perincian tepung tapioka (1,789 g), gliserin (0,293 ml), dan silika (0,938 g) dengan prediksi kuat tarik sebesar 1,582 ± 0,193Mpa.

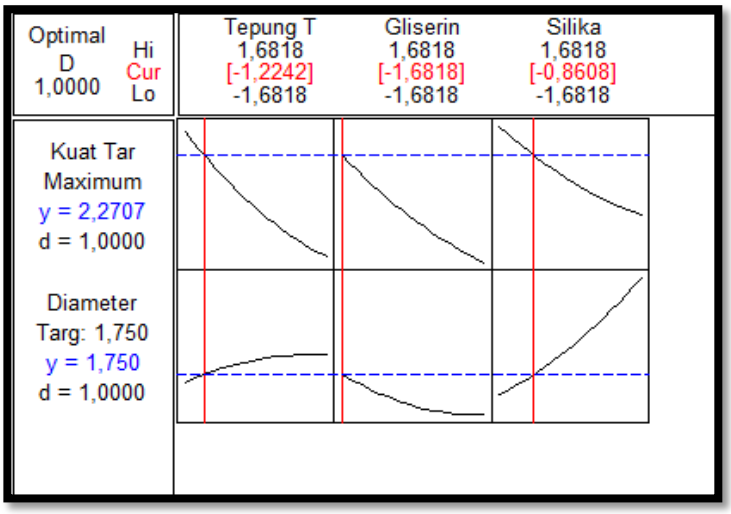
c. Optimasi *Multi-Response*

Tujuan utama dari percobaan ini adalah untuk memaksimumkan kuat tarik dalam batasan diameter 1,75 mm. Oleh karena itu, digunakan analisis optimasi *multi-response* menggunakan *response optimizer* software minitab 15. Hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 5.13.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pada Gambar 5.13, garis biru putus-putus menunjukkan nilai target, garis hitam menunjukkan nilai respon masing-masing faktor, dan garis merah menunjukkan nilai tiap faktor yang diharuskan untuk mencapai nilai target.

Berdasarkan pengolahan data tersebut, nilai yang dibutuhkan untuk mencapai target optimasi diameter 1,75 mm dan kuat tarik maksimum adalah sebagai berikut, tepung tapioka (-1,2241), gliserin (-0,16818), silika (-0,8608). Jika dikonversi ke dalam nilai sebenarnya maka dihasilkan tepung tapioka (1,778 g), gliserin (0,466 ml), silika (0,869 g) dengan prediksi kuat tarik sebesar 2,2707 Mpa.



Gambar 5.13. Hasil Optimasi *Multi-response*

5.2. Analisis Perbandingan Metode Taguchi dan *Response Surface*

Metode Taguchi dan *response surface* digunakan dalam menentukan kombinasi level optimum serta penyusunan prediksi model persamaan dalam kasus pembuatan material filamen plastik. Namun, terdapat perbedaan hasil analisis dari kedua metode tersebut yang selanjutnya menjadi dasar perbandingan hasil optimum kedua metode. Perbandingan kedua metode ditunjukkan pada Tabel 5.25.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.25. Perbandingan Kombinasi Optimum Taguchi dan *Response Surface*

Metode	Faktor			Hasil Prediksi		Hasil Eksperimen	
	Tepung Tapioka (gram)	Gliserin (ml)	Silika (gram)	Diameter (mm)	Kuat Tarik (Mpa)	Diameter (mm)	Kuat Tarik (Mpa)
Taguchi	1,8	0,3	0,8	1,75	1,191 (5,84%)	1,733	1,755 (1,0585%)
Response Surface	1,778	0,466	0,869	1,75	2,271 (5,005%)	1,713	1,999 (3,3%)

Berdasarkan Tabel 5.25, metode Taguchi memiliki komposisi optimum level rendah untuk semua faktor yaitu tepung tapioka 1,8 g, gliserin 0,3 ml, dan silika 0,8 g. Taguchi memiliki hasil eksperimen diameter yaitu 1,733 mm dari prediksi sebesar 1,755 mm. Hasil prediksi kuat tarik yang didapat dengan metode Taguchi adalah 1,191 Mpa, tetapi hasil eksperimen menunjukkan angka yang lebih tinggi, yaitu 1,755 Mpa. Sementara itu, *response surface* memiliki rancangan komposisi optimum dengan penambahan nilai *alpha*, yaitu tepung tapioka 1,778 g, gliserin 0,466 ml, dan silika 0,869 g. Hasil eksperimen diameter *response surface* menghasilkan nilai 1,713 mm dari prediksi sebesar 1,75 mm. *Response surface* memiliki nilai prediksi untuk kuat tarik sebesar 2,271 Mpa, sedangkan hasil eksperimen bernilai 1,999 Mpa. Data-data tersebut telah diuji verifikasi melalui uji hipotesis *t-test* dan model tidak cukup bukti untuk ditolak.

Berdasarkan hasil eksperimen kondisi optimum kuat tarik yang dilakukan dengan tiga kali pengulangan, didapatkan pesebaran nilai kuat tarik tegangan (*stress*) maksimum seperti pada Tabel 5.26 dan 5.27.

Tabel 5.26. Perbandingan *Stress-Strain* Metode Taguchi

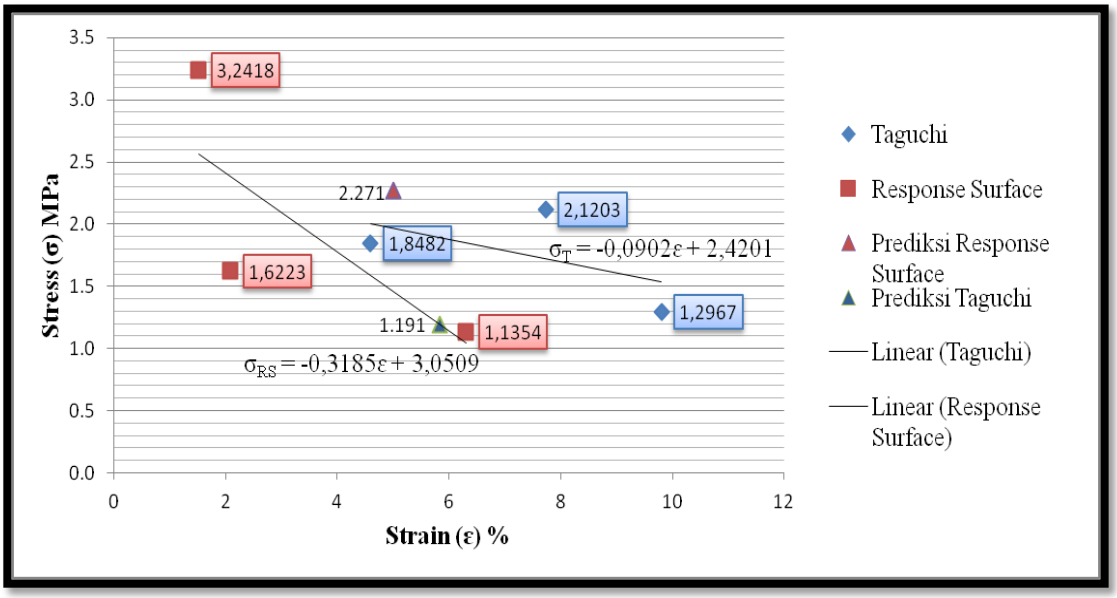
No.	Stress (MPa)	Strain (%)
1	2,120	7,73
2	1,297	9,8
3	1,848	4,59
Rata-rata	1,755	7,373

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.27. Perbandingan *Stress-Strain* Metode *Response Surface*

No.	Stress (Mpa)	Strain (%)
1	3,242	1,515
2	1,135	6,301
3	1,622	2,086
Rata-rata	1,999	3,300

Pada respon kuat tarik terlihat bahwa metode *response surface* menghasilkan nilai optimum yang lebih besar yaitu 1,999 Mpa pada regangan 3,3% dengan selisih terhadap prediksi sebesar 11,98%, sedangkan metode Taguchi memiliki nilai optimum 1,755 Mpa pada regangan 1,0585% dengan selisih terhadap prediksi sebesar 32,14%. Selanjutnya data-data tersebut diplot dalam grafik *stress-strain* untuk melihat perbandingan nilai kuat tarik maksimum dari metode Taguchi dan *response surface,* seperti pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14. Plot Perbandingan Kuat Tarik Taguchi dan *Response Surface*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan Gambar 5.14, plot ketiga titik dari masing-masing metode menghasilkan suatu garis *trend* berbentuk linear. Metode taguchi memiliki persamaan tegangan-regangan seperti tertulis pada Persamaan (5.7).

$$\sigma_T = -0{,}0902\varepsilon + 2{,}4201 \tag{5.7}$$

dengan,

σ_T = Tegangan Taguchi

ε = Regangan

Dari hasil rata-rata eksperimen optimum taguchi, didapatkan tegangan maksimum 1,755 MPa pada titik regangan 1,0585%. Sedangkan metode *response surface* menghasilkan rata-rata hasil eksperimen tegangan maksimum 1,999 MPa pada titik regangan 3,3%. Model persamaan *trend* linear metode *response surface* tertulis pada Persamaan (5.8).

$$\sigma_{RS} = -0{,}3185\varepsilon + 3{,}0509 \tag{5.8}$$

dengan,

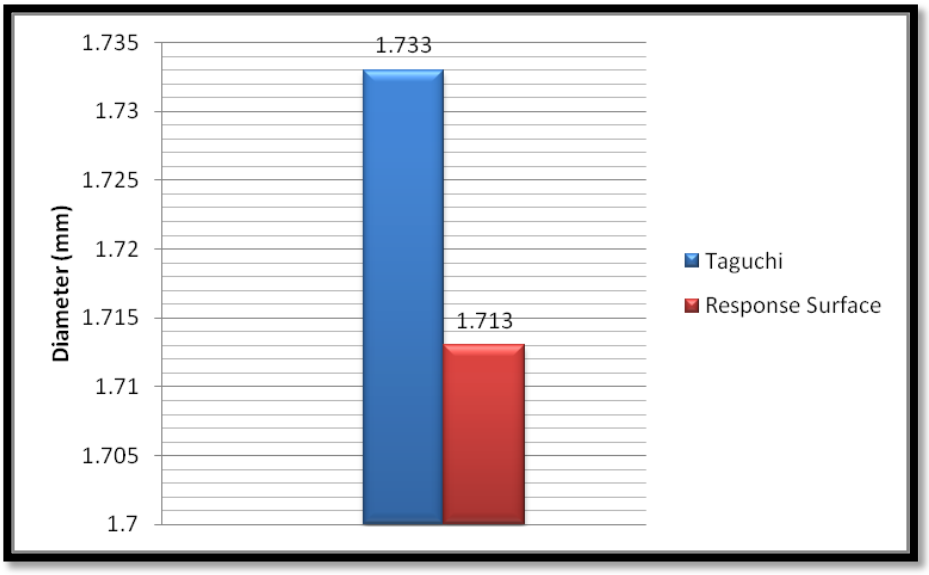
σ_{RS} = Tegangan *Response Surface*

ε = Regangan

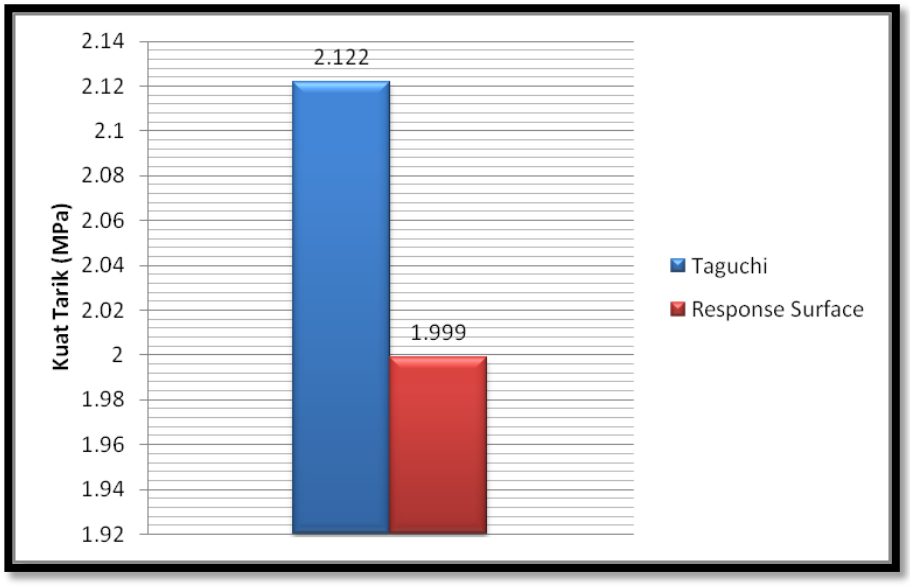
Untuk membandingkan hasil tegangan optimum, diambil salah satu titik regangan sebagai acuan yaitu 3,3%. Berdasarkan Persamaan (5.7), metode Taguchi menghasilkan tegangan maksimum 2,122 MPa pada regangan 3,3%, sedangkan berdasarkan Persamaan (5.8) metode *response surface* menghasilkan tegangan maksimum 1,999 MPa pada regangan 3,3 %, sehingga didapatkan perbedaan hasil 5,8%.

Pada respon kuat tarik, selisih antara hasil prediksi dan eksperimen metode Taguchi sebesar 32,14%, sedangkan selisih antara hasil prediksi dan eksperimen metode *response surface* sebesar 11,98%. Namun, pada hasil eksperimen antar metode dengan perbandingan satu titik regangan 3,3% pada respon kuat tarik terlihat perbedaan yang tidak signifikan yakni sebesar 5,8%. Sedangkan pada diameter terdapat perbedaan sebesar 1,2% seperti pada Gambar 5.15 dan 5.16.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 5.15. Perbedaan Diameter Taguchi dan *Response Surface*



Gambar 5.16. Perbedaan Kuat Tarik Taguchi dan *Response Surface*

Berdasarkan hasil optimasi kedua metode tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode Taguchi dapat memprediksi komposisi material filamen plastik dengan tingkat perbedaan hasil 1,2% pada diameter dan 5,8% pada kuat tarik dibanding *response surface*. Perbedaan hasil dari berbagai sisi antara kedua metode disebabkan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

metode Taguchi kurang dapat merepresentasikan hasil optimum jika jumlah responnya lebih dari satu. Model prediksi yang dianalisis dengan metode Taguchi juga menghasilkan model linier, sedangkan *response surface* dikatakan cukup merepresentasikan model setelah dilakukan prediksi model berorde dua karena terdapat kelengkungan dalam sistem. Namun, melalui uji verifikasi *Mann-Whitney Test* dengan taraf signifikansi 5% yang terlampir pada Lampiran 8, terlihat bahwa selisih angka tersebut mengindikasikan perbedaan yang tidak signifikan dalam hasil akhir perbandingan kedua metode, sehingga dapat disimpulkan metode Taguchi dapat menggantikan *response surface* dalam menentukan hasil optimum kasus pembuatan filamen.

5.3 *Prototype* Filamen Hasil Optimasi

Berdasarkan metode Taguchi dihasilkan komposisi optimum material filamen dengan kombinasi A (-1), B (-1), dan C (-1), atau jika dikonversikan ke dalam nilai sebenarnya yaitu, tepung tapioka (1,8 g), gliserin (0,3 ml), dan pasir silika (0,8 g). Komposisi optimum campuran tersebut kemudian diuji coba untuk menghasilkan *prototype* filamen dengan kuat tarik maksimum dan diameter 1,75 mm, seperti merujuk pada Gambar 5.17.

Setelah percobaan selesai dilakukan, filamen diukur berdasarkan respon yang diteliti yaitu diameter dan kuat tarik. Keseluruhan hasil percobaan filamen pada setiap kondisi percobaan dapat dilihat pada Lampiran 3. Berdasarkan pengujian respon, filamen dengan komposisi optimum memiliki diameter 1,733 mm dan kuat tarik maksimum 1,755 MPa pada regangan 1,0585%

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 5.17. *Prototype* Filamen Komposisi Optimum

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VI
PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan komposisi optimum metode Taguchi untuk memaksimumkan kuat tarik dalam diameter 1,75 mm ialah tepung tapioka pada level rendah (1,8 g), gliserin pada level rendah (0,3 ml), dan pasir silika pada level rendah (0,8 g).
2. Berdasarkan hasil optimasi metode Taguchi dan *response surface*, dapat disimpulkan bahwa metode Taguchi dapat memprediksi komposisi material filamen plastik dengan tingkat perbedaan hasil 1,2% pada diameter dan 5,8% pada kuat tarik dibanding *response surface*.
3. Berdasarkan pengujian respon, *prototype* filamen dengan komposisi optimum memiliki diameter 1,733 mm dan kuat tarik maksimum 1,755 MPa pada regangan 1,0585%.

6.2. Saran

Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya, peneliti dapat menambah variabel respon lain, seperti titik leleh (*melting point*) disamping diameter dan kuat tarik maksimum. Selain itu, faktor-faktor di luar tiga komposisi rancangan dan level sensitivitas juga dapat diperhitungkan pengaruhnya terhadap nilai respon.

.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA

Al-Refaie, A., Wu, T.H., and Li, M.H., 2010, An Effective Approach for Solving The Multi-Response Problem in Taguchi Method, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, Vol. 4 No. 2, pp. 314-323.

Choi, S.H., and Chan, A.M.M., 2003, A Layer-based Virtual Prototyping System for Product Development, *Journal Department of Industrial and Manufacturing System Engineeering*, The University of Hong Kong, pp. 237-256.

Fallon, M., Walton, A.J., Newsam, M.I, and Gaston, G.J., 1995, A Comparison of Taguchi Method and Respon Surface Methodology for Optimizing A CMOS Process, *Journal The Institution of Electrical Engineers*, Savoy Place, London, WC2R 0BL, UK.

Gebhardt, A., 2003. *Rapid Prototyping*, Hanser Publisher, Munich.

Hartono, M., 2012, Meningkatkan Mutu Produk Plastik dengan Metode Taguchi, *Jurnal Teknik Industri*, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, Vol. 13 No.1, pp. 93-100.

Kamaruddin, S., Khan, Z.A, and Foong, S.H., 2010, Application of Taguchi Method in the Optimization of Injection Moulding Parameters for Manufacturing Products from Plastic Blend, *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, Vol.2, No.6, pp. 574-580.

Ling, Y., 1996, Uniaxial True Stress-Strain After Necking, *AMP Journal of Technology*, Vol.5, pp. 37-48.

Montgomery, D.C., 2001, *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Priyanto, S.A., Herliansyah, M.K., dan Tontowi, A.E., 2005, Perancangan *User Interface* Printer 3D, *Jurnal Teknik Mesin dan Industri*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Vol. 2 No. 1, pp 35-45.

Rahardjo, J., dan Rahardja, S., 2001, Perbandingan Metode 2^{k-p} Fractional Factorial dengan Metode Taguchi Pada Proses Pembuatan *Fiber Glass*, *Jurnal Teknik Industri*, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra,Vol. 3 No.1, pp. 1-8.

Ross, P.J., 1989, *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, McGraw-Hill Inc, New York.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sukmawanty, F., 2012, *Optimasi Fabrikasi Model Pada Mesin Up! Printer Tiga Dimensi Menggunakan Design of Experiment*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Taguchi, G., 1993, *Taguchi on Robust Technology Development: Bringing Quality Engineering Upstream*, Asme Press, New York.

Tontowi, A.E., dan Nugroho, W.S., 2010, *Optimasi Campuran Epoxy Resin, Hardener dan Thinner untuk Aplikasi Liquid Infiltrant Benda Berbahan Dasar Gypsum Dengan Metode Respon Surface*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Ulrich, K.T. and Eppinger, 1995, *Product Design and Development*, McGraw-Hill, Inc., New York.

Wijaya, Y.A., 2012, *Optimasi Campuran Tepung Tapioka, Glisern, dan Silika untuk Filamen Mesin Printer Tiga Dimensi dengan Metode Response Surface*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LAMPIRAN 1. Data Mentah Hasil Eksperimen

Lampiran 1.1 Hasil pengujian diameter dan kuat tarik filamen Taguchi

Tabel L.1. Hasil Eksperimen Respon Diameter

Run	Faktor			Respon Diameter (mm)		
	A	B	C	1	2	3
1	1,8	0,3	0,8	1,76	1,72	1,72
2	1,8	0,5	1,3	1,92	1,88	1,88
3	1,8	0,7	1,8	1,78	1,99	1,94
4	1,9	0,3	1,3	1,92	1,78	1,88
5	1,9	0,5	1,8	2,12	2,18	2,06
6	1,9	0,7	0,8	2,21	2,03	2,02
7	2,0	0,3	1,8	1,99	2,09	2,15
8	2,0	0,5	0,8	1,98	1,75	2,19
9	2,0	0,7	1,3	2,32	2,32	2,32

Tabel L.2. Hasil Eksperimen Respon Kuat Tarik

Run	Faktor			Respon Kuat Tarik (MPa)		
	A	B	C	1	2	3
1	1,8	0,3	0,8	0,9761	0,7091	0,9433
2	1,8	0,5	1,3	0,3119	0,2580	0,4141
3	1,8	0,7	1,8	0,0986	0,0913	0,0544
4	1,9	0,3	1,3	0,2772	0,5840	0,3422
5	1,9	0,5	1,8	0,2105	0,2460	0,1533
6	1,9	0,7	0,8	0,2033	0,2472	0,1720
7	2,0	0,3	1,8	0,7565	0,4434	0,6121
8	2,0	0,5	0,8	0,5680	0,3350	0,5112
9	2,0	0,7	1,3	0,3267	0,3343	0,3047

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lampiran 1.2. Hasil pengujian filamen melalui uji kuat tarik

-

28.01.2013

-

Parameter table:

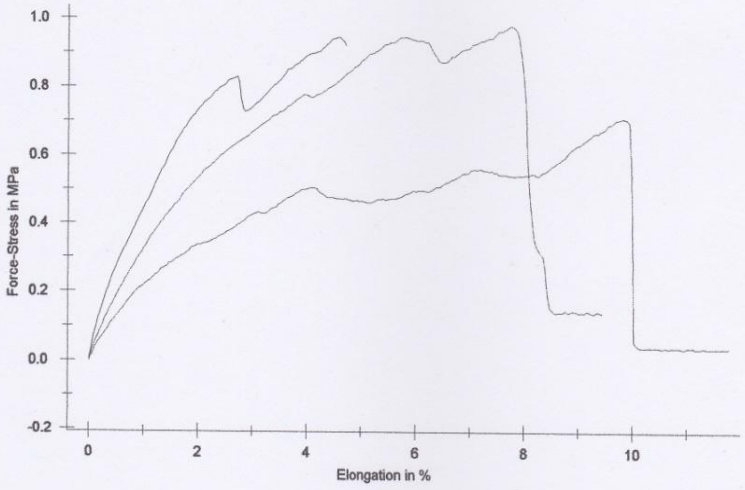
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : 1

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.76	30	2.3747	0.9761	7.7288
2	1.72	30	1.9684	0.7091	9.7965
3	1.72	30	2.6184	0.9433	4.5917

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
$\bar{x}$	1.733	30	2.3205	0.8762	7.3723
s	0.02309	0.000	0.3284	0.1456	2.6207
v	1.33	0.00	14.15	16.62	35.55

Page 1/1

Gambar L.1. Hasil Uji Sampel 1

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

28.01.2013

Parameter table:

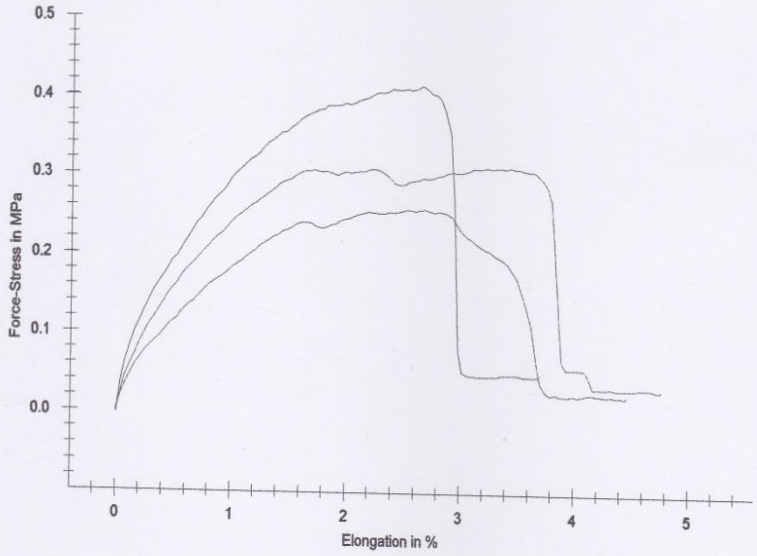
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : 2

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.92	30	0.9030	0.3119	3.2300
2	1.88	30	0.7162	0.2580	2.5315
3	1.68	30	0.9180	0.4141	2.6523

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
x	1.827	30	0.8457	0.3280	2.8046
s	0.1286	0.000	0.1124	0.0793	0.3734
v	7.04	0.00	13.30	24.18	13.31

Page 1/1

Gambar L.2. Hasil Uji Sampel 2

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

28.01.2013

-

Parameter table:

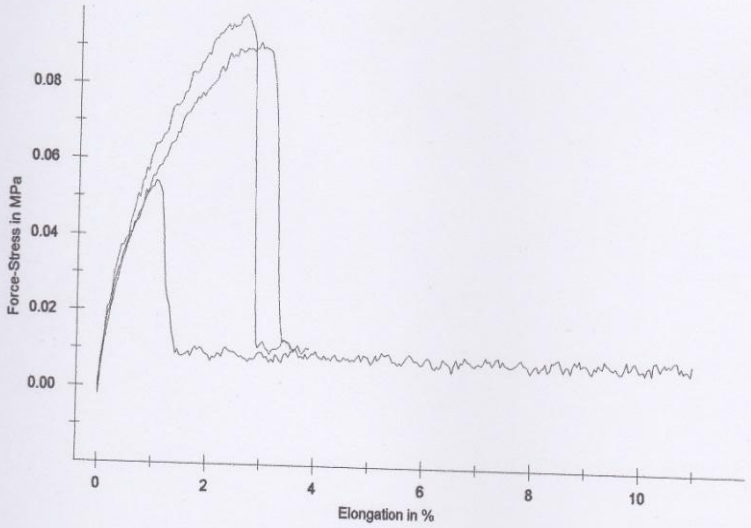
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : 3

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.78	30	0.2454	0.0986	2.6523
2	1.99	30	0.2840	0.0913	2.9159
3	1.94	30	0.1608	0.0544	1.0188

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
x̄	1.903	30	0.2301	0.0814	2.1956
s	0.1097	0.000	0.0630	0.0237	1.0277
v	5.76	0.00	27.38	29.10	46.81

Page 1/1

Gambar L.3. Hasil Uji Sampel

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

28.01.2013

-

Parameter table:

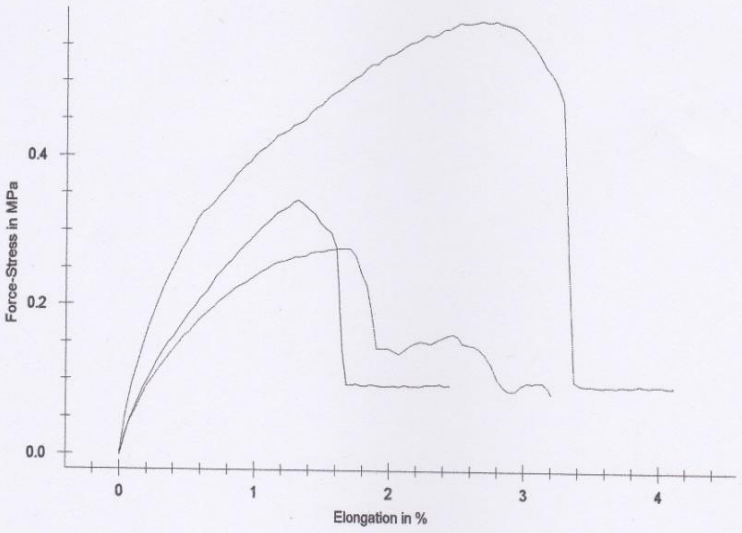
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : 4

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.92	30	0.8024	0.2772	1.6698
2	1.78	30	1.4533	0.5840	2.6795
3	1.88	30	0.9499	0.3422	1.3178

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
x̄	1.86	30	1.0685	0.4011	1.8890
s	0.07211	0.000	0.3413	0.1617	0.7068
v	3.88	0.00	31.94	40.31	37.42

Page 1/1

Gambar L.4. Hasil Uji Sampel

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

28.01.2013

-

Parameter table:

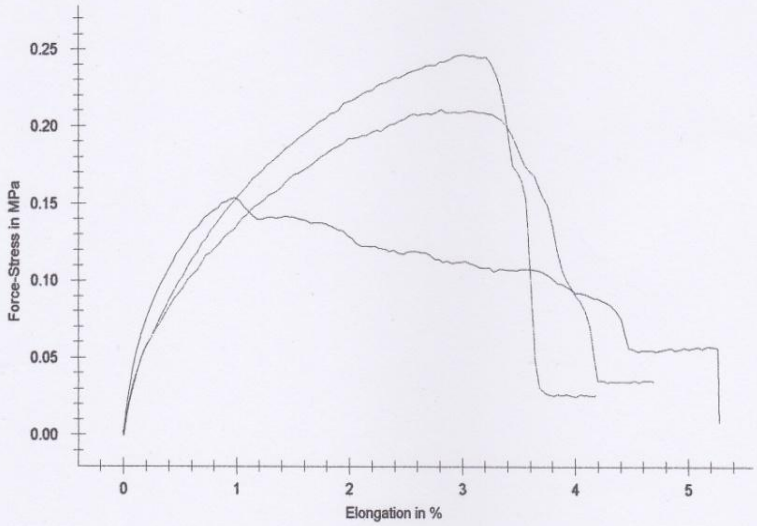
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : 5

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	2.12	30	0.7430	0.2105	2.8086
2	2.18	30	0.9180	0.2460	3.0178
3	2.06	30	0.5110	0.1533	0.9855

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
$\bar{x}$	2.12	30	0.7240	0.2032	2.2707
s	0.06	0.000	0.2042	0.0467	1.1178
v	2.83	0.00	28.21	23.00	49.23

Page 1/1

Gambar L.5. Hasil Uji Sampel 5

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

28.01.2013

-

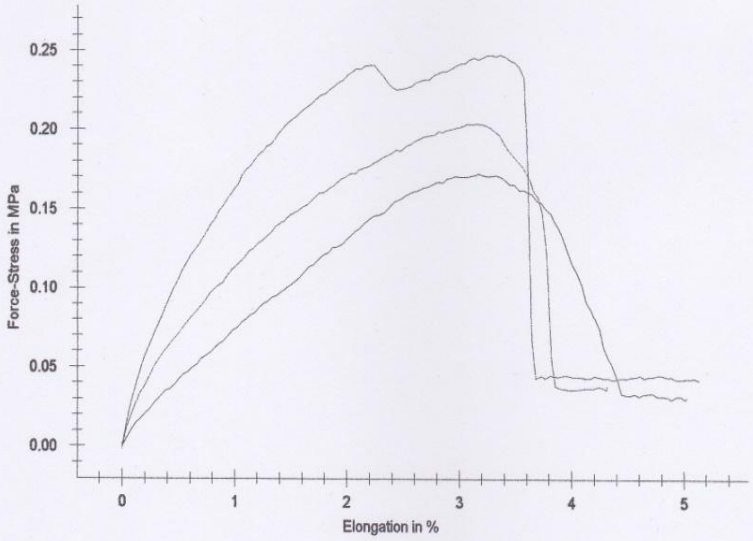
Parameter table:

Heading	:	Tester	: rachmat
Company name:		Test standard	: tensile strength
Customer	: Rezky	Material	: 6
Test speed: 10 mm/min			

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	2.21	30	0.7798	0.2033	3.1492
2	2.03	30	0.7999	0.2472	3.3622
3	2.02	30	0.5512	0.1720	3.1704

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
$\bar{x}$	2.087	30	0.7103	0.2075	3.2272
s	0.1069	0.000	0.1382	0.0378	0.1173
v	5.12	0.00	19.46	18.20	3.64

Page 1/1

Gambar L.6. Hasil Uji Sampel 6

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

28.01.2013

-

Parameter table:

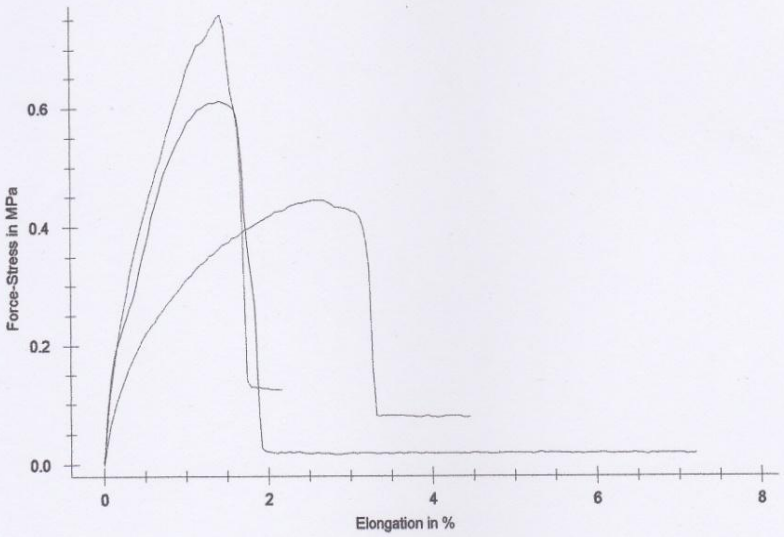
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : 7

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.99	30	2.3529	0.7565	1.4356
2	2.09	30	1.5211	0.4434	2.5564
3	2.15	30	2.2222	0.6121	1.4251

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
x	2.077	30	2.0321	0.6040	1.8057
s	0.08083	0.000	0.4473	0.1567	0.6501
v	3.89	0.00	22.01	25.95	36.00

Page 1/1

Gambar L.7. Hasil Uji Sampel 7

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

28.01.2013

-

Parameter table:

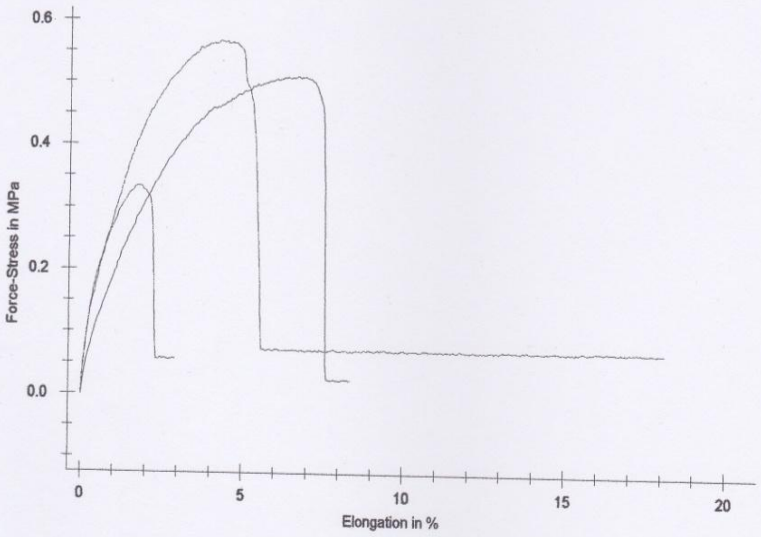
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : 8

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.98	30	1.7490	0.5680	4.2662
2	1.75	30	0.8058	0.3350	1.7513
3	2.19	30	1.9257	0.5112	6.6700

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
x	1.973	30	1.4935	0.4714	4.2292
s	0.2201	0.000	0.6021	0.1215	2.4595
v	11.15	0.00	40.31	25.77	58.16

Page 1/1

Gambar L.8. Hasil Uji Sampel 8

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

28.01.2013

-

Parameter table:

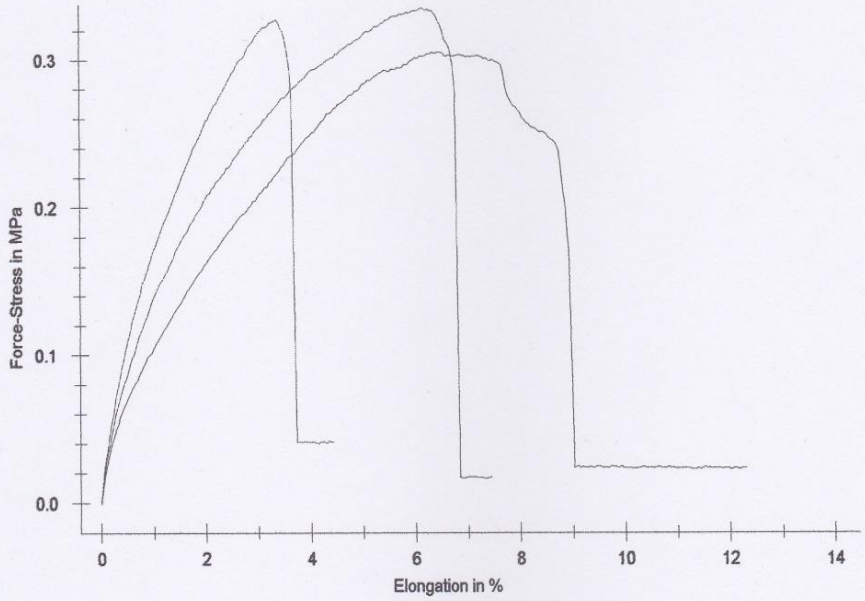
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : 9

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	2.32	30	1.3812	0.3267	3.3584
2	2.32	30	1.4131	0.3343	6.1187
3	2.32	30	1.2883	0.3047	6.4495

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
x̄	2.32	30	1.3609	0.3219	5.3089
s	0.000	0.000	0.0649	0.0153	1.6972
v	0.00	0.00	4.77	4.77	31.97

Page 1/1

Gambar L.9. Hasil Uji Sampel 9

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lampiran 1.2. Hasil uji diameter dan kuat tarik metode *response surface*

Tabel L.3. Hasil Eksperimen Orde Pertama *Response Surface*

Std. Order	*Run Order*	*Coded Variable*			*Actual Variable*			Diameter (mm)	Kuat Tarik (MPa)
		x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3		
1	3	-1	-1	-1	1,8	0,3	0,8	1,53	1,725
2	11	1	-1	-1	2,0	0,3	0,8	1,80	0,4382
3	2	-1	1	-1	1,8	0,7	0,8	1,32	0,3985
4	8	-1	-1	1	1,8	0,3	1,8	2,29	0,8644
5	5	1	1	-1	2,0	0,7	0,8	1,51	0,2162
6	4	-1	1	1	1,8	0,7	1,8	1,66	0,3148
7	10	1	-1	1	2,0	0,3	1,8	2,25	0,2948
8	9	1	1	1	2,0	0,7	1,8	1,70	0,5816
9	6	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,65	0,2493
10	7	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,75	0,5362
11	1	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,61	0,3281
12	12	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,70	0,3362

Tabel L.4. Hasil Eksperimen Orde Kedua *Response Surface*

Std. Order	*Run Order*	*Coded Variable*			*Actual Variable*			Diameter (mm)	Kuat Tarik (Mpa)
		x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3		
13	2	-1,682	0	0	1,732	0,5	1,3	1,50	0,9130
14	5	1,682	0	0	2,068	0,5	1,3	1,64	0,3519
15	8	0	-1,682	0	1,9	0,164	1,3	2,23	0,7972
16	3	0	1,682	0	1,9	0,836	1,3	1,41	0,2950
17	1	0	0	-1,682	1,9	0,5	0,46	1,44	0,6318
18	4	0	0	1,682	1,9	0,5	2,14	2,19	0,4939
19	7	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,64	0,2308
20	6	0	0	0	1,9	0,5	1,3	1,8	0,4835

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LAMPIRAN 2. Hasil Pengujian Kondisi Optimum

Lampiran 2.1 Hasil uji diameter dan kuat tarik metode Taguchi

Tabel L.5. Hasil Uji Respon Diameter Optimum

No.	Diameter (mm)
1	1,82
2	1,65
3	1,73
Rata-rata	1,733
Standar Deviasi	0,085

Tabel L.6. Hasil Uji Respon Kuat Tarik Optimum

No.	Kuat tarik (Mpa)
1	2,120
2	1,297
3	1,848
Rata-rata	1,755
Standar Deviasi	0,4196

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lampiran 2.2. Hasil uji diameter dan kuat tarik dengan target kuat tarik maksimal metode Taguchi

-

01.02.2013

-

Parameter table:

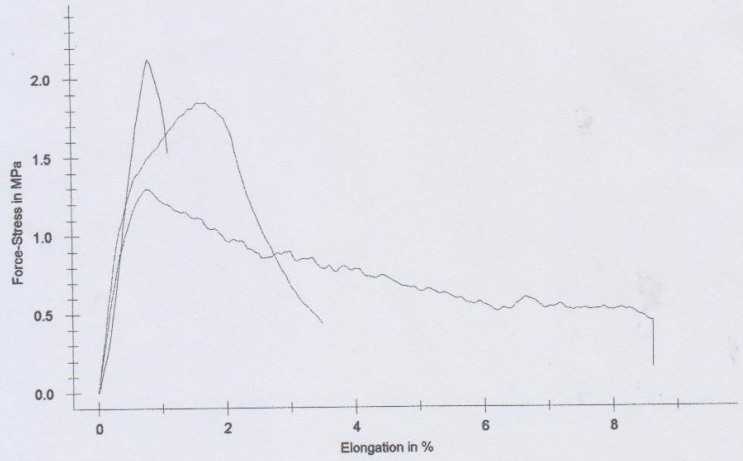
Heading :
Company name:
Customer : Rezky
Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
Test standard : tensile strength
Material : optimum 1

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.82	30	4.8083	1.8482	1.5754
2	1.82	30	3.3733	1.2967	0.7960
3	1.82	30	5.5161	2.1203	0.8043

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
$\bar{x}$	1.82	30	4.5659	1.7551	1.0585
s	0.000	0.000	1.0918	0.4197	0.4476
v	0.00	0.00	23.91	23.91	42.28

Page 1/1

Gambar L.10. Hasil Uji Sampel Optimum

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

11.07.2013

-

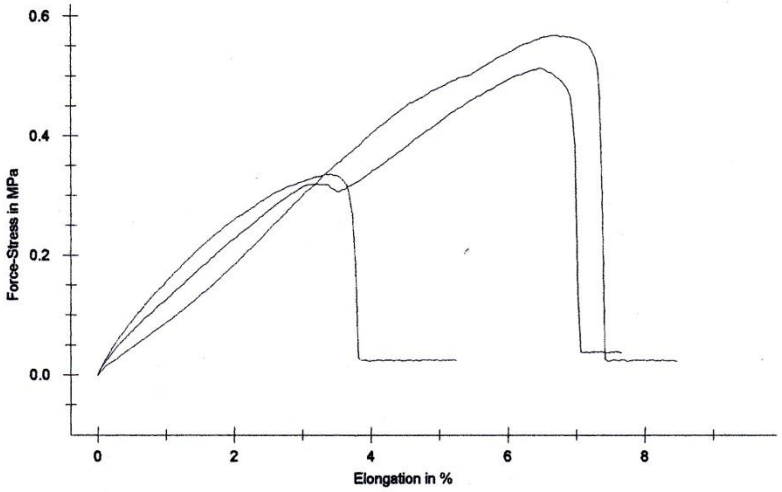
Parameter table:

Heading	:	Tester	: rachmat
Company name:		Test standard	: tensile strength
Customer	: Rezky	Material	: O 1
Test speed: 10 mm/min			

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.76	30	0.8158	0.3353	3.3327
2	1.73	30	1.3326	0.5669	6.6534
3	1.73	30	1.2045	0.5124	6.4495

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
$\bar{x}$	1.74	30	1.1176	0.4716	5.4785
s	0.01732	0.000	0.2691	0.1211	1.8611
v	1.00	0.00	24.08	25.68	33.97

Page 1/1

Gambar L.11. Hasil Uji Diameter Optimum

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

-

11.07.2013

-

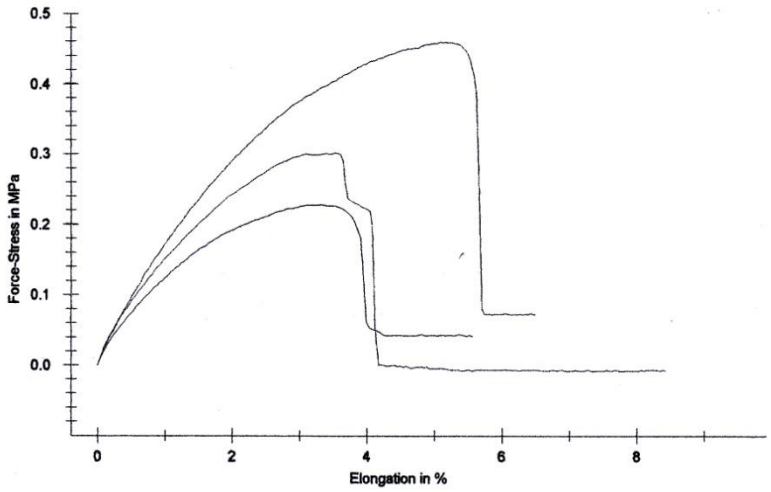
Parameter table:

Heading	:	Tester	: rachmat
Company name:		Test standard	: tensile strength
Customer	: Rezky	Material	: O 2
Test speed: 10 mm/min			

Results:

Nr	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
1	1.96	30	0.9096	0.3015	3.5162
2	1.89	30	1.2865	0.4586	5.0863
3	1.95	30	0.6810	0.2280	3.3244

Series graphics:



Statistics:

Series n = 3	Diameter d0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength MPa	Strain at Fmax. %
x̄	1.933	30	0.9590	0.3294	3.9757
s	0.03786	0.000	0.3058	0.1178	0.9666
v	1.96	0.00	31.89	35.76	24.31

Page 1/1

Gambar L.12. Hasil Uji Kuat Tarik Optimum

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LAMPIRAN 3. Hasil Penelitian

Tabel L.7. Tabel Hasil Percobaan

No.	Faktor			Hasil Sampel	Respon		
	Tepung Tapioka (g)	Gliserin (ml)	Pasir Silika (g)		Tegangan (Mpa)	Regangan (%)	Diameter (mm)
1	1,8	0,3	0,8		0,8762	7,372	1,73
2	1,8	0,5	1,3		0,328	2,805	1,89
3	1,8	0,7	1,8		0,0814	2,196	1,90
4	1,9	0,3	1,3		0,4011	1,889	1,86
5	1,9	0,5	1,8		0,2032	2,271	2,12
6	1,9	0,7	0,8		0,2075	3,227	2,09
7	2,0	0,3	1,8		0,604	1,806	2,08

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No.	Faktor			Hasil Sampel	Respon		
	Tepung Tapioka (g)	Gliserin (ml)	Pasir Silika (g)		Tegangan (Mpa)	Regangan (%)	Diameter (mm)
8	2,0	0,5	0,8		0,4714	4,229	1,97
9	2,0	0,7	1,3		0,3219	5,301	2,32

LAMPIRAN 4. Dokumentasi Penelitian



Gambar L.13. Tepung Tapioka, Gliserin, dan Pasir Silika

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar L.14. Aquades



Gambar L.15. Alat Timbangan Elektrik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar L.16. Alat Injeksi Filamen



Gambar L.17. Alat Cetak Filamen

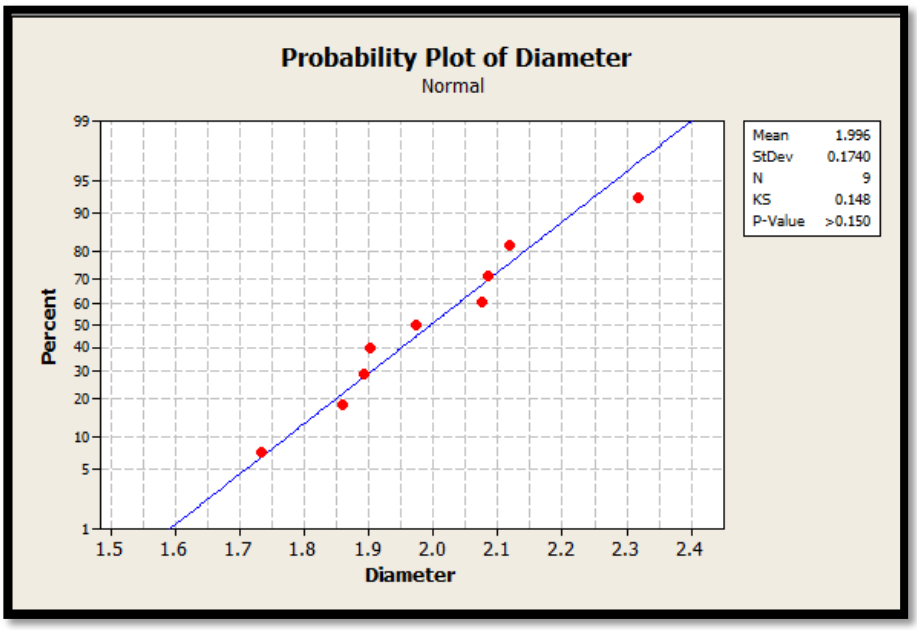
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar L.18. Alat Pengaduk (Spatula Besi)

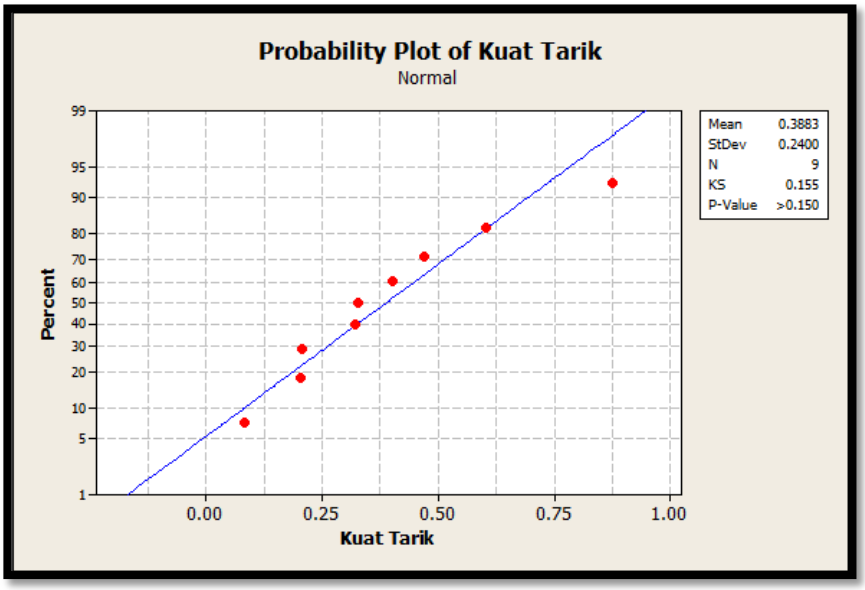
LAMPIRAN 5. Uji Kenormalan *Software* Minitab 15

Lampiran 5.1 Uji kenormalan respon diameter



Gambar L.19. Uji Kenormalan Diameter

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar L.20. Uji Kenormalan Kuat Tarik

LAMPIRAN 6. *Analysis of Variance* (ANOVA)

Lampiran 6.1. ANOVA Diameter

One-way ANOVA: MEAN1 versus A

Source	DF	SS	MS	F	P
A	2	0.1206	0.0603	2.98	0.126
Error	6	0.1216	0.0203		
Total	8	0.2422			

S = 0.1424 R-Sq = 49.80% R-Sq(adj) = 33.07%

One-way ANOVA: MEAN1 versus B

Source	DF	SS	MS	F	P
B	2	0.0683	0.0341	1.18	0.370
Error	6	0.1739	0.0290		
Total	8	0.2422			

S = 0.1703 R-Sq = 28.19% R-Sq(adj) = 4.25%

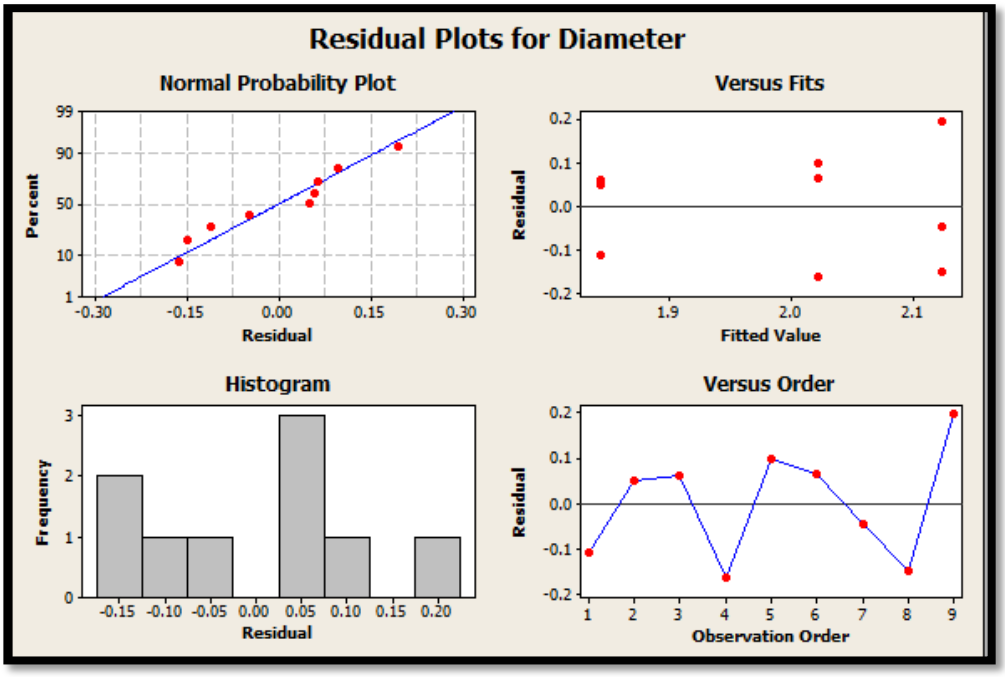
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

One-way ANOVA: MEAN1 versus C

Source	DF	SS	MS	F	P
C	2	0.0192	0.0096	0.26	0.780
Error	6	0.2230	0.0372		
Total	8	0.2422			

S = 0.1928 R-Sq = 7.94% R-Sq(adj) = 0.00%

Gambar L.21. ANOVA Diameter



Gambar L.22. *Residual Plots Diameter*

Lampiran 6.2. ANOVA Kuat Tarik

One-way ANOVA: MEAN2 versus A

Source	DF	SS	MS	F	P
A	2	0.0644	0.0322	0.49	0.637
Error	6	0.3964	0.0661		
Total	8	0.4607			

S = 0.2570 R-Sq = 13.98% R-Sq(adj) = 0.00%

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

One-way ANOVA: MEAN2 versus B

Source	DF	SS	MS	F	P
B	2	0.2822	0.1411	4.74	0.058
Error	6	0.1786	0.0298		
Total	8	0.4607			

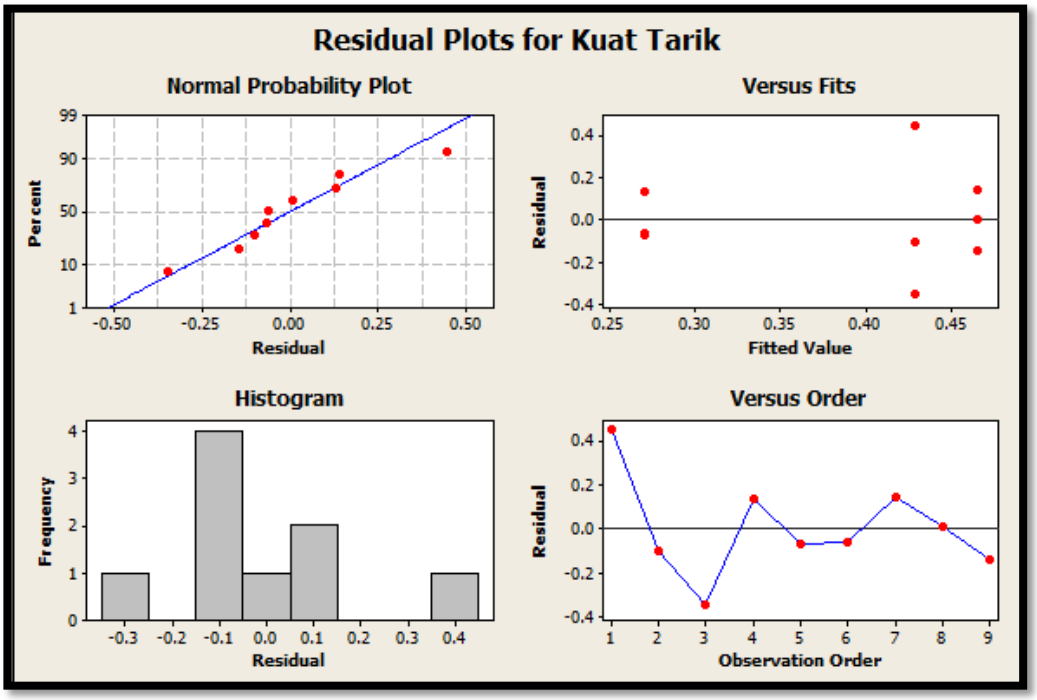
S = 0.1725 R-Sq = 61.24% R-Sq(adj) = 48.32%

One-way ANOVA: MEAN2 versus C

Source	DF	SS	MS	F	P
C	2	0.0805	0.0402	0.64	0.562
Error	6	0.3803	0.0634		
Total	8	0.4607			

S = 0.2517 R-Sq = 17.47% R-Sq(adj) = 0.00%

Gambar L.23. ANOVA Kuat Tarik



Gambar L.24. Residual Plots Kuat Tarik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LAMPIRAN 7. Hasil Perhitungan *Prediction Equation*

Lampiran 7.1. Perhitungan *prediction equation* Taguchi respon diameter

X_0 = (1,73+1,89+1,9+1,86+2,12+2,09+2,08+1,97+2,32)/9

X_1 = [(-1)(1,73)]+[(-1)(1,89)]+[(-1)(1,9)]+[(0)(1,86)]+[(0)(2,12)]+[(0)(2,09)]
+[(1)(2,08)]+[(1)(1,97)]+[(1)(2,32)]
= 0,85

X_2 = [(-1)(1,73)]+[(0)(1,89)]+[(1)(1,9)]+[(-1)(1,86)]+[(0)(2,12)]+[(1)(2,09)]
+[(-1)(2,08)]+[(0)(1,97)]+[(1)(2,32)]
= -0,64

X_3 = [(-1)(1,73)]+[(0)(1,89)]+[(1)(1,9)]+[(0)(1,86)]+[(1)(2,12)]+[(-1)(2,09)]
+[(1)(2,08)]+[(-1)(1,97)]+[(0)(2,32)]
= 0,31

$Y = 1,996 + 0,85F_1 - 0,64F_2 + 0,31F_3$

Lampiran 7.2. Perhitungan *prediction equation* Taguchi respon kuat tarik

X_0 = (0,88+0,33+0,08+0,4+0,2+0,21+0,6+0,47+0,32)/9

X_1 = [(-1)(0,88)]+[(-1)(0,33)]+[(-1)(0,08)]+[(0)(0,4)]+[(0)(0,2)]+[(0)(0,21)]
+[(1)(0,6)]+[(1)(0,47)]+[(1)(0,32)]
= 0,1

X_2 = [(-1)(0,88)]+[(0)(0,33)]+[(1)(0,08)]+[(-1)(0,4)]+[(0)(0,2)]+[(1)(0,21)]
+[(-1)(0,6)]+[(0)(0,47)]+[(1)(0,32)]
= -1,27

X_3 = [(-1)(0,88)]+[(0)(0,33)]+[(1)(0,08)]+[(0)(0,4)]+[(1)(0,2)]+[(-1)(0,21)]
+[(1)(0,6)]+[(-1)(0,47)]+[(0)(0,32)]
= -0,68

Y = $0,388 + 0,1F_1 - 1,27F_2 - 0,68F_3$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI KOMPOSISI MATERIAL FILAMEN DENGAN METODE TAGUCHI
Rezky Widiyawati, Prof. Ir. Alva Edy Tantowi, M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2013 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LAMPIRAN 8. Uji Verifikasi *Mann-Whitney Test*

Lampiran 8.1. Uji Verifikasi Diameter

Mann-Whitney Test and CI: taguchi-D, RSM-D

	N	Median
taguchi-D	3	1.7300
RSM-D	3	1.7200

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.0100
91.9 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0.0900,0.1400)
W = 11.0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 1.0000

Gambar L.25. Hasil Uji *Mann-Whitney Test* Diameter

Lampiran 8.2. Uji Verifikasi Kuat Tarik

Mann-Whitney Test and CI: taguchi-KT, RSM-KT

	N	Median
taguchi-KT	3	1.848
RSM-KT	3	1.622

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.162
91.9 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-1.945,0.985)
W = 11.0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 1.0000

Gambar L.26. Hasil Uji *Mann-Whitney Test* Kuat Tarik