

# PROSIDING



Seminar Nasional Teknik Industri 2017  
Universitas Gadjah Mada

“Frontier in Industrial Engineering”

ISBN 978-602-73461-6-1

Supported by :



8 November 2017  
Departemen Teknik Mesin dan Industri  
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281

# **Prosiding**

**SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI 2017  
UNIVERSITAS GADJAH MADA**

*Frontier in Industrial Engineering*

**Yogyakarta, 8 November 2017**

**Diterbitkan oleh:  
Departemen Teknik Mesin dan Industri  
Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada**

**Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri 2017  
Frontier in Industrial Engineering**

Editor: Rini Dharmastiti, IGB Budhi Darma, MK Herliansyah, Nur Aini Masruroh

**Reviewer:**

Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Andi Sudiarso, S.T, M.T, M.Sc., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Anna Maria Sri Asih, S.T, M.M, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Sholeh, ST., MBA., P.D.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
Dawi Karomati Baroroh, S.T, M.Sc,	(Universitas Gadjah Mada)
Fitri T, ST, M.Sc	(Universitas Gadjah Mada)
Herianto, S.T, M.Eng., Dr. Eng	(Universitas Gadjah Mada)
I Gusti Bagus Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Dr.Eng. Herianto, ST, M.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
M. Arif Wibisono, S.T, M.T., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
M.K Herliansyah, S.T, M.T, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Aini Masruroh, S.T, M.Sc., Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Mayke Eka Normasari, S.T., M.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Sinta Rahmawidya Sulisty, S.T., MSIE	(Universitas Gadjah Mada)
Subagyo, Ir. Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Titis Wijayanto, S.T, M.Des., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Dwi Agustina Kurniawati, ST, M.Eng. Ph.D	(Universitas Islam Negeri)
Niko Siameva Uletika, S.T., M.Eng.	(Universitas Jenderal Soedirman)
Dr. Arman Hakim Nasution, M.Eng.	(Institut Teknologi Surabaya)
Dr. Wahyudi Sutopo, S.T., M.Si.	(Universitas Sebelas Maret)
Dr. Yosephine Suharyanti, S.T., M.T.	(Universitas Atma Jaya Yogyakarta)

**Editor:**

Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc., Ph.D  
IGB Budhi Darma, ST, M.Eng, Ph.D  
MK Herliansyah, ST, MT, Ph.D  
Nur Aini Masruroh, ST, M.Sc., Ph.D

**Layout:**

Elanjati Worldailmi, ST  
Marta Hayu Raras SRS, ST  
Citra Nudiasari, ST  
Yasdin, S.Pd., M.Pd.

First Published in 2017

21 x 29,7 cm, 636 halaman

**ISBN: 978-602-73461-6-1**

©2017 by Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

## KATA PENGANTAR

**SeNTI** atau Seminar Nasional Teknik Industri merupakan seminar nasional yang dilaksanakan oleh Program Studi Teknik Industri Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. SeNTI dan seminar-seminar pendahulu misalnya CAE (*Conference on Applied Ergonomics*), SMART (*Seminar on Application and Research in Industrial Technology*), dan Teknosim (Seminar Nasional Teknologi Simulasi) telah berhasil dimanfaatkan oleh para pesertanya (peneliti, praktisi, dan mahasiswa) sebagai media berkomunikasi dan mengembangkan jejaring terkait dengan bidang-bidang keilmuan pada ranah teknik industri dan teknologi industri secara umum.

Topik utama seminar nasional ini adalah *Frontier in Industrial Engineering*. Topik ini diambil untuk mewadahi capaian-capaian terkini di bidang Teknik Industri sehingga bisa diharapkan terjadinya pertukaran informasi dan pengembangan jejaring dalam bidang Teknik Industri. Namun demikian, topik bidang lainnya yang terkait dengan ilmu teknik industri juga dapat disampaikan dalam seminar ini.

Pada tahun 2017 ini, SeNTI 2017 dilaksanakan di Yogyakarta, Indonesia. Seminar ini diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Seminar ini dibagi dalam empat topik utama, yakni Ergonomika, Riset Operasi, Sistem Manufaktur, dan Teknik Produksi.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pembicara inti, mitra bestari, pemakalah, peserta, dan semua pihak yang telah membantu terselenggaranya seminar ini.

Yogyakarta, 8 November 2017  
Ketua Panitia

**Nur Mayke Eka Normasari**  
NIU 1120150006



## SUSUNAN PANITIA

### Pengarah

#### **Dekan Fakultas Teknik UGM**

Prof. Ir. Panut Mulyono, M.Eng, D.Eng

#### **Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM**

Prof. Moch Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.

#### **Sekretaris Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM**

Fauzun, ST., MT., Ph.D

#### **Ketua Program Studi Sarjana Teknik Industri UGM**

Bertha Maya Sopha, S.T., M.Sc., Ph.D.

#### **Ketua Program Studi Pascasarjana (S2) Teknik Industri UGM**

M.K Herliansyah, S.T, M.T, Ph.D

#### **Ketua Program Studi Pascasarjana (S3) Teknik Industri UGM**

Nur Aini Masruroh, S.T, M.Sc., Ph.D.

### **Penanggung Jawab :**

#### **Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM**

Prof. Moch Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.

### **Steering Comitee :**

Ibu Dwi Agustina Kurniawati, ST, M.Eng. Ph.D	(Universitas Islam Negeri)
Ibu Niko Siameva Uletika, S.T., M.Eng.	(Universitas Soedirman)
Dr. Arman Hakim Nasution, M.Eng.	(Institut Teknologi Surabaya)
Dr. Wahyudi Sutopo, S.T., M.Si.	(Universitas Sebelas Maret)
Dr. Yosephine Suharyanti, S.T., M.T.	(Universitas Atma Jaya Yogyakarta)
Ir. Nur Indrianti, MT, D.Eng	(Universitas Pembangunan Nasional)
Prof. Ir. Samsul Kamal, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)



**Panitia**

**Ketua Panitia** : Nur Mayke Eka Normasari, S.T., M.Eng.

**Wakil Ketua Panitia** : Dr. Titis Wijayanto, S.T, M.Des

**Anggota** :

Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D  
Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D  
IGB Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D  
Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D  
Sinta Rahmawidya Sulisty, S.T., MSc  
Dawi Karowati B, S.T., M.Sc.  
Yekti Condro Winursito, S.T.  
Rindi Kusumawardani, S.T.  
Cici Finansia, S.T.  
Hana Silvia Dwi Putri, S.T.  
Edit Rusnita, S.T.  
Elanjati Worldailmi, S.T.  
Marta Hayu Raras SRS, S.T.  
Citra Nudiasari, S.T.  
Yasdin, S.Pd.  
Yulinda Sakinah Munim, S.T.  
Wini Wiliyanti, S.T.  
Lusiana Pane, S.T.  
Yustinus Tapilouw, S.T.  
Riza Arfani, S.T.  
Esmu Aprianto, S.T.  
Rian Prasetyo, S.T.  
Moeso Alpianto, S.T.  
Tri Wisudawati, S.T.  
M. Hendi Erfaisalsyah, S.T.  
Afiqoh Akmalia Fahmi, S.T.  
Hanissa Okitasari, S.T.  
Galih Pandu, S.T.  
Daniel Renaldo Simanjuntak, S.T.  
Muhammad Khasanal Hamman, S.T.  
Rony azmi faisal, S.T.  
Ibnu Al Taufiq, S.T.  
Dian Hitadari, S.T.  
Marcellino Aditya Mahendra, S.T.  
Ravinska Chandra, S.T.  
Titi Indarwati, S.T.  
Ismianti, S.T.  
Maria Puspitasari, S.T.



**Reviewer:**

Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Andi Sudiarso, S.T, M.T, M.Sc., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Anna Maria Sri Asih, S.T, M.M, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Sholeh, ST., MBA., P.D.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
Dawi Karomati Baroroh, S.T, M.Sc,	(Universitas Gadjah Mada)
Fitri T, ST, M.Sc	(Universitas Gadjah Mada)
Herianto, S.T, M.Eng., Dr. Eng	(Universitas Gadjah Mada)
I Gusti Bagus Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Dr.Eng. Herianto, ST, M.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
M. Arif Wibisono, S.T, M.T., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
M.K Herliansyah, S.T, M.T, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Aini Masruroh, S.T, M.Sc., Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Mayke Eka Normasari, S.T., M.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Sinta Rahmawidya Sulisty, S.T., MSIE	(Universitas Gadjah Mada)
Subagyo, Ir. Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Titis Wijayanto, S.T, M.Des., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Dwi Agustina Kurniawati, ST, M.Eng. Ph.D	(Universitas Islam Negeri)
Niko Siameva Uletika, S.T., M.Eng.	(Universitas Soedirman)
Dr. Arman Hakim Nasution, M.Eng.	(Institut Teknologi Surabaya)
Dr. Wahyudi Sutopo, S.T., M.Si.	(Universitas Sebelas Maret)
Dr. Yosephine Suharyanti, S.T., M.T.	(Universitas Atma Jaya Yogyakarta)



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>SUSUNAN PANITIA</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>

### ER-ERGONOMIKA

<b>Judul dan Penulis</b>	<b>Halaman</b>
Analisis Pengaruh <i>Time Urgency</i> dan <i>Traffic Congestion</i> Terhadap Situational Awareness dan Driving Performance <b>Akbar Mohammad Syawqi, Rini Dharmastiti</b>	<b>ER-3</b>
Perancangan Ulang Rak Penyimpanan Galon Dan Alat Bantu Angkat Dengan Metode Ergonomi Partisipatori <b>Didik Adji Sasongko, Hari Purnomo</b>	<b>ER-9</b>
Analisis Potensi Bahaya Menggunakan Metode <i>Hazzard Operability Study</i> (HAZOPS) Berdasarkan Perangkingan OHS <i>Risk Assesment and Control</i> <b>Fajar Kuncoro</b>	<b>ER-20</b>
Pengaruh Asupan Makanan serta Karakteristik Jalan terhadap Performa Mengemudi: Tinjauan Pustaka <b>Iftikar Z. Sualaksana, Gradiyan Budi Pratama, Putra Alif R. Yamin, Herman R. Soetisna</b>	<b>ER-30</b>
Studi Faktor Sistem Supra pada <i>Human Factors Analysis and Classification System</i> (HFACS) <b>Iftikar Z. Sualaksana, Putra A.R. Yamin</b>	<b>ER-35</b>
Redesign Stasiun Kerja Pencantingan Batik Yang Ergonomis <b>Jazuli, Dedi Nurcipto, Ilham Shalahuddin Affif</b>	<b>ER-45</b>
Kajian Literatur <i>Human Computer Trust</i> (HCT) pada Penggunaan Sistem Navigasi oleh Pengemudi <b>Mayesti Kurnianingtias, Titis Wijayanto, M. K. Herliansyah</b>	<b>ER-55</b>
Kajian Awal Analisis Pengaruh Informasi dan Komunikasi terhadap <i>Team Situational Awareness</i> dalam Keadaan <i>Emergency</i> Dengan Pendekatan <i>Serious Gaming</i> <b>Miftahulhair Adianto, Budi Hartono</b>	<b>ER-65</b>
Perancangan dan Evaluasi Usabilitas Website <i>E-Commerce</i> Batik (Studi Kasus Batik Butimo Kulon Progo DIY) <b>Nova Suparmanto, Andi Sudiarso</b>	<b>ER-70</b>
Pengaruh <i>Job Demands-Resources</i> terhadap <i>Burnout</i> pada Manajer Proyek di Indonesia <b>Prasidananto Nur Santoso, Budi Hartono</b>	<b>ER-82</b>
Perbandingan Sensitivitas Metode REBA, OWAS dan QEC dalam Evaluasi Tingkat Risiko Postur Kerja. (Studi Kasus di WL Aluminium Giwangan) <b>Rahmadhan, Dawi Karomati Baroroh</b>	<b>ER-93</b>
Analisis Beban Kerja Mental dan Tingkat <i>Burnout</i> pada Perawat Menggunakan Metode NASA - <i>Task Load Index</i> dan <i>Maslach Burnout Inventory - Human Service Survey</i> (Studi Kasus: Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar)	<b>ER-103</b>





---

**ER-ERGONOMIKA**

---

Judul dan Penulis	Halaman
<b>Siti Mar`atus Sholikhah, Irwan Iftadi, Rahmaniya Dwi Astuti</b>	
<i>Application of the Occupational Repetitive Actions (OCRA) Index to Assess Ergonomic Risks of Corn Seed Production Workers</i> <b>Syamsul Anwar, Angellina Putri</b>	ER-112
Penerapan Model <i>System Engineering Initiative for Patient Safety</i> (SEIPS) dalam Analisis Persepsi Perawat Terhadap Kelelahan Kerja (Studi Kasus: Instalasi Bedah Sentral RSUD Kabupaten Karanganyar) <b>Tia Rizky Noviani, Irwan Iftadi, Rahmaniya Dwi Astuti</b>	ER-120
Evaluasi Pengaruh <i>Dualtask</i> dan <i>Personality</i> Pejalan Kaki terhadap <i>Situation Awareness</i> <b>Zati Dini Atsari, Dawi Karomati Baroroh</b>	ER-129

---

**RO-RISET OPERASI**

---

Judul dan Penulis	Halaman
Usulan Perbaikan Jadwal Pengisian Kembali Persediaan untuk Produk Susu Kental Manis dengan Metode Heuristik Berbasis <i>Repetitive Forward Rolling Technique</i> <b>Aries Susanty, Singgih Saptadi, Inas Rosita</b>	RO-3
Penggunaan Model Regresi Linier Untuk Menyatakan Hubungan Fungsional Antara Massa Bahan Baku, Durasi Ekstraksi, Dan Jumlah Pencelupan Terhadap Tingkat Ketuan Warna Kain Batik Dengan Bahan Pewarna Alami Jalawe <b>Boby Tri Nugroho, Nurroh Habibah, Intan Ekki Shafirra, Nurifa Setyafani, dan Andi Sudiarso</b>	RO-11
Analisis Keputusan Pemilihan Kemasan Ikan Asap Tradisional Untuk Meningkatkan Nilai Penjualan <b>Dwi Nurul Izzhati, Hasan Mastriswadi, Tita Talitha</b>	RO-17
<i>Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-up Services</i> (VRPSDP) pada Distribusi Tabung Gas LPG 3 Kg (Kasus: PT. Lentera Putera Sejahtera) <b>Fitriani Surayya Lubis, M.K. Herliansyah</b>	RO-22
Perancangan Jalur Evakuasi Kebakaran. Fakultas ABC Universitas X. <b>Laksmi Nararia Dewi, Retno Wulan Damayanti, Irwan Iftadi</b>	RO-30
Pengembangan Model Perilaku Konsumen pada Pembelian 3D Printer di D.I. Yogyakarta <b>Mochamad Sugeng Mentariadi, Herianto</b>	RO-40
<i>Maximize blood collection routing problem: Simulated Annealing Heuristic Approach</i> <b>Nur Mayke Eka Normasari</b>	RO-46
Pengembangan Algoritma <i>Modified Longest Processing Time</i> untuk Penyelesaian Masalah Penjadwalan n Job m Mesin Paralel <b>Rifa Arifati, Ati Zaidiah</b>	RO-55
Optimasi Penjadwalan Ruang Operasi dan <i>Recovery Bed</i> dengan Metode Algoritma Genetika <b>Rizki Ananda, Linda Wahyuni Santoso, Nur Aini Masruroh</b>	RO-61
Pemodelan Simulasi Antrian Poliklinik Jantung RSUP Dr. Sardjito <b>Sinta Rahmawidya Sulisty, Afiqoh Akmalia Fahmi, Destiana Ayu Prasetyani</b>	RO-69



## RO-RISET OPERASI

Judul dan Penulis	Halaman
<i>A Risk Propagation Model in Agri-Food Industry Supply Chain using the Bayesian Networks</i> <b>Syamsul Anwar, Taufik Djatna</b>	RO-75
<i>Man Power Planning dan Workload Analysis pada Unit Human Capital PT Angkasa Pura II (Persero)</i> <b>Wahyu Indah Nur Hidayah, Novie Susanto</b>	RO-82
Analisis Resiko pada CV. Surya Mas Rubber dengan pendekatan SCOR model <b>Wiwid Widiasih</b>	RO-90
Identifikasi Waste pada Alur Proses Pemulangan Pasien dengan Pendekatan <i>Lean Hospital</i> di RSUD Kabupaten Karanganyar <b>Yanuar Shinta Rakhmawati, Retno Wulan Damayanti, Irwan Iftadi</b>	RO-101

## M-MANUFAKTUR

Judul dan Penulis	Halaman
Aplikasi Teknik Manufaktur <i>Vacuum Assisted Resin Infusion</i> (VARI) Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Plastik Berpenguat Serat Abaca (AFRP) <b>Abubakar, Hiroomi Homma, Indra</b>	M-3
Pemanfaatan Minyak Sayur Sebagai Cairan Pendingin Alternatif Pada Mesin CNC-Mill 3a <b>Almadora Anwar Sani, Didi Suryana, Karmin</b>	M-13
Analisis <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) dalam Menekan <i>Losses</i> pada <i>Area Channel</i> 10 PT. SKF Indonesia <b>Ariana Mustikasari, I Wayan Suletra</b>	M-21
Seleksi Inokulum Untuk <i>Start-Up Double Stage Anaerobic Digester</i> Pada Proses Produksi Biogas Dari Palm Oil Mill Effluent (Pome) <b>Dian Fitriani Astitia, Sri Ismiyati Damayantia, Wiratni Budhijantoa,</b>	M-30
Optimasi Parameter Pada Proses Pembuatan Objek 3D Printing Dengan Teknologi FDM Terhadap Akurasi Geometri <b>Dicky Seprianto, Romi Wilza, Iskandar</b>	M-37
Perhitungan Tingkat Efektivitas Mesin Tsudakoma dengan Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE). (Study kasus PT. XYZ) <b>Ganis Kurniawati Hadi Putri, Rahmaniyah Dwi Astuti, Bambang Suhardi</b>	M-50
Manufaktur Rangka Sepeda Balap Dari Bahan Serat Karbon Dengan Metode <i>Wrapped On Foam</i> <b>Heru SB Rochardjo, Taufik Junaidi</b>	M-60
Pengembangan Canting Cap Berbahan Plastik Menggunakan Teknologi <i>Additive Manufacturing</i> <b>Kurniawan Hamidi, M. Arif Wibisono, dan I.G.B.Budi Dharma</b>	M-66
Analisis Masalah COGI di Area <i>Raw Material</i> di PT XYZ Menggunakan <i>A3 Report Problem Solving</i> <b>Maria Retno Savitri, Pringgo Widyo Laksono</b>	M-76
Perancangan Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Cap Bergerak <b>Misbachul Hanif, M. Arif Wibisono, dan I.G.B.Budi Dharma</b>	M-87



**M-MANUFAKTUR**

Judul dan Penulis	Halaman
Pengaruh Penambahan MgO Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Biokeramik Bovine Hydroxyapatite Yang Disinter <b>Muhammad Kusumawan Herliansyah, Dhananjaya Yama Huda Kumarajati</b>	M-96
Perancangan Alat Pencelupan Kain Batik yang Ergonomis di Sentra Batik Bogor Tradisiku <b>Nurfajriah, Rifa Arifati</b>	M-102
Desain Produk Alat Penghasil Tepung Biji Durian <b>Rosnani Ginting, Rifqi Amanullah, Khairul Imam, M. Reiza Affandi, Kartini Putri</b>	M-111
Desain Rangka Body Monorel Dengan Metode <i>Finite Element</i> <b>Subarmono, Wibisono M.A., Dharma IGB., Salim UA., Zahy, Bramosh</b>	M-122
Pengoperasian Mesin Genset 3500 Watt Menggunakan Bahan Bakar Gas Methane Dengan Metode <i>Vacuum Valve</i> ) <b>Tri Widagdo1, Soegeng Witjahjo</b>	M-131
<i>Flow Visualization And Lift-Drag Performance Of Fighter Aircraft Model In Water Tunnel</i> <b>Widia Kartika, Sutrisno</b>	M-141

**TP-TEKNIK PRODUKSI**

Judul dan Penulis	Halaman
Identifikasi 5S Pada Stasiun Perebusan ( <i>Sterilizer</i> ) Di Pabrik Kelapa Sawit <b>Anizar, Ulfa Audina</b>	TP-3
Implementasi <i>Lean Manufacturing</i> Pada Proses Produksi Mono Chair di PT. XYZ <b>Arandhika Putri Maharani, Retno Wulan Damayanti, Irwan Iftadi</b>	TP-12
Usulan Pengembangan Strategi Penilaian Produk Berbasis AHP dan QFD <b>Argaditia Mawadati, M.Arif Wibisono</b>	TP-24
Penataan Kawasan Timoho Yang Antisipatif Terhadap Genangan Air <b>Brian Salvati Rodintya, Ardhya Nareswari, M. Santosa</b>	TP-36
Perancangan Kerangka Kerja Dalam Mendukung Kesuksesan Pengembangan Produk Baru Berbasis <i>Product Family</i> Pada Industri Kecil Menengah di D.I.Yogyakarta <b>Broto Widya Hartanto, Subagyo</b>	TP-46
Pola Siklus Hidup Produk-Produk Kendaraan Bermotor Roda Empat di Indonesia <b>Citrasari Andadari, Subagyo</b>	TP-56
Kajian Literatur Perilaku Rumah Tangga Dalam Menghasilkan Sampah Makanan ( <i>Food Waste</i> ) Di Kota Yogyakarta <b>Deni Saputra, Anna Maria Sri Asih</b>	TP-63
Analisis Efisiensi Relatif pada UMKM Batik Cap Semarang Dengan Metode <i>Data Envelopment Analysis</i> <b>Diana Puspita Sari, Bedietra Adriz Rachmania, Nia Budi Puspitasari</b>	TP-71
Evaluasi Dan Desain Kaki Prostetik Atas Lutut Untuk Peningkatan Kepuasan Konsumen Yayasan Difabel Mandiri <b>Ega Zulfa Rahcita, Yassierli</b>	TP-80
Kajian Teoritis Peran Manajer Menengah di Proyek sebagai <i>Boundary Spanner</i> <b>Elanjati Worldailmi, Budi Hartono</b>	TP-91



**TP-TEKNIK PRODUKSI**

Judul dan Penulis	Halaman
Aplikasi Kaizen pada <i>Brake Assembly Line</i> untuk Meningkatkan Produktivitas Line (Studi Kasus: PT XYZ) <b>Fadhilah Al Karimah, Eko Pujiyanto</b>	TP-100
<i>A System Analysis and Design To Improve Green Productivity Index Of Leather Tanning Industry Through Environmental Management</i> <b>Febriani Purba, Taufik Djatna, Ono Suparno, Ani Suryani</b>	TP-111
<i>Risk Assessment dan Business Impact Analysis</i> BPK RI dalam pengembangan DRP BPK RI dengan standar NIST 800-30 Rev 1 <b>Fuad Kurniawan, Lukito Edi Nugroho, Sri Suning Kusumawardani</b>	TP-125
Kerangka Kerja Konseptual Pengembangan <i>Disaster Recovery Plan</i> <b>Fuad Kurniawan, Lukito Edi Nugroho, Sri Suning Kusumawardani</b>	TP-137
Integrasi Metode SQC ( <i>Statistical Quality Control</i> ) Dan Taguchi Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Kertas Rokok di PT. XYZ <b>Khawarita Siregar, Syahrul Fauzi Siregar, Nurhikmah Alfath</b>	TP-148
Rancangan <i>Framework</i> Karyawan Konstruksi Indonesia dalam Kajian <i>Burnout</i> dan <i>Engagement</i> Terkait <i>Gender</i> <b>Maria Puspitasari, Budi Hartono</b>	TP-155
Analisis Pemilihan Produk Batik Tulis Terbaik Menggunakan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) <b>Muhammad Armihadi Nugraha, Andi Sudiarso</b>	TP-161
Usulan Perbaikan Metode Kerja Proses Pemanenan Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode SCAT di PT. XYZ <b>Muhammad Nur</b>	TP-170
Model Desain Jaringan Rantai Pasok Dengan Karakteristik <i>Multi Product, Multi Period, Multi Stage: Stochastic Demand</i> <b>Nur Mayke Eka Normasari, Budi Hartono, Christin Budiono</b>	TP-178
Pengaruh <i>Individual Risk Attitude</i> dan Pengalaman Pada Proses Analisis Resiko Proyek <b>Serifiana Arung Bua</b>	TP-186
Optimalisasi Persediaan Rantai Pasok Beras Berbasis Fuzzy Tsukamoto dengan Model Alpha Predikat Maksimal <b>Tita Talitha, Hasan Mastrisiswadi, Dwi Nurul Izzhati</b>	TP-197
Kajian Literatur Efek <i>Sleep Deprivation</i> pada Performansi dan Atensi Pengemudi <b>Rayanda Utomo Abdianto, Titis Wijayanto</b>	TP-206
Evaluasi Kekuatan dari Produk <i>Lower Limb Prosthetics</i> <b>Rini Dharmastiti, Christopher Wicaksono Adi</b>	TP-215
Analisis Mitigai Resiko pada Pengadaan Barang PT Janata Marina Indah Semarang dengan Metode <i>House of Risk</i> <b>Naniek Utami Handayani, Ines Chandra Fitriana, Jessika Ulina</b>	TP-220

**LAIN-LAIN**

Judul dan Penulis	Halaman
Konsep Perancangan Database untuk <i>Traceability</i> Produk dengan Mengintegrasikan Metode <i>Value Chain</i> dan <i>Group Technology</i> <b>Purnomo Budi Santoso, Agustina Eunike, Ceria Farela Mada Tantrika</b>	L-3



## Optimasi Parameter Pada Proses Pembuatan Objek 3D Printing Dengan Teknologi FDM Terhadap Akurasi Geometri

**Dicky Seprianto, Romi Wilza, Iskandar**

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp: 0711-353414 Fax: 0711-453211

E-mail: dicky@polsri.ac.id

### Intisari

Saat ini proses manufacturing memasuki era mass customization, yaitu bagaimana membuat produk yang lebih variatif (*high variety*) dengan harga murah (*low price*). Prinsip ini dikenal dengan *build to order*, produk yang disesuaikan namun dapat diproduksi secara massal pula. Metode yang dapat menjawab tantangan tersebut adalah *additive manufacturing* menggunakan alat 3D Printing. Pembuatan objek menggunakan 3D printing memanfaatkan data CAD yang telah terlebih dahulu dibuat. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi parameter optimal pada proses pembuatan objek 3D printing sehingga menghasilkan geometri yang akurat sesuai dengan yang direncanakan. Parameter proses yang diinvestigasi adalah *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan waktu *polishing*. Spesimen uji dibuat dengan material *polysmooth<sup>TM</sup>* mengacu ASTM D995-08 menggunakan 3D Printer type *Fused Deposition Modeling (FDM)*. Data hasil pengukuran dianalisa menggunakan ANOVA dengan design type 2 level factorial dan design model 4 factorial interactions (4FI) berbantuan perangkat lunak *Design-Expert®* versi trial. Hasil ANOVA diketahui bahwa faktor-faktor secara signifikan ( $\alpha=0.05$ ) berpengaruh terhadap geometri objek 3D printing dan kombinasi parameter optimal yaitu *layer height=0.14 mm*, *print speed=51.73 m/s*, *perimeter shells=3 mm* dengan waktu *polishing=20 menit*.

*Kata Kunci: 3D Printing, ANOVA, 2 Level Factorial, Optimasi*

### 1. Pendahuluan

*Additive manufacturing* adalah sebuah proses pembuatan benda solid tiga dimensi dari model digital (CAD). Proses percetakan 3D membuat sebuah produk dengan menggunakan proses additif, dimana dengan menambahkan bahan-bahan dasar secara bertahap sesuai dengan bentuk model digital yang telah didesain terlebih dahulu. Penggunaan *additive manufacturing* menggunakan 3D printing lebih menguntungkan dibandingkan dengan metode konvensional manufaktur. Bahkan NASA telah secara luas mendanai penelitian penggunaan 3D printing untuk memberi makan astronot di ruang angkasa (Siddharth Bhandari, B Regina, 2014). Ana L. Abeliansky (2015) dalam *discussion paper, center for european, governance and economic development research* melaporkan bahwa evolusi paten yang berhubungan dengan teknologi 3D printing di AS menunjukkan bahwa jumlah paten telah meroket selama beberapa tahun terakhir. Hal ini ditegaskan oleh Laporan Wohlers (2014), di mana tidak hanya paten yang diberikan tetapi juga aplikasi paten di AS, yang menunjukkan kecenderungan yang sama. Inovasi dalam 3D printing dan publikasi paten yang dihasilkan mulai muncul dari tahun 1990-an dengan lonjakan nyata dalam aktivitas di sekitar teknologi ini terjadi dalam 5 tahun terakhir. Sudah jelas aktivitas dan trend penggunaan teknologi ini akan terus berlanjut serta memberikan inovasi yang lebih banyak dalam waktu dekat (Patent iNSIGHT Pro<sup>TM</sup>, 2014). Menurut Kuswanto, et



al. (2017), pengembangan metode *injection moulding* berbasis printer 3D telah dilakukan dengan melakukan modifikasi alat, material, tahapan dan sistim produksi implan pra-operasi yang mengacu pada teknologi printer 3D untuk cranioplasty yang sudah dilakukan di negara maju, dua metode berbeda yang diuji, yaitu metode *cranial/intra operatif* dan metode *injection moulding* dengan menggunakan material polymethylmethacrylate/ PMMA dan hasil yang didapatkan adalah deviasi volume implan yaitu sebesar  $1.87 \pm 1.27$  % (*injection moulding*) dibandingkan  $11.39 \pm 3.71$  % (metode *cranial*), deviasi tebal sebesar  $2.54 \pm 0.86$  % (*injection moulding*) dibandingkan  $7.35 \pm 1.43$  % (metode *cranial*), deviasi panjang linear sebesar  $2.61 \pm 0.47$ % (*injection moulding*) dibandingkan  $5.76 \pm 0.79$  % (metode *cranial*) dan deviasi sudut kelengkungan permukaan sebesar  $0.98 \pm 0$  % (*injection moulding*) dibandingkan  $15.45 \pm 3.94$  % (metode *cranial*), sehingga diambil kesimpulan bahwa metode *injection moulding* lebih baik daripada metode *cranial/intra operatif*.

Berdasarkan situasi diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan objek hasil 3D printing sangat luas. Hal ini diiringi dengan pengembangan material yang digunakan sebagai bahan dasar pembentuk objek hasil 3D printing. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan objek 3D dengan teknologi FDM disebut dengan *filament* yang terbuat dari termoplastik. Ada banyak jenis *filament* dengan berbagai sifat yang membutuhkan suhu yang berbeda untuk dicetak. Pada penelitian ini akan diinvestigasi penggunaan jenis *filament* terbaru yaitu polysmooth™ yang memiliki sifat unggul mampu dilakukan proses *polishing* sehingga menghasilkan permukaan produk yang halus dan menutupi jalur-jalur yang menjadi ciri khas produk hasil 3D printing serta mendapatkan kombinasi parameter yang tepat dan optimal.

### 1.1 Computer Aided Design (CAD)

*Computer Aided Design* adalah suatu perangkat lunak komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi, 3 dimensi dan solid modeling. Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar kini perangkat lunak CAD telah berevolusi dan terintegrasi dengan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Integrasi itu dimungkinkan karena perangkat lunak CAD saat ini merupakan aplikasi desain produk/komponen dalam bentuk solid dan/atau surface modelling. Solid model memungkinkan kita untuk memvisualisasikan komponen dan rakitan yang kita buat secara realistik. Selain itu model mempunyai properti seperti massa, volume, pusat gravitasi, luas permukaan dan sebagainya. Beberapa perangkat lunak CAD yang digunakan di Indonesia yaitu: Alias, CATIA, Autodesk® Inventor®, Pro/ENGINEER®, Parasolid®, SolidWorks™ dan Power Shape dan UGS NX.

### 1.2 3D Printing

Menurut Kenny Hart (2016), *Prototyping, jigs and fixtures, injection moulding, patterns for casting dan end use parts* merupakan 5 hal yang harus dan dapat dilakukan menggunakan 3D printer. 3D Printing adalah salah satu teknologi terbaru dunia percetakan, dimana teknologi percetakan 3D ini akan menjadi salah satu trend teknologi dimasa depan. Teknologi 3D Printing akan menghasilkan benda padat, dan bukan seperti mencetak selembar kertas pada printer yang sudah biasa digunakan. Printer 3D ini akan melengkapi teknologi printer 2D yang sudah lama kita gunakan sebagai alat cetak yang outputnya berupa lembaran 2 dimensi. Prinsip teknologi pada 3D Printing terbagi menjadi 2, yaitu:

- a) Teknik cetak dengan cara *extrusion*, teknik ini akan melelehkan plastik secara lapis demi lapis. Satu ciri khas dari teknik ini adalah membersihkan alas duduk yang melekat dibawah objek atau produk, serta bekas plastik lainnya yang melekat.



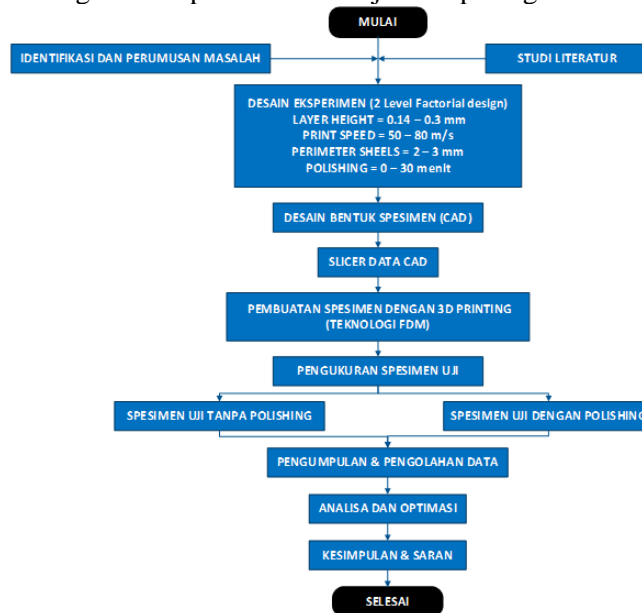
- b) Teknik cetak dengan serbuk (Binder), teknik ini hampir mirip dengan teknik *extrusion*, binder 3D printing menggunakan *inkjet nozzle* untuk membubuhi bahan yang membentuk lapisan dari objek yang dibuat. Perbedaananya dari teknik *extrusion*, teknik binder menggunakan dua material yang akan membentuk lapisan dari objek yang di print. Material tersebut terdiri dari serbuk kering dan lem cair atau bahan perekat (binder). Untuk melakukan pencetakan, tahap pertama printer 3D akan membubuhkan lapisan serbuk. Kemudian tahap kedua nozzle akan membubuhkan perekat. Proses ini diulang hingga objek selesai di print. Teknik binder lebih cepat dibandingkan teknik *extrusion* karena lebih sedikit material yang dibutuhkan. Selain itu memungkinkan material yang lebih beragam dalam prosesnya seperti metal dan keramik, begitu juga dengan pewarnaan.

### 1.3 Desain Eksperimen

Desain eksperimen dapat diartikan sebagai rancangan percobaan yang dilakukan melalui perubahan-perubahan terencana terhadap variabel input suatu proses atau sistem sehingga dapat ditelusuri penyebab dan faktor-faktor sehingga membawa perubahan pada output sebagai respon dari eksperimen yang telah dilakukan (Johan Trygg dan Svante Wold, 2002). Pada umumnya eksperimen digunakan untuk mempelajari performance proses atau sistem yang biasanya divisualisasikan seperti kombinasi mesin, metode, orang dan sumber daya lainnya. Karena itu perlu digunakan suatu pendekatan statistik yang diaplikasikan pada proses eksperimen. Desain eksperimen bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi/data sebanyak-banyaknya yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Penelitian juga hendaknya dilakukan seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, tenaga dan bahan yang harus digunakan.

## 2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, metode yang digunakan meliputi studi literatur, desain dan eksperimental terhadap objek 3D printing. Secara rinci diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



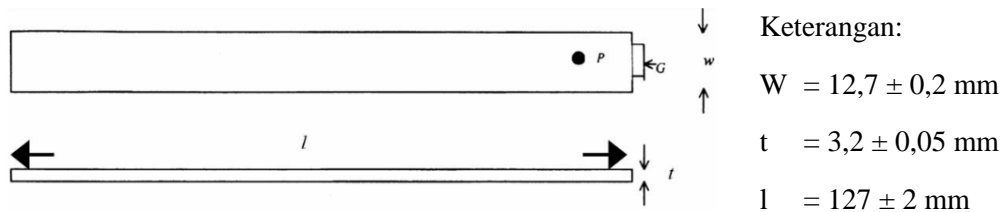
Gambar 1. Diagram alir penelitian



## 2.1 Pengukuran Objek Hasil 3D Printing

Pada penelitian ini digunakan 3D printing dengan teknologi FDM (*Fused deposition modeling*). Dimana objek yang dihasilkan dari material polysmooth™, alasan penggunaan material tersebut dikarenakan dapat dilakukan *polishing* dengan tujuan untuk mendapatkan permukaan objek 3D printing yang lebih baik. Pembua

tan spesimen uji menggunakan standarisasi ASTM D995-08 seperti ditunjukkan pada gambar 2. Tujuan dari uji pengukuran ini untuk mendapatkan dimensi geometri hasil 3D printing terhadap dimensi yang telah ditetapkan pada proses desain (CAD), sehingga dihasilkan produk sesuai dengan perancangan. Selain itu data yang dihasilkan dianalisa untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap kualitas geometri (*length, width, height*) objek hasil 3D Printer.



Gambar 2. Standard spesimen uji pengukuran ASTM D995-08

Untuk membuat spesimen uji objek 3D printing, dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu :

- 1.) Desain 3D model menggunakan perangkat lunak CAD
- 2.) *Slice* dan *export* 3D model menggunakan perangkat lunak *flashprint*
- 3.) *Build*/pembuatan objek 3D model spesimen uji pengukuran menggunakan alat 3D Printer

Pada pembuatan spesimen uji ditetapkan faktor (parameter) terkontrol dan parameter yang ditetapkan, parameter yang dikontrol ditunjukkan pada tabel 1 dan faktor tetap yang digunakan yaitu:

- a) Teknologi 3D printing yang digunakan jenis FDM menggunakan bahan polysmooth™
- b) *First layer height* = 0.3 mm
- c) Bagian atas dan bawah objek sebanyak 3 lapisan (*layer*)
- d) *Fill density* sebesar 15 % dengan tipe hexagon
- e) Temperatur *nozzle* = 210° C
- f) Temperatur *platform* = 50° C
- g) Nozzle diameter = 0.4 mm
- h) Filament diameter = 1.75 mm

Tabel 1. Faktor-faktor terkontrol pada pembuatan spesimen uji pengukuran

No	Faktor-Faktor Terkontrol	Satuan	Level	
			Min	Max
1	<i>Layer height</i>	mm	0.14	0.3
2	<i>Print speed</i>	m/s	50	80
3	<i>Perimeter shells</i>	mm	2	3
4	<i>Polishing time</i>	menit	0	30

Analisa data hasil pengukuran menggunakan *analysis of variance* (Two-Way ANOVA) dengan metode eksperimen 2 level factorial design dan model design 4FI. Untuk membantu analisa data digunakan perangkat lunak *Design Expert* versi trial.





## 2.2 Analysis Of Variance (Two-Way ANOVA)

Data yang diperoleh dari pengukuran selanjutnya dianalisa dengan ANOVA yang bertujuan untuk menguji hipotesa ( $H_0$ ) bahwa rata-rata dari dua atau lebih sebuah populasi adalah sama. Konsep analisis variansi didasarkan pada konsep distribusi F dan dapat diaplikasikan untuk analisis hubungan antara berbagai variabel yang diamati. Dalam perhitungan statistik, analisis variansi sangat dipengaruhi asumsi-asumsi yang digunakan seperti distribusi normal, identik (homogenitas variansi), independen (kebebasan dari kesalahan) dan linieritas model. Asumsi kenormalan distribusi memberi penjelasan terhadap karakteristik data dari tiap kelompok.

## 2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Perangkat lunak CAD Autodesk® Inventor® Professional 2017, 64 Bits *educational version*
- Perangkat lunak 3D Slicer Tools FlashPrint versi 3.18, 64 Bits untuk 3D Printer
- Perangkat lunak *Design-Expert® Trial Version*
- 3D Printing dengan teknologi FDM
- Alat ukur digital vernier caliver
- Alat polishing
- Filament PolySmooth™ 1,75 mm, *coral red* dan *electric blue*

## 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengukuran spesimen uji, didapat data-data hasil pengukuran yang akan dianalisa, sehingga diketahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap *length*, *width* dan *height*, selanjutnya dapat ditentukan optimasi kombinasi parameter untuk mendapatkan parametrik dimensi desain yang sesuai dengan hasil produksi menggunakan *additive manufacturing* (3D Printer).

### 3.1 Hasil Dan Analisa Pengukuran Spesimen Uji

Untuk mengetahui pengaruh faktor terhadap nilai respon dari spesimen uji, dilakukan analisa data hasil pengukuran menggunakan *analysis of variance* (Two-Way ANOVA) dengan metode eksperimen 2 level *factorial design*, menggunakan 4 (empat faktor). Pengukuran spesimen uji dilakukan secara acak sesuai dengan matrik rancangan pengukuran dengan 3 kali pengulangan (replikasi) sehingga dihasilkan 48 spesimen uji. Setelah dilakukan pengukuran spesimen uji, dari hasil pengukuran didapat nilai minimum, maksimum, rata-rata, standar deviasi dan rasio dari masing-masing respon dan faktor pada pengujian, ditunjukkan pada tabel 2 Pengukuran spesimen uji dilakukan tanpa proses *polishing* dan dengan proses *polishing* menggunakan alkohol 90%. Proses *polishing* dilakukan menggunakan alat *polysher* seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran spesimen uji, alat *polishing* dan 3D printer

Tabel 2. Rata-rata, standar deviasi, dan rasio dari hasil pengukuran spesimen uji

Design Model : 4FI      Design Type : 2 Level Factorial      Runs : 48								
	Factor				Name	Response		
	A	B	C	D		Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
Name	Layer height	Print speed	Perimeter shells	Polishing	Name	Lenght	Width	Height
Units	mm	mm/s	mm	menit	Units	mm	mm	mm
Minimum	0.14	50	2	0	Observasi	48	48	48
Maximum	0.3	80	3	30	Analysis	factorial	factorial	factorial
Mean	0.22	65	2.5	15	Minimum	127.04	12.64	3.27
-1 (code)	0.14	50	2	0	Maximum	127.44	13.03	3.48
+1 (code)	0.3	80	3	30	Mean	127.269	12.8154	3.375
Std. Dev	0.08	15	0.5	15	Std. Dev	0.104156	0.0952479	0.0375868
					Ratio	1.00315	1.03085	1.06422

### 3.2 Analisa Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Respon Length

Untuk mengidentifikasi pengaruh faktor *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan *polishing* serta menentukan kombinasi optimum terhadap nilai pengukuran *length* spesimen uji, maka dilakukan analisa data hasil pengukuran dengan ANOVA. Adapun hipotesa ( $H_0$ ) yang diuji yaitu tidak ada pengaruh dari faktor terhadap *length* spesimen uji. Hasil dari ANOVA dengan bantuan perangkat lunak *design-expert* ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Analysis of variance (ANOVA) untuk respon length

Response 1 LENGHT						
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	F* ( $\alpha=0.05$ )	
Model	0.481614583	15	0.032107639	36.34827044	1.99	significant
A-LAYER HEIGHT	0.133352083	1	0.133352083	150.9646226	4.15	
B-PRINT SPEED	0.009352083	1	0.009352083	10.58726415	4.15	
C-PERIMETER SHELLS	0.011102083	1	0.011102083	12.56839623	4.15	
D-POLISHING	0.174002083	1	0.174002083	196.9834906	4.15	
AB	0.062352083	1	0.062352083	70.58726415	4.15	
AC	0.02566875	1	0.02566875	29.05896226	4.15	
AD	0.004602083	1	0.004602083	5.20990566	4.15	
BC	0.017252083	1	0.017252083	19.53066038	4.15	
BD	0.00991875	1	0.00991875	11.22877358	4.15	
CD	0.00421875	1	0.00421875	4.775943396	4.15	
ABC	0.015052083	1	0.015052083	17.04009434	4.15	

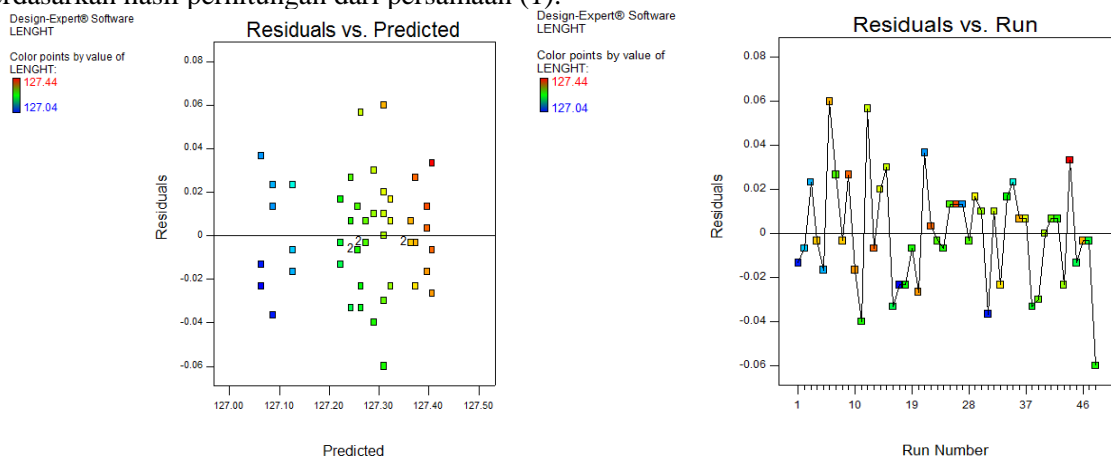


ABD	0.002552083	1	0.002552083	2.889150943	4.15	
ACD	0.005852083	1	0.005852083	6.625	4.15	
BCD	0.00091875	1	0.00091875	1.04009434	4.15	
ABCD	0.00541875	1	0.00541875	6.134433962	4.15	
Pure Error	0.028266667	32	0.000883333			
Cor Total	0.50988125	47				

Dari hasil perhitungan berbantuan perangkat lunak *design expert* yang ditunjukkan pada tabel 5.3 dapat dilihat bahwa  $F_{value}$  yang terbesar adalah faktor *polishing* yang mengindikasikan bahwa faktor ini mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap respon *Length*. Dari tabel 5.3 diketahui bahwa nilai  $F_{value} > F^*$  ( $F_{Tabel}$  yang diperoleh dari tabel distribusi F dengan  $\alpha=0.05$ ), sehingga  $H_0$  ditolak, berarti dengan tingkat keyakinan 95% ( $\alpha=0.05$ ) terdapat pengaruh dari faktor *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan *polishing* terhadap nilai *length* spesimen uji. Dari hasil perhitungan berbantuan perangkat lunak *design expert* didapat model persamaan regresi linier dalam bentuk kode faktor :

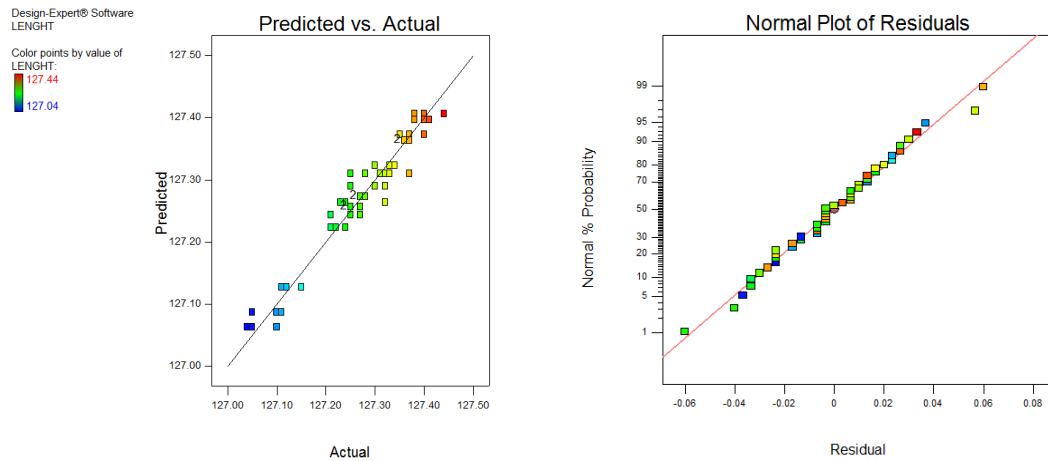
$$\begin{aligned}
 LENGHT = & 127.27 + 0.053*A - 0.014*B - 0.015*C + 0.060*D + 0.036*A*B + .023*A*C - \\
 & 9.792E-003*A*D + 0.019*B*C + 0.014*B*D - 9.375E-003*C*D - 0.018*A*B*C - \\
 & 7.292E-003*A*B*D - 0.011*A*C*D - 4.375E-003*B*C*D + 0.011*A*B*C*D
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Untuk mengetahui apakah data yang digunakan memenuhi asumsi identik, independen dan distribusi normal, maka ditentukan residual dari data hasil pengukuran spesimen uji dengan nilai pengukuran prediksi, seperti ditunjukkan pada gambar 4. Sedangkan gambar 5 menunjukkan nilai *length* hasil pengukuran aktual spesimen uji yang dibuat menggunakan 3D printing dan nilai *length* prediksi berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan (1).



Gambar 4. Grafik residual identik dan independen dari nilai respon *length*





Gambar 5. Grafik prediksi vs aktual dan residual distribusi normal dari nilai *length*

Dari gambar 5 dapat dilihat hasil percobaan yang dilakukan mendekati dan searah dengan garis diagonal. Hal ini mengindikasikan bahwa persamaan model regresi linier yang dihasilkan dari analisa statistik dengan bantuan perangkat lunak *design expert* dapat digunakan untuk memprediksi nilai *length* spesimen uji.

### 3.3 Analisa Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Respon *Width*

Hipotesa ( $H_0$ ) yang akan diuji yaitu tidak ada pengaruh dari faktor terhadap respon *width* spesimen uji. Hasil dari ANOVA ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. *Analysis of variance* (ANOVA) untuk respon *width*

Response 2 WIDTH						
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	F* ( $\alpha=0.05$ )	
Model	0.392991667	15	0.026199444	25.10126414	1.99	<i>significant</i>
A-LAYER HEIGHT	0.012033333	1	0.012033333	11.52894212	4.15	
B-PRINT SPEED	0.140833333	1	0.140833333	134.9301397	4.15	
C-PERIMETER SHELLS	0.0147	1	0.0147	14.08383234	4.15	
D-POLISHING	0.016875	1	0.016875	16.16766467	4.15	
AB	0.042008333	1	0.042008333	40.24750499	4.15	
AC	0.072075	1	0.072075	69.05389222	4.15	
AD	0.000133333	1	0.000133333	0.127744511	4.15	
BC	0.018408333	1	0.018408333	17.63672655	4.15	
BD	0.0048	1	0.0048	4.598802395	4.15	

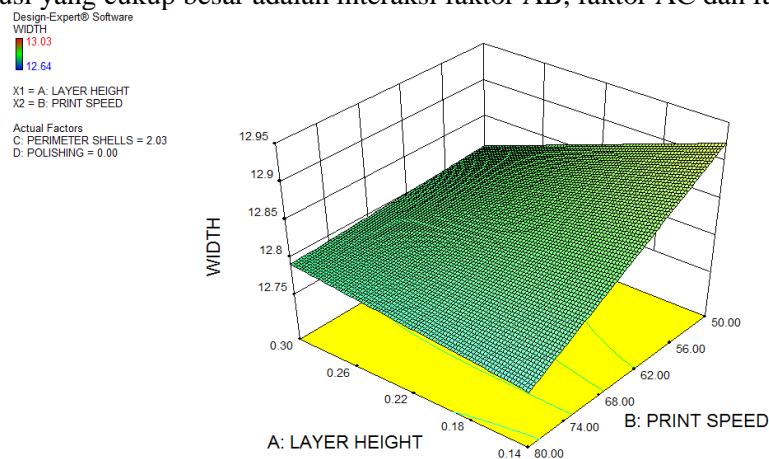


CD	0.0432	1	0.0432	41.38922156	4.15	
ABC	0.009633333	1	0.009633333	9.229540918	4.15	
ABD	0.000675	1	0.000675	0.646706587	4.15	
ACD	0.000208333	1	0.000208333	0.199600798	4.15	
BCD	0.016875	1	0.016875	16.16766467	4.15	
ABCD	0.000533333	1	0.000533333	0.510978044	4.15	
Pure Error	0.0334	32	0.00104375			
Cor Total	0.426391667	47				

Dari hasil perhitungan berbantuan perangkat lunak *design expert* yang ditunjukkan pada tabel 4 dapat dilihat bahwa  $F_{\text{value}}$  yang terbesar adalah faktor *print speed* yang mengindikasikan bahwa faktor ini mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap respon *Width* dan diketahui bahwa nilai  $F_{\text{value}} > F^*$  ( $F_{\text{Tabel}}$  yang diperoleh dari tabel distribusi F dengan  $\alpha=0.05$ ), sehingga  $H_0$  ditolak, berarti dengan tingkat keyakinan 95% ( $\alpha=0.05$ ) terdapat pengaruh dari faktor *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan *polishing* terhadap nilai *width* spesimen uji dan berdasarkan hasil perhitungan diperoleh model persamaan regresi linier dalam bentuk kode faktor.

$$\text{WIDTH} = 12.82 + 0.016*A - 0.054*B - 0.017*C - 0.019*D + 0.03*A*B + 0.039*A*C - 1.67E-03*A*D + 0.02*B*C - 0.01*B*D - 0.03*C*D - 0.014*A*B*C + 3.75E-03*A*B*D - 2.08E-03*A*C*D + 0.019*B*C*D - 3.33E-03*A*B*C*D \quad (2)$$

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa semakin cepat *print speed* dengan menggunakan *layer height* yang kecil akan menghasilkan nilai *width* yang semakin kecil dan mendekati dimensi dari desain sample uji yang direncanakan. Sedangkan berdasarkan ANOVA interaksi faktor yang memiliki persentase kontribusi yang cukup besar adalah interaksi faktor AB, faktor AC dan faktor C-D.



Gambar 6. Grafik 3D pengaruh faktor-faktor terhadap nilai respon *width*

### 3.4 Analisa Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Respon *Height*

Langkah identifikasi pengaruh faktor-faktor terhadap nilai respon *height* spesimen uji dilakukan sama halnya terhadap respon *length* dan *width* yaitu menggunakan *analysis of variance* (ANOVA).



Adapun hipotesa ( $H_0$ ) yang diuji yaitu tidak ada pengaruh dari faktor terhadap *height* spesimen uji. Hasil dari ANOVA ditunjukkan pada tabel 6 serta dapat dilihat bahwa  $F_{\text{value}}$  yang terbesar adalah faktor *print speed* dengan persentase kontribusi sebesar 20%, ini mengindikasikan bahwa faktor ini mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap respon *height*. Dari tabel 5 diketahui bahwa nilai  $F_{\text{value}} > F^*$ , sehingga  $H_0$  ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh dari faktor terhadap nilai respon *height* spesimen uji.

Tabel 5. *Analysis of variance* (ANOVA) untuk respon *height*

Response 3 HEIGHT						
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	F* ( $\alpha=0.05$ )	
Model	0.056133333	15	0.003742222	11.66406926	1.99	<i>significant</i>
A-LAYER HEIGHT	0.009075	1	0.009075	28.28571429	4.15	
B-PRINT SPEED	0.013333333	1	0.013333333	41.55844156	4.15	
C-PERIMETER SHELLS	0.0012	1	0.0012	3.74025974	4.15	
D-POLISHING	0.004408333	1	0.004408333	13.74025974	4.15	
AB	0.000408333	1	0.000408333	1.272727273	4.15	
AC	0.007008333	1	0.007008333	21.84415584	4.15	
AD	0.0012	1	0.0012	3.74025974	4.15	
BC	0.009633333	1	0.009633333	30.02597403	4.15	
BD	0.003008333	1	0.003008333	9.376623377	4.15	
CD	0.000408333	1	0.000408333	1.272727273	4.15	
ABC	0.001408333	1	0.001408333	4.38961039	4.15	
ABD	0.002133333	1	0.002133333	6.649350649	4.15	
ACD	0.001633333	1	0.001633333	5.090909091	4.15	
BCD	7.5E-05	1	7.5E-05	0.233766234	4.15	
ABCD	0.0012	1	0.0012	3.74025974	4.15	
Pure Error	0.010266667	32	0.000320833			
Cor Total	0.0664	47				

*Final equation in terms of coded factors :*

$$\begin{aligned} \text{HEIGHT} = & 3.37 + 0.014*A + 0.017*B - 5.000E-003*C - 9.583E-003*D - 2.917E-003*A*B + \\ & 0.012*A*C - 5.000E-003*A*D + 0.014*B*C - 7.917E-003*B*D + 2.917E-003*C*D - \\ & 5.417E-003*A*B*C - 6.667E-003*A*B*D - 5.833E-003*A*C*D - 250E-003*B*C*D \\ & + 5.000E-003*A*B*C*D \quad (3) \end{aligned}$$



### 3.5 Optimasi Desain

Setelah dilakukan uji dengan berbagai respon, selanjutnya dilakukan optimasi desain untuk menentukan kondisi optimum dari *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan waktu *polishing*. Spesimen yang dibuat menggunakan teknologi *additive manufacturing* berdasarkan level minimum, maksimum dan target dari masing-masing faktor dan respon yang ditentukan. Solusi optimum untuk mendapatkan nilai yang diinginkan dari respon dengan faktor yang ditentukan berdasarkan tipe desain eksperimen *2 level factorial* dan model desain 4FI menggunakan ANOVA yang dibuat dengan bantuan perangkat lunak *design-expert* dapat dilihat pada tabel 7 dengan kondisi ditunjukkan pada tabel 6. Kombinasi parameter yang terpilih yaitu *layer height*=0.14 mm, *print speed*=51.73 mm/s, *perimeter shells*=3 mm dan waktu *polishing*=20 menit. Pilihan nomor 3 dilakukan dikarenakan untuk ketepatan penentuan waktu pada alat *polishing*.

Tabel 6. Kondisi faktor yang diinginkan untuk optimasi desain terhadap nilai dari respon

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit
A:LAYER HEIGHT	is in range	0.14	0.3
B:PRINT SPEED	is in range	50	80
C:PERIMETER SHELLS	is in range	2	3
D:POLISHING	is target = 20.00	0	30
LENGHT	minimize	127.04	127.44
WIDTH	is target = 12.7	12.64	13.03
HEIGHT	is target = 3.27	3.27	3.48

Tabel 7. Kombinasi faktor untuk optimasi desain terhadap nilai dari respon

Solutions								
No.	Layer height	Print speed	Perimeter shells	Polishing	Lenght	Width	Height	Desirability
1	0.14	50.79	3.00	19.98	127.213	12.7732	3.31079	0.87715
2	0.14	50.06	3.00	19.98	127.213	12.7757	3.30908	0.877122
3	0.14	51.73	3.00	20.00	127.212	12.7703	3.31328	0.87659 Selected
4	0.14	52.99	3.00	20.00	127.211	12.7664	3.31637	0.875882
5	0.14	54.74	3.00	20.00	127.21	12.7606	3.32049	0.875197
6	0.14	50.00	3.00	20.00	127.215	12.7769	3.30999	0.875
7	0.14	55.00	3.00	20.00	127.21	12.7599	3.32121	0.874763
8	0.14	56.51	3.00	20.00	127.209	12.7551	3.32481	0.873783

### 3.6 Uji Konfirmasi

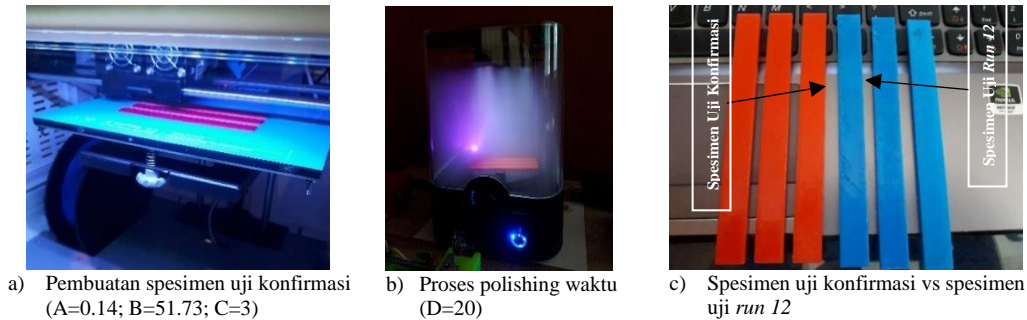
Setelah ditentukan kombinasi faktor optimal berdasarkan analisa statistik menggunakan ANOVA, dilakukan pengujian konfirmasi dengan pembuatan spesimen uji menggunakan parameter terpilih. Adapun hasil pengukuran dan proses pembuatan spesimen untuk uji konfirmasi ditunjukkan pada gambar 7 dan tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengukuran spesimen uji konfirmasi

No.	Layer height	Print speed	Perimeter shells	Polishing	Lenght	Width	Height
1	0.14	51.73	3.00	20.00	127.18	12.76	3.3
2					127.20	12.70	3.28
3					127.20	12.75	3.32







Gambar 7. Pembuatan dan komparasi visual spesimen uji konfirmasi

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa desain eksperimen tipe 2 *level factorial* dengan model 4 *factorial interaction* (4FI) berbantuan perangkat lunak *design-expert* telah berhasil dibuat untuk memprediksi pengaruh faktor-faktor terhadap akurasi geometri objek 3D printing dengan teknologi FDM. Dari persamaan regresi linier terhadap respon *length*, *width* dan *height* yang dihasilkan menggunakan ANOVA dan telah dilakukan uji konfirmasi dapat ditentukan kondisi optimal kombinasi faktor yaitu *layer height*=0.14 mm, *print speed*=51.73 mm/s, *perimeter shells*=3 mm dan waktu *polishing*=20 menit. Dengan perkembangan bahan baku material maju untuk pembuatan objek 3D printing, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh material ditinjau dari akurasi geometri maupun *mechanical properties* yang sesuai dengan aplikasi.

#### Daftar Pustaka

- Ana L. Abeliantsky, Immaculada Martínez-Zarzoso, Klaus Prettnner, 2015, THE IMPACT OF 3D PRINTING ON TRADE AND FDI, center for european, governance and economic development research No. 262, Georg-August-Universität Göttingen, ISSN: 1439-2305
- Delfi Chairia, 2016, MASS CUSTOMIZATION : PENGERTIAN DAN PENDEKATAN, akses online 20 Februari 2017, URL: [http://www.kompasiana.com/delfi.chairia/mass-customization-pengertian-dan-endekatan\\_551852a9a333118207b664ea](http://www.kompasiana.com/delfi.chairia/mass-customization-pengertian-dan-endekatan_551852a9a333118207b664ea)
- Hyun-Wook Kang, Sang Jin Lee, In Kap Ko, Carlos Kengla, James J Yoo & Anthony Atala, 2016, A 3D bioprinting system to produce human-scale tissue constructs with structural integrity, *Nature Biotechnology* 34, 312–319 (2016)
- Johan Trygg, Svante Wold, 2002, “Introduction To Statistical Experiment Design”, University of Queensland, Australia.
- Kenny Hart, 2016, Top 5 Things You Should be Doing With a 3D Printer, akses online 12 September 2017, URL: <https://www.rnd-tech.com/r-d-news-and-events/rnd-weekly-a-3d-printing-blog/top-5-things-you-should-be-doing-with-a-3d-printer>
- Kuswanto, D., Tontowi, AE., 2017, Analisa Akurasi Geometri Penggunaan Metode Injection Moulding berbasis Printer 3D Untuk Produksi Implan Pada Bedah Cranioplasty, akses online 2 Oktober 2017, URL: <https://www.researchgate.net/publication/319038126>
- Roger Narayan, 2014, Rapid Prototyping Of Biomaterials Principles and Application, Woodhead Publishing Limited, 80 High Street, Sawston, Cambridge CB22 3HJ, UK, ISBN: 9780857097217
- Siddharth Bhandari, B Regina, 2014, 3D Printing and Its Applications, *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, Vol. 2, Issue 2, pp: (378-380)





William E. Murphy, 2007, “Using Design-Expert For Enchancing Engineering Experimentation Labs”, ASEE Southeast Section Conference, University Of Kentucky.  
....., 2014, An analysis of patenting activity around 3D-Printing from 1990-Current, Patent iNSIGHT Pro™, Gridlogics Technologies Pvt Ltd.



SeNTI\_UGM  
2017

Seminar Nasional Teknik Industri UGM 2017  
Universitas Gadjah Mada



“Frontier in Industrial Engineering”

**SERTIFIKAT**

Diberikan Kepada :

**DICKY SEPRIANTO, S.T., M.T.**

Atas Partisipasinya Sebagai

**PESERTA PEMAKALAH**

Yogyakarta, 8 November 2017

Ketua BKSTI  
Koordinator Wilayah D.I. Yogyakarta

M.K. Herliansyah, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197106241998031001

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri  
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Prof. Mochammad Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 196711281995121001

Ketua Panitia

Nur Mayke Eka N. S.T., M.Eng.  
NIU. 1120150006