

**BUKU PROSIDING**  
**Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 2017**

**SNTTM XVI**  
**“Inovasi Teknologi  
Untuk Penguatan Industri Nasional”**

**2017**  
**5 - 6 Oktober**  
**Novotel Suites and Hotel Surabaya**  
**Indonesia**

**Pembicara:**

**Stephane Caro** - Ecole Centrale de Nantes, France  
**Nobumasa Sekishita** - Toyohashi University Of Technology, Japan  
**I Made Londen Batan** - Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

SUPPORTED BY



**TopSolid**



TAMARA  
OVERSEAS  
CORPORINGO



**FM** PT FAJAR MAS MURNI



**Buku Prosiding SNTTM XVI - 2017**  
**SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN XVI**

**Tema Seminar**

Perancangan dan Mekanika Terapan, Teknik Produksi Mesin, Konversi Energi,  
Pendidikan Teknik Mesin, Material

**Pelaksanaan**

Novotel Surabaya Hotel & Suites, 5-6 Oktober 2017

**Penerbit**

Departemen Teknik Mesin  
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111  
<http://www.me.its.ac.id>



## SNTTM XVI - 2017

### SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN XVI

Perancangan dan Mekanika Terapan, Teknik Produksi Mesin, Konversi Energi,  
Pendidikan Teknik Mesin, Material

#### Penanggung Jawab

Prof. Joni Hermana, Rektor ITS Surabaya  
Dr. Bambang Lelono, Dekan Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya  
Bambang Pramujati, PhD., Ketua Departemen Teknik Mesin, ITS Surabaya

#### Penasehat

Prof. I Made Londen Batan, Departemen Teknik Mesin, ITS Surabaya  
Prof. Sutardi, Departemen Teknik Mesin, ITS Surabaya  
Prof. Prabowo, Departemen Teknik Mesin, ITS Surabaya  
Prof. Heru Setyawan, Departemen Teknik Mesin, ITS Surabaya  
Dr. Budi Utomo Kuku Widodo, Departemen Teknik Mesin, ITS Surabaya  
Dr. Agus Sigit Pramono, Departemen Teknik Mesin, ITS Surabaya

#### Panitia Pelaksana

Ketua Umum: Achmad Syaifudin, PhD  
Ketua Acara: Vivien Suphandani, PhD  
Bendahara: Dr. Wiwiek Hendrowati  
Publikasi: Indra Sidharta, MSc  
Perlengkapan: Dr. Eng. Sutikno

#### Editor

Moch. Solichin, MT  
Achmad Syaifudin, PhD  
Dr. Latifah Nurahmi  
Aida Annisa Amin Daman, MT  
Ari Kurniawan, MT  
Dinny Harnany, MSc

#### Reviewer

Perancangan dan Mekanika Terapan	Dr. Eng. Unggul Wasiwitono Hendro Nurhadi, PhD Achmad Syaifudin, PhD Alief Wikarta, PhD Dr. Agus Sigit Pramono, DEA
	Bambang Pramujati, Ph.D Dr. Eng. Agung Wibowo Dr. Tri Prakosa Prof. Dr. Yatna Yuwana M. Dr. Sigit Yoewono Dr. Sri Raharno Ir. Rachmad Hartono, MT. Ir. Widiyanto Kwintarini, MT.
Teknik Produksi Mesin	Dr. Bambang Sudarmanta Prof. Sutardi Dr. Budi Utomo KW Dr. Ary Bachtiar Prof. Triyogi Yuwono Prof. Prabowo Dr. Yuli Setyo Indartono Dr. Nathanael Panagung Tandian
	Dr. Bambang Sudarmanta Prof. Sutardi Dr. Budi Utomo KW Dr. Ary Bachtiar Prof. Triyogi Yuwono Prof. Prabowo Dr. Yuli Setyo Indartono Dr. Nathanael Panagung Tandian
Konversi Energi	Dr. Bambang Sudarmanta Prof. Sutardi Dr. Budi Utomo KW Dr. Ary Bachtiar Prof. Triyogi Yuwono Prof. Prabowo Dr. Yuli Setyo Indartono Dr. Nathanael Panagung Tandian
Pendidikan Teknik Mesin	Arif Wahyudi, PhD
Material	Suwarno, PhD Indra Sidharta, MSc Fahmi Mubarak, PhD

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan

ISBN: 978-602-51214-0-1

All right reserved

#### Penerbit

Departemen Teknik Mesin  
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111  
<http://www.me.its.ac.id>

## Kata Pengantar

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya dengan rahmat-Nya buku prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XVI dapat diterbitkan. SNTTM XVI dengan tema "Inovasi Teknologi untuk Penguatan Industri Nasional" merupakan kegiatan tahunan Badan Kerja Sama Teknik Mesin (BKS-TM) Indonesia. SNTTM kali ini diselenggarakan oleh Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tanggal 5-6 Oktober 2017 di ruang Airlangga, hotel Novotel Surabaya. SNTTM XVI ini juga sebagai bagian dari rangkaian peringatan 60 tahun berdirinya Departemen Teknik Mesin ITS, yang didirikan pada tahun 1957.

Dengan terlaksananya seminar ini, diharapkan adanya kerjasama antar Program Studi Teknik Mesin seluruh Indonesia yang semakin erat dan baik, dalam pengembangan inovasi teknologi untuk memperkuat industri nasional. Mulai tahun 2017 ini, BKS-TM menggunakan sistem *Open Conference System* (OCS) dalam tahapan pengiriman abstrak dan makalah, sehingga seluruh prosiding yang dihasilkan dari SNTTM nantinya dapat diakses secara daring. Upaya ini merupakan bagian dari usaha BKS-TM untuk meningkatkan mutu publikasi karya ilmiah teknik mesin ke level yang lebih tinggi.

Perlu diketahui bahwa seleksi SNTTM XVI dilakukan dalam dua tahapan: 1) seleksi abstrak untuk kegiatan seminar dan 2) seleksi makalah lengkap untuk prosiding daring. Penyelenggaraan kali ini telah berhasil menjangkau 231 abstrak untuk diseminarkan yang berasal dari berbagai institusi. Keseluruhan abstrak yang terseleksi terdiri dari 36,8% konversi energi, 30,3% perancangan dan mekanika terapan, 15,1% teknik produksi mesin, 15,1% material dan 2,6% pendidikan teknik mesin. Dari 231 abstrak yang diseminarkan, jumlah makalah yang sampai pada tahap prosiding adalah 121 artikel ilmiah, dengan perincian 30,57% konversi energi, 33,8% perancangan dan mekanika terapan, 11,57% teknik produksi mesin, 21,58% material dan 2,48% pendidikan teknik mesin.

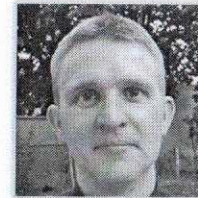
Pada kesempatan ini, kami menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada BKS-TM Indonesia, para pimpinan Program Studi Teknik Mesin, keynote speaker, tim peninjau, sponsor, para pemakalah, serta segenap panitia yang telah berpartisipasi aktif atas terselenggaranya SNTTM XVI dan terbitnya prosiding dari acara ini. Tidak lupa kami selaku panitia pelaksana memohon maaf atas kekurangan dan ketidaksempurnaan yang terjadi dalam keseluruhan proses penyelenggaraan seminar dan penerbitan buku prosiding. Akhir kata, semoga prosiding SNTTM XVI ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Salam hangat,

Achmad Syaifudin, PhD.  
Ketua Panitia Pelaksana

## Profil Pembicara Utama

Dalam rangkaian acara SNTTM XVI telah diselenggarakan Sesi Pembicara Utama pada hari Kamis, 5 Oktober 2017, pukul 09.10-11.30 WIB. Acara tersebut dilaksanakan di *ballroom* Brawijaya, Novotel Hotel and Suites, Surabaya. Tiga pembicara telah hadir dan memberikan presentasinya dalam Sesi Pembicara Utama SNTTM XVI.



**Stéphane Caro**

CNRS Full time researcher, Robotics, IRCCyN, Ecole Centrale de Nantes, France. Website: <http://www.irccyn.ec-nantes.fr/en/>

Dr. Stéphane Caro adalah ketua robot produksi di in "Institute de Recherche en Communications et Cybernétiques de Nantes" (IRCCyN), Perancis. Selain itu, beliau juga bekerja di IRT Jules Verne (The French Technological Research Institute – Jules Verne). Beliau pernah mengambil post-doctoral di Centre for Intelligent Machines, McGill University, Montreal, Canada. Beliau memiliki focus penelitian tentang analisa dan sintesa dari parallel manipulator tipe robot baru yang dinamakan Cable-driven parallel robots.



**Nobumasa Sekishita**

Kanoshita Laboratory, Toyohashi University of Technology, Japan. Website: <http://www.tut.ac.jp/english/schools/faculty/me/16.html>

Dr Eng Nobumasa Sekishita adalah Associate Professor dari Departemen Teknik Mesin, Toyohashi University of Technology, Jepang. Beliau bekerja di laboratorium Wind Tunnel atau Kanoshita Laboratory. Laboratorium Kanoshita menginvestigasi buoyancy jet, pesawat jet, dan dan lain-lain dengan menggunakan wind tunnel. Struktur turbulen pada aliran ini diukur menggunakan hotwire anemometer dan divisualisasikan dengan asap. Simulasi dengan wind tunnel pada bilangan Reynold yang tinggi juga bisa digunakan untuk mengevaluasi kondisi angin disekitar bangunan dan lain-lain.



**Prof. Dr. Ing. I Made London Batan, ME.**

Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk, ITS Surabaya Indonesia. Website: <http://www.me.its.ac.id>

Prof. I Made Londen Batan adalah Ketua Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk di Departemen Teknik Mesin ITS Surabaya, Indonesia. Beliau lulusan Master dari Sophia University, Jepang dan lulusan doktor dari Padeborn University, Jerman. Fokus riset beliau adalah pengembangan sepeda dan kursi roda untuk pasien stroke, desain produk kesehatan, desain dan pengembangan peralatan kesehatan dan lain-lain.

## Topik dan Sebaran Makalah

1. Perancangan dan Mekanika Terapan (PMT) : 41 makalah
2. Teknik Produksi Mesin (TPM) : 14 makalah
3. Konversi Energi (KE) : 37 makalah
4. Pendidikan Teknik Mesin (PTM) : 3 makalah
5. Material (MT) : 26 makalah

## Tentang BKS-TM

Badan Kerja Sama Teknik Mesin Indonesia (BKS-TM) adalah suatu organisasi yang dibentuk pada pertemuan ketua jurusan/program studi/departemen Teknik Mesin perguruan tinggi se-Indonesia pada tanggal 29 Mei 2002 di Jurusan Teknik Mesin ITS. Anggota dari BKS-TM adalah lembaga pendidikan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan teknik mesin atau yang sejenis.

Tujuan pendirian BKS-TM adalah sebagai:

- 1) Menciptakan kondisi yang kondusif untuk meningkatkan kerja sama antar perguruan tinggi teknik mesin dalam melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi.
- 2) Meningkatkan interaksi perguruan tinggi anggota dengan lembaga lain.
- 3) Meningkatkan sumber daya anggota dalam menjawab tantangan dan persaingan.

Saat ini keanggotaan BKS-TM sudah mencapai lebih dari 30 program studi Teknik Mesin yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia seperti ditunjukkan pada gambar berikut:





## Tentang SNTTM

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) merupakan kegiatan tahunan yang diselenggarakan oleh BKS-TM sebagai sarana untuk berbagi riset dan teknologi terbaru serta berbagi pengalaman terhadap pemecahan permasalahan di bidang keilmuan teknik mesin dalam lingkup nasional. Konferensi ini juga memberi kesempatan kepada para akademisi, pihak industri, komunitas, maupun para penentu kebijakan untuk membahas aktivitas dan kolaborasi di masa depan.

SNTTM XVI bertujuan untuk mempertemukan para peneliti, profesional industri, dan mahasiswa pascasarjana dari disiplin ilmu Teknik Mesin. SNTTM XVI, yang bertemakan "Inovasi Teknologi untuk Penguatan Industri Nasional", menawarkan lingkungan yang menarik dan merangsang peserta untuk berdiskusi dan bertukar pikiran mengenai hasil penelitian ilmiah terbaru. Pada tahun 2017, seminar kali ini diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, pada tanggal 5-6 Oktober 2017 di Hotel Novotel, Surabaya. SNTTM XVI ini juga merupakan bagian dari rangkaian peringatan 60 tahun berdirinya Departemen Teknik Mesin ITS, yang didirikan pada tahun 1957. Pada venue yang sama, SNTTM XVI digelar bersamaan dengan konferensi internasional 3rd ICOM (International Conference on Mechanical Engineering – 2017). Atas nama penyelenggara seminar, kami dengan senang hati mengundang semua peneliti dan ahli terkait lainnya, untuk menghadiri dan memberikan kontribusi dalam SNTTM XVI.

BKS-TM telah menyelenggarakan 15 kali SNTTM dengan host yang bergantian, yakni sebagai berikut:

1. SNTTM I (2002) dilaksanakan di ITS, Surabaya.
2. SNTTM II (2003) dilaksanakan di Unand, Padang.
3. SNTTM III (2004) dilaksanakan di Unhas, Makasar.
4. SNTTM IV (2005) dilaksanakan di Unud, Denpasar.
5. SNTTM V (2006) dilaksanakan di UI, Jakarta.
6. SNTTM VI (2007) dilaksanakan di Unsyiah, Banda Aceh.
7. SNTTM VII (2008) dilaksanakan di Unsrat, Manado.
8. SNTTM VIII (2009) dilaksanakan di Undip, Semarang.
9. SNTTM IX (2010) dilaksanakan di Unsri, Palembang.
10. SNTTM X (2011) dilaksanakan di Unibraw, Malang.
11. SNTTM XI (2012) dilaksanakan di UGM, Yogyakarta.
12. SNTTM XII (2013) dilaksanakan di Unila, Bandar Lampung.
13. SNTTM XIII (2014) dilaksanakan di UI, Jakarta.
14. SNTTM XIV (2015) dilaksanakan di Unlam, Banjarmasin.
15. SNTTM XV (2016) dilaksanakan di ITB, Bandung.

## Tentang Surabaya

Kota Surabaya adalah ibukota provinsi Jawa Timur, Indonesia. Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta. Dengan jumlah penduduk metropolisnya yang lebih dari 4 juta jiwa (perhitungan pada tahun 2007), Surabaya merupakan pusat bisnis, perdagangan, industri, dan pendidikan di kawasan timur Pulau Jawa dan sekitarnya.

Terkenal dengan sebutan Kota Pahlawan, karena sejarahnya yang sangat berperan dalam perjuangan kemerdekaan bangsa Indonesia terhadap penjajah. Meskipun Suku Jawa (53%) adalah mayoritas, namun Surabaya juga menjadi tempat tinggal berbagai suku bangsa di Indonesia, termasuk suku Madura (7.5%), Tionghoa (25.5%), Arab (7%), serta para ekspatriat (sisanya). Sebagai pusat pendidikan, Surabaya juga menjadi tempat tinggal mahasiswa dari berbagai daerah dari seluruh Indonesia, bahkan di antara mereka juga membentuk wadah komunitas tersendiri. Sebagai pusat komersial regional, banyak warga asing (ekspatriat) yang tinggal di daerah Surabaya, terutama di daerah Surabaya Barat. Etnis terbesar adalah Tionghoa, Korea, dan Jepang. Perekonomian Sebagai kota metropolitan, Surabaya menjadi pusat kegiatan perekonomian di daerah Jawa Timur dan sekitarnya.

Sebagian besar penduduknya bergerak dalam bidang jasa, industri, dan perdagangan. Banyak perusahaan besar yang berkantor pusat di Surabaya, seperti PT Sampoerna Tbk, Maspion, Wing's Group, Unilever, dan PT PAL. Kawasan industri di Surabaya diantaranya Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) dan Margomulyo. Dewasa ini terdapat belasan mall-mall besar dan puluhan supermarket besar. Pusat perbelanjaan modern ternama diantaranya: Tunjungan Plaza, Pakuwon Trade Center dan Supermall Pakuwon Indah (satu gedung), Golden City Mall (Carrefour), ITC, Bubutan Junction (BG Junction), Royal Plaza, Mall Galaxy, Plaza Marina (dahulu Sinar Fontana), dan Plaza Surabaya yang oleh masyarakat Surabaya lebih dikenal dengan Delta Plaza. Sedangkan pusat perbelanjaan tradisional ternama diantaranya Pasar Turi, Pasar Atom, dan Darmo Trade Center (DTC) yang dahulunya adalah Pasar Wonokromo.

Surabaya merupakan kota dengan sarat prestasi dan penghargaan tingkat dunia. Banyaknya julukan yang dimiliki kota Surabaya tak lepas dari banyaknya penghargaan yang di raih kota ini. Atas usaha yang dilakukan Pemerintah Kota bersama warganya, Surabaya telah tumbuh menjadi kota berkelas dunia. Puluhan bahkan mungkin sudah ratusan prestasi telah ditorehkan kota ini, baik di level regional, nasional hingga internasional. Tiga penghargaan terakhir pada tahun 2017 meliputi:

- Penghargaan kategori Pemerintah Kota, Walikota, serta Kategori Kota terbaik dalam ajang Innovative Government Award (IGA) 2017
- Unesco Learning City Award 2017
- Sustainable City and Human Settlements Award kategori Global Green City 2017

## Daftar Isi

Perancangan dan Mekanika Terapan		
PMT-01	Influence of Bevel Knives Type against Levels of Sharpness and Bluntness on the Cutting Process of Knives <i>Norman Iskandar, Ijran Mayura, Agung Putranto, Mochamad Dzulfan dan Munadi</i>	1
PMT-02	Influence of Current and Electrode Type on Shielded Metal Arc Welding <i>Priyo Tri Iswanto dan Mudjijana</i>	7
PMT-03	Parametric Study on Combination Tool of Forming Limit Diagram: Case Study on Non-Cylinder Air Vent <i>Riona Ihsan Media, Riky Adhianto dan Endjang Patriatna</i>	14
PMT-04	Failure Analysis of Hydraulics Cylinder on 800 Ton Plastic Injection Moulding Machine <i>Edi Sutoyo, Setya Permana Sutisna dan Budi Hartono</i>	21
PMT-05	Optimization of Foam Filled Double Cylinder Tube under Bending Load <i>Ilyas Renreng, Fauzan Djamaluddin dan Thomas Tjandinegara</i>	26
PMT-06	Gear fault detection using Wavelet Transformation Method/Morlet Wavelet <i>R. Lullus Lambang G Hidayat dan Budi Santoso</i>	32
PMT-07	Insertion Loss Inspection of Airflow Noise by Tuned-Side Branch Resonator Application at Limited Room <i>I Made Miasa, Sucipto dan Ardi Wiranata</i>	39
PMT-08	Active Suspension Simulation on Three-Wheel Reverse Trike Vehicle Using Proporsional-Integral-Derivative Controller <i>Wibowo, R. Lullus Lambang G Hidayat, Gilang Pratama Putra dan Eko Surojo</i>	44
PMT-09	Diagnosis Prognosis of Machine Based on Vibration Signal Regim <i>Achmad Widodo, Toni Prahasto, Ismoyo Haryanto dan Djoeli Satrijo</i>	50
PMT-10	Optimization of Power Energy Harvesters Based on Genetic Algorithm Using Transverse Galloping <i>Ismoyo Haryanto, Achmad Widodo, Djoeli Satrijo dan Toni Prahasto</i>	55
PMT-11	Development of Plate Cutting CNC with Laser Cutter and Stepper Motor Driver <i>Budhi Martana, Yuhani Djaya dan M. Arifudin Lukmana</i>	62
PMT-12	Design and Fabrication of Three Wheeled Electric Drive <i>Indrawanto, Dewanta Priatama dan Ernest Rudolf Hutapea</i>	67
PMT-13	Aluminum Alloy Construction on Rubber Fender to Increase Energy Absorption Capability <i>Witono Hardi dan Tri Suyono</i>	72
PMT-14	Numerical Analysis on the Effect of Regional Long Slip Against the Lubrication Performance on the Hydrophobic Journal Bearing <i>Mohammad Tauviqirrahman, Bayu Kurniawan dan Jamari</i>	77
PMT-15	Vibration Spectrum Analysis to Identify the Signal Disturbance of the Differensial Gear Transmission System <i>Noor Eddy dan Arrijal Surya Kamal</i>	82
PMT-16	Design Arrangement of Ply Angle Combination in Carbon Fiber of Composite Material for Bicycle Fork <i>Alief Wikarta dan Filipi Cahya Adi Nugraha</i>	86
PMT-17	Shell Thickness Reduction Effect on Working Stress of Cement Kiln with Mechanic and Thermal Load <i>Meifal Rusli, Angga Hertoh Hendra, Dorce Yunirsyam dan Mulyadi Bur</i>	91
PMT-18	The Overview of Impact Energy Absorber Module on Plastic Deformation Mechanisms <i>Yuwono Budi Pratiknya dan Rachman Setiawan</i>	95
PMT-19	Synthesis and Analysis of Planar 3-RRR Parallel Mechanism <i>Syamsul Huda, Melzi Amal dan Mulyadi Bur</i>	101
PMT-20	The Effect of Filler Size Variation on The Mechanical Strength and Failure of Epoxy Adhesive Layer <i>Khairul Anam dan Anindito Purnowidodo</i>	108
PMT-21	Analisa Kekakuan Peredam Histerisis Baja Berbentuk U Akibat Pembebanan Berulang <i>Eka Satria, Lovely Son dan Hanif Muzhaffar Rafi</i>	113
PMT-22	Pengaruh Profil dan Dimensi Penampang Kolom terhadap Harga Frekuensi Pribadi dan Bentuk Modus Getar Struktur Bangunan Dua Lantai <i>Lovely Son, Mulyadi Bur dan Meifal Rusli</i>	118
PMT-23	Development of Patient Bed Made of Aluminum using Finite Element Method <i>Fitroh Anugrah Yudha dan Suyitno</i>	122
PMT-24	Analisa Tegangan pada Chassis Mobil Pedesaan Menggunakan Metode Elemen Hingga <i>Ojo Kurdi, Rifky Ismail, Amal Budi S dan Yudis</i>	125
PMT-25	Numerical and Experimental Analysis of Cantilever Beam with Various Shaft Orientation <i>Jhon Malta, Ahmad Bukhari dan Mulyadi Bur</i>	129
PMT-26	Design of 2 Axis Flexible Fixture Control System Based on Microcontroller <i>Havif Alvyan Ikhwanudin, Sampurno dan Suhardjono</i>	133
PMT-27	Analisa Pengaruh Mesin Potong Rumput pada Badan Manusia Ditinjau dari Aspek Ergonomi Desain <i>Iskandar Hasanuddin, Syahriza dan Sanneri Yulistia</i>	138
PMT-28	Comparative Study on Performance of Mecanum Wheels under Various Rollers and Loads <i>Chaerul Qalbi, AM, Alfian Djafar dan Sulistijono</i>	142



PMT-29	Kinematic and Dynamic Analysis of Lower Limb Exoskeleton Robot <i>Munadi, M. I. Zulkarnain, M. Ariyanto, Norman Iskandar dan J.D. Setiawan</i>	147
PMT-30	LS-DYNA Application for Calculation of Energy Absorption Capacity on Bus Rollover Accident <i>Abdul Hakim Masyhur, Ahmad Fauzan Suryono, Sandro Miharadi, Indra Nurhadi dan Satrio Wicaksono</i>	154
PMT-31	Finite Element Method Application for Stress Distribution Analysis on Hip Stem Prosthesis Model for Walking and Climbing Stair <i>Syifaul Huzni, M. Ari Azhari, M. Rizki dan Syarizal Fonna</i>	160
PMT-32	Analisa Sumber Kesalahan Sumbu Spindel pada Mesin Bubut CNC dengan Metoda Uji Pemotongan <i>Albertus Rianto, Veky M. Fikry dan Nasril Bakri</i>	164
PMT-33	Perbandingan Karakteristik Hasil Uji Split-Hopkinson Pressure Bar antara Geometri Silinder dan Kubus <i>Muhammad Agus Kariem, Dini Adilah Prabowo dan Iffah Faizah</i>	168
PMT-34	Design of Calibration Framework for Motionable and Portable Optical-Based Motion Recorder <i>Ferryanto, Mega Pradipta, Indria Herman, Sandro Miharadi, Tatacipta Dirgantarra dan Andi Isra Mahyuddin</i>	173
PMT-35	Influence of Backpack Design on Human's Upper Motion <i>Ferryanto, Taufik Akbar, Sandro Miharadi, Tatacipta Dirgantarra dan Andi Isra Mahyuddin</i>	179
PMT-36	Strategi Mengemudi Mobil Listrik pada Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) <i>Muhammad Tadjuddin, Udink Aulia, Teuku Firsya dan Reza Alfurqan</i>	185
PMT-37	Analisis Crashworthiness Struktur Kereta Penumpang Indonesia <i>Rachman Setiawan dan Michael Pamintori</i>	191
PMT-38	Analysis of Natural Frequency Changes in Palm Trees Caused by Geometric and Morphologic Aspects <i>Radon Dhelika, Anantama Karis dan Wahyu Nirbito</i>	196
PMT-39	Design, Fabricated, and Trial on a Fatigue Test Machine <i>Syamsul Hadi, Anggit Murdani dan Fatkhur Rokhman</i>	201
PMT-40	Pengaruh Konstanta Kinematik terhadap Workingspace Alat Bantu Bedah Berbasis Mekanisme Paralel <i>Syafri dan Teguh Iman</i>	208
PMT-41	Optimasi Ketebalan Serat Cotton untuk Silinder Liner Baja dan Aluminium pada Copv Menggunakan Pendekatan Elemen Hingga <i>Dedi Lazuardi, Rifqi Muhammad Al Ghifari dan Agus Sentana</i>	214

Teknik Produksi Mesin		
TPM-01	Aplikasi Box Behnken Design untuk Optimasi Parameter Proses Pemesinan Bubut Magnesium AZ31 <i>Arinal Hamni, Opi Sumardi, Gusri Akhyar Ibrahim dan Achmad Yahya</i>	1
TPM-02	Analisa Keausan Pahat Putar pada Pembubutan Magnesium Az31 Menggunakan Udara Dingin Bertekanan <i>Gusri Akhyar Ibrahim, Dhika Arifan, Arinal Hamni, Suryadiwansa Harun dan Yanuar Burhanuddin</i>	6
TPM-03	Studi Pengaruh Parameter Proses Drilling pada Tulang terhadap Temperatur dan Kualitas Lubang yang Dihasilkan <i>Rusnaldy, Toni Prahasto, Lis Prasetyo, Mudjianto dan Wahyu Isti Nugroho</i>	11
TPM-04	Optimalisasi Perancangan Runner dan Gate Cetakan Injeksi Plastik dengan Metode Simulasi <i>Agung Kaswadi dan Muhammad Insan Tauhid</i>	15
TPM-05	Evaluasi Desain Probe pada Proses Pengelasan Gesek Aluminium 6061 <i>Djarot B. Darmadi, Widia Setiawan, Eko Siswanto dan Anindito Purnowidodo</i>	21
TPM-06	Simulation of Injection Process Parameters to Optimize PET Preform Quality Using Design of Experiment Method <i>Cahyo Budiyanoro</i>	25
TPM-07	Effect of Gap and Voltage on MRR and Overcut of SS316 Electrochemical Machining Using Unisolated Brass Electrode <i>Aris Widyo Nugroho, Ilham Dwi Cahyo, Sudarisman dan Muhamad Budi Nur Rahman</i>	32
TPM-08	Stamping Force Reduction with Inclined Punch <i>Rudi Kurniawan Arief</i>	36
TPM-09	Pengaruh Teknik Isolasi terhadap Kekuatan Tarik dan Lengkung Material Komposit pada Pembuatan Fuselage Pesawat Tanpa Awak <i>Gesang Nugroho dan Ogi Budiana</i>	40
TPM-10	Estimasi Waktu Produksi dan Perencanaan Proses Pemesinan pada Pembuatan 3 Axis Flexible Fixture Berbasis Microcontroler <i>Alfan Fauzi, Sampurno dan Bobby Oedy Pramudyo Supangat</i>	45
TPM-11	Kajian Rancangan Purwarupa Mesin CNC Milling CTU3x terhadap Kapasitas Mampu Proses Material dan Penggunaan Alat <i>Asep Indra Komara, Iman Apriana Effendi dan Muhamad Aditya Royandi</i>	51
TPM-12	Development of Component Control System for Rubber Drying Machine Using Programmable Logic Controller <i>Hendra, A.S Yulianto, A. Indriani, Hernadewita dan Hermiyetti</i>	60
TPM-13	Development of CNC 4-Axis by Modifying Milling Machine EMCO TU 3-Axis <i>Teuku Firsya, Muhammad Tadjuddin dan Hendra Ahmad Farmansyah</i>	66
TPM-14	Perancangan Sistem Deteksi Kolam Las Menggunakan Machine Vision pada Pengelasan Tungsten Inert Gas Baja SS304 <i>Ario Sunar Baskoro dan Vandy Ilham</i>	72

Konversi Energi		
KE-01	Simulation of Particle Flows of Circulating Fluidized Bed <i>Urip Agus Salim, Muslim Mahardika dan Aristo Taufiq</i>	1
KE-02	Pengaruh Sudut Swept dan Sudut Incidence pada Sayap Pesawat Tanpa Awak dengan Simulasi Komputasi Dinamika Fluida <i>Muhammad Agung Bramantya, Gesang Nugroho, dan Reynaldi Dimas K</i>	9
KE-03	Valve Diameter Optimization of Hydram Pump Waste <i>Made Suarda, Ainul Ghurri, Made Sucipta dan Gusti Bagus Wijaya Kusuma</i>	14
KE-04	Influence of Guide Vane Number and Angle on Cross Flow Turbine Performance of Cooling Tower <i>Budi Santoso, Dominicus Danardono D.P. Tjahjana dan Purwadi Joko Widodo</i>	19
KE-05	Suction Active Control Application on Vehicle Models with Variation of Front Geometry <i>Rustan Tarakka, Nasaruddin Salam dan Jalaluddin Haddada</i>	25
KE-06	Pengaruh Jumlah TEC terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Termoelektrik <i>Mega Nur Sasongko, Abdi Sultan Habibi dan Fikrul Akbar Alamsyah</i>	29
KE-07	Experimental Study on Effect of Electrolyte Phase Variations with Titanium Dioxide Nanoparticles on Dye Sensitized Solar Cell Power Using ITO Glass Substrate <i>Eqwar Saputra, Amalia Isna Rahmawati, Ni'mah Mufidah, Golda Defannisa Astrid, Evi Rohmatul Aini dan Tri Widayatno</i>	34
KE-08	Karakteristik Larutan Nanofluid CaCO <sub>3</sub> melalui Pipa Bulat <i>Yanuar dan Sealtial Mau</i>	39
KE-09	Investigation on Valve Snifter Design of Hydram Pump <i>Made Sucipta, Made Suarda dan I Wayan Bogik Wiastra</i>	44
KE-10	Performance Comparison of 9-Lt Diesel Engine with Three Types of Fuel: Biosolar, Pertadex and B30 <i>Ade Kurniawan, Ma'ruf dan Ihwan Haryono</i>	49
KE-11	Thermal Simulation of Continuous Torefaction Reactor Tubular Type for Solid Fuel Production of Municipal Waste <i>Amrul, Muhammad Fariz dan Indra M. Gandidi</i>	53
KE-12	Cross Winds Effect Analysis on Aerodynamic Characteristic of Jakarta-Bandung Rapid Train using CFD <i>Tony Suryo Utomo, Syaiful dan Zanuvar Sunu Pratama</i>	57
KE-13	Effect of Blade Shapes on Savonius Wind Turbine Performance <i>Ridwan, Iwan Setyawan dan Setiyono</i>	62
KE-14	Effect of Temperature and Volume Fraction on Viscosity and Density of Nano Fluid TiO <sub>2</sub> /Termo XT32 Oil <i>Herry Irawansyah dan Samsul Kamal</i>	67
KE-15	Effect of Attack Angle Configuration on Performance of Three-Angle Horizontal Wind Turbine Prototype <i>Illa Rizianiza dan Rachmat Miftakhul Huda</i>	70
KE-16	Effect of Drop Frequency on Effectiveness of Multiple Droplets Cooling in Natural Convection Regime <i>Dannys Arif Kusuma, Indro Pranoto, Aria Riswanda, Deendarlianto dan Fauzun</i>	74
KE-17	Effect of Early Pressure on Induction Distance Detonation Hydrogen-Oxygen Mixture with Schelkin Spiral <i>Willie Prasdha, Jayan Sentanuhady, Davin Demas Sanchohehan dan Taufiq Hidayat</i>	79
KE-18	Effect of Air Flow Velocity on Solar Water Heater Efficiency of Flat Plate Type with Fin and Baffle <i>Sophian Rumboko Aditama, Arrad Ghani Safitra dan Lohdy Diana</i>	85
KE-19	Effect of Air-Fuel Ratio to Non-premixed Burning Characteristics in Boiler Furnace Using CFD <i>Heri Santoso, Teguh Hady Ariwibowo dan Arrad Ghani Safitra</i>	92
KE-20	Analysis of Multiple Droplets Collision Phenomenon in Surface Temperature of Boiling Films on Weber Medium <i>Teguh Wibowo, Samsul Kamal, Indarto Indarto dan Deendarlianto</i>	99
KE-21	Heat Value Analysis of Briquette Hybrid as Alternative Fuel <i>Hendri Nurdin, Hasanuddin dan Irzal</i>	103
KE-22	Karakteristik Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas sebagai Campuran Bahan Bakar pada Mesin Diesel <i>Adjar Pratoto, Asyhari Prima Nanda dan Fadjar Goembira</i>	107
KE-23	Multifunctional Optimization of Evaporator Design Discrete Finned-Tube Plate Using Minimizing Entropy Generation Method <i>Matheus M. Dwinanto, Suhanan dan Prajitno</i>	113
KE-24	Perancangan dan Simulasi Numerik Perpindahan Panas pada Reaktor Pirolisis tipe Fixed Bed Skala Laboratorium <i>Thoharudin, Muhammad Nadjib dan Tito Hadji Agung Santosa</i>	120
KE-25	Effect of Tip Speed Ratio on Power Generated Prototype of Horizontal Axis Wind Turbine with Three Blades <i>Rachmat Miftakhul Huda, Illa Rizianiza dan Sulistijono</i>	126
KE-26	Experimental Study on Effect of Blade Number and Attack Angle on Power and Rotation of Crossflow Water Turbine <i>Rijal Surya Rahmany, Alfian Djafar dan Sulistijono</i>	130
KE-27	Design and Simulation of Three-Way Nozzle on Cross Flow Water Turbine for Various Heads <i>Ika Kurniawati, Isnain Aliman dan Priyono Sutikno</i>	135
KE-28	Design and Simulation of Control Flow Vane Nozzle at Cross Flow Turbine <i>Isnain Aliman, Josi Ayu Wulandari Pratama Putri, and Priyono Sutikno</i>	142
KE-29	Solar Distillation for Turning Brackish Water into Freshwater Using Heat Collector <i>Mulyanef, Arfan Fikri dan Edi Septe S</i>	149



KE-30	Design of Plantwide Control for Steam Power Plant Control System <i>Achmad Qomarul Mujahidin, Hendrik Elvian Gayuh Prasetya dan Erik Tridianto</i>	153
KE-31	Karakteristik Gasifikasi Menggunakan Bubbling Fluidised Bed <i>Tri Agung Rohmat dan Yullian Endi</i>	158
KE-32	Pengaruh Putaran Scraper, Flowrate dan Salinitas terhadap Pembentukan Bubur Es pada Sea Water Ice Slurry Generator. <i>Intan Permata Sari, Agus Sunjarianto Pamitran dan Idrus Alhamid</i>	163
KE-33	Perbandingan Nilai Hambatan Kapal antara Hasil Simulasi dengan Eksperimen pada Kapal Pelat Datar Semi-Trimaran <i>Muhammad Arif Budiyanto, Hadi Tresno Wibowo dan Muhammad Fattah</i>	168
KE-34	Karakteristik Geometris Partikel Es pada Ice Slurry Generator Menggunakan Scraper Simetris Berlapis Teflon <i>Fajri Ashfi Rayhan, Abdul Rafii Lazuardian Ramadhan, Agus Pamitran dan Mufti Petala Patria</i>	172
KE-35	Development of Archimedes Turbine Research: Review Article <i>Budiarso, Warjito, Dendy Adanta dan M.H. Gumelar Syafei</i>	177
KE-36	Studi Fuel Economy Penggunaan Bahan Bakar Biosolar dan Solar #51 pada Kendaraan Penumpang <i>Siti Yubaidah, Hari Setiaprada dan Budi Rochmanto</i>	182
KE-37	40,000 Km Road Test of Vehicle Fueled by 20% Biodiesel <i>Ihwan Haryono dan Mokhtar</i>	187

Pendidikan Teknik Mesin		
PTM-01	Development of Interactive Teaching Materials Based on Multimedia for Engineering Materials <i>Adella Hotnyda Siregar, Yuhani Jaya dan Sugeng Prayitno</i>	1
PTM-02	Teaching Materials Development of The Geometric Specification and Verification for Mechanical Components <i>Indra Djodikusumo, Sri Hardjoko Wirjomartono, M. Abdulkadir, Agus Dwi Iskandar dan Agung Wibowo</i>	6
PTM-03	Recognition of Hemi-Savonius Windmill as Energi Conversion System Model on Windmill Techno Park at Coastal Area <i>Hasanuddin, Hendri Nurdin, Waskito dan Refdinal</i>	16

Material		
MT-01	Effect of Fluid Cooling on The Mechanical Properties and Microstructure of SS 304 <i>Tumpal Ojahan R, Yusup Hendronursito dan Arif Hidayat</i>	1
MT-02	Effect of Graphite Oxide Additive on Tensile Strength and Burn length of Glass/Epoxy Composite <i>Adi Purwoko Chriswadyanto dan Hermawan Judawisastra</i>	6
MT-03	Effect of T6 Heat Treatment on Mechanical Properties of Coal Ash-Aluminum Composite as Brake Disk Holder Component <i>Maula Naft dan Ichlas Wahid</i>	12
MT-04	Experimental Observation on The Changes of Microstructure Grain of AlCoal Ash Composite under T6 Heat Treatment <i>Ichlas Wahid dan Maula Naft</i>	15
MT-05	Effect of Angle Orientation on Mechanical Strength of Arenga Pinnata Composite <i>Achmad Kusairi Samlawi dan Fatah Hidayatullah</i>	19
MT-06	Comparison of Pore Size on Solid Oxide Fuel Cell Electrodes by Wet Spraying Process and Compaction <i>Solihin Sulisty</i>	23
MT-07	Hydrogen Induced Cracking Testing in 3.5% Wt NaCl Environment Using Cantilever Bending <i>Mudjijana, Mochammad Noer Ilman dan Priyo Tri Iswanto</i>	27
MT-08	Failure Analysis on Shaft of Circulating Water Pump at Power Plant <i>Gunawan Dwi Haryadi, Suluh Pertiwanda dan Rifky Ismail</i>	32
MT-09	Development of Implant Material from Powder Metallurgy <i>Ahmad Kafrawi Nasution, Aan Mardiansyah dan Lega Putri Utami</i>	38
MT-10	Hardness and Wear of Nickel-Tungsten Layers on Medium Carbon Steel under Rolling-Sliding Contact Test <i>I Made Widiyarta, I Made Parwata, I Putu Lokantara dan D. Ranto</i>	42
MT-11	Bending Strength Analysis on Composite Reinforced with Discontinuous Dewang Leaf (Corypha Utan Lam) <i>Jefri Samuel Bale, Domingus G.H. Adoe dan Meki I. Sing</i>	46
MT-12	Effect of Chisel Speed on Friction Stir Welding of Non-Similar Metals <i>Sulardjaka dan Rizqi Saiful Umam</i>	51
MT-13	Effect of Recycled and New Mixtures of Acrylonitril Butadiene Styrene on Product Mechanical Properties <i>Rohmat Setiawan dan Muhammad Nur Andi Widodo</i>	56
MT-14	Analysis of Stainless Steel Wear Rate in The Environment of Methyl Ester Palm Oil <i>Zahrul Fuadi, Koshi Adachi, Takanori Takeno, Muhammad Tadjuddin dan Mohd Iqbal</i>	60
MT-15	Hardness Distribution of Carbon Steel under Ni-Cr Coating after Various Preheating on Substrate Material <i>I Made Widiyarta, I Putu Lokantara, I Made Parwata, Edwin Reynaldo dan Mustika</i>	64
MT-16	Quality Analysis on the Waste Mixture of Soft Drink Can and Engine Block <i>Ivan Junaidy Abdulkarim dan Kifli Umar</i>	68
MT-17	Application Temperature Annealing on Brittle Fracture Prevention on Balinese Gamelan Made of Bronze <i>I Ketut Gede Sugita, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati, I Gusti Ngurah Priambadi</i>	73
MT-18	Prilaku Korosi Sambungan Las FSW AA5083 dalam Larutan 3,5% NaCl dengan Penambahan Inhibitor Sodium Kromat <i>FX Arif Wahyudianto dan Ery Yadie</i>	77
MT-19	Failure Analysis on Pipeline Welded Joint of Venting Isolation High Pressure Superheater Tube <i>Sri Nugroho, Sulardjaka dan Galih Al Hadid</i>	81
MT-20	Thermal Characteristics of Matrix Composites of Aluminum - Ash Base Coal after T6 Heat Treatment <i>Rahadhian Chrisna Samudra, Harjo Seputra, Mastuki Mastuki, Imah Luluk Kusminah dan Ahmad Fauzan Adziima</i>	87
MT-21	Corrosion Detection on Reinforced Steel in Concrete Using BEIA 2D <i>Syarizal Fonna, Syifaal Huzni dan Gunawarman</i>	91
MT-22	Simulation on the Effect of Anode-Cathode Distance on Reinforced Concrete Cathodic Protection Using BEM <i>Syarizal Fonna, Muzayin Arika Putra dan Syifaal Huzni</i>	96
MT-23	The Effect of Span-to-depth Ratio on the Flexural Properties of Hybrid S2/E-Glass Fiber-reinforced Epoxy Composites <i>Sudarisman</i>	101
MT-24	Manufacture Process of Composite Products Made of Plantation and Industrial Wastewater <i>Hendra, A. Indriani, Hernadewita dan Hermiyetti</i>	106
MT-25	Optimasi Parameter Second Quenching dan Tempering terhadap Kekerasan dan Energi Impak Baja HRP Lokal <i>Yurianto, Pratikto, Rudy Sunoko dan Wahyono Suprpto</i>	111
MT-26	Characteristics and Early Analysis of Pine Resin under Heating Variations as Alternative Resins on Composites <i>Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati, Ngakan Putu Gede Suardana, I Ketut Gede Sugita dan I Wayan Budiarsa Suyasa</i>	117



## Kajian Rancangan Purwarupa Mesin CNC Milling CTU3x terhadap Kapasitas Mampu Proses Material dan Penggunaan Alat

Asep Indra Komara<sup>1,\*</sup>, Iman Apriana Effendi<sup>1</sup> dan Muhamad Aditya Royandi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung - Bandung

\*Korespondensi: asep.indra@polman-bandung.ac.id

**Abstrak.** Mesin CNC *milling* CTU3x merupakan mesin CNC purwarupa hasil dari retrofit mesin *drill-mill* konvensional yang dibangun oleh POLMAN Bandung. Sebelum menjadi mesin CNC *milling* CTU3x, mesin *drill-mill* telah melalui beberapa tahap proses *retrofit*, di antaranya penambahan sistem kontrol pada pergerakan *axis* dan spindel, serta penambahan konstruksi rangka untuk instalasi komponen elektrik. Tujuan pengembangan Mesin CNC *milling* CTU3x adalah untuk menyediakan sebuah mesin *CNC milling training unit* yang murah namun memiliki spesifikasi yang memadai. Peningkatan kemampuan yang harus diperbaiki adalah pada aspek kemampuan *machining* material dan penggunaan alat potong agar sesuai dengan kemampuan yang dimiliki mesin CNC *milling training unit* pada umumnya. Semula mesin ini hanya mampu memotong material kayu dan aluminium, selanjutnya perlu ditingkatkan agar mampu memotong material sekelas *mild steel*. Sehingga dengan demikian perlu dilakukan *design review* dan jika diperlukan dapat dilakukan modifikasi desain pada mesin CNC *milling* CTU3x tersebut. Proses *design review* dilakukan pada komponen-komponen penting yang erat kaitannya dengan kapasitas mampu proses material dan penggunaan alat potong. Proses ini diawali dengan melakukan pengukuran dan pemeriksaan seluruh komponen mesin, pembuatan model CAD, kontrol dan validasi perhitungan sistem transmisi, serta rekayasa ulang model CAD mesin CTU3x. Berdasarkan proses *design review* yang dilakukan, maka dapat dinyatakan bahwa mesin CNC *milling* CTU3x tidak perlu melalui proses modifikasi pada konstruksi sistem spindel, tetapi perlu mengganti komponen motor penggerak, elemen transmisi, serta penggunaan komponen *linear guideway* agar mampu memotong material *mild steel* dengan kedalaman pemakanan hingga 4,7 mm untuk alat potong HSS dan 1,2 mm untuk alat potong *carbide*. Setelah dilakukan penyesuaian desain tersebut dapat disimpulkan bahwa mesin CNC *milling* CTU3x bisa digunakan sebagai mesin CNC *training unit*.

**Kata kunci:** review design, CNC Milling CTU3x, training unit, kapasitas pemotongan

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Mesin CNC telah menjadi pilihan karena mempunyai kemampuan lebih dibandingkan dengan mesin konvensional pada umumnya, seperti kemampuan proses yang cepat, memiliki keandalan (*reliable*) dan lebih efisien. Selain pilihan dalam penggunaannya, teknologi ini telah menjadi pilihan untuk dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pengembangan-pengembangan yang bisa dilakukan terhadap performa-performa dan spesifikasinya. Sehingga dalam proses pengembangan dan penelusuran terhadap teknologi ini, terdapat beberapa pelaku industri bahkan asosiasi mesin di berbagai negara yang merencanakannya melalui penyusunan sebuah *roadmaps* (gambar 1). *Roadmaps* dibuat dengan tujuan untuk mengidentifikasi masalah-masalah dan kebutuhan-kebutuhan yang dimiliki pengguna teknologi pada masanya yang selanjutnya dapat diselesaikan dengan penambahan fitur, peningkatan performa, atau bahkan penambahan teknologi lain pada desain produknya. Salah satu aspek yang disoroti dalam pengembangannya adalah aspek fleksibilitas. Fleksibilitas merupakan

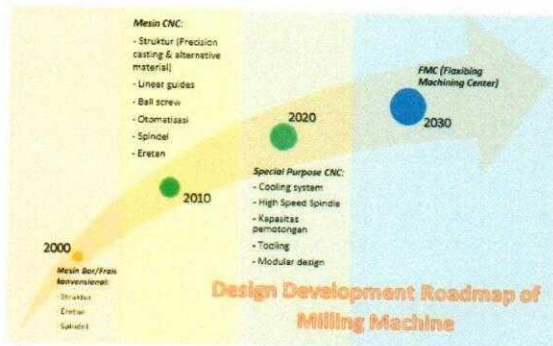
kemampuan mesin perkakas untuk memproses benda kerja pada jangkauan yang luas, seperti kemampuan mesin dalam memotong berbagai jenis material, dan kemampuan mesin dalam menggunakan jenis alat potongnya [1].

Sebagai institusi pendidikan, POLMAN Bandung mempunyai rencana serupa dalam pengembangan yang telah dilakukan oleh beberapa pelaku industri. Namun mengacu pada pernyataan sebelumnya, bahwa pengembangan yang dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi masalah-masalah dan kebutuhan-kebutuhan yang dimiliki pengguna teknologi pada masanya, maka penggunaan teknologi pada masanya tersebut direfleksikan menjadi institusi-institusi pendidikan atau pelatihan yang membutuhkan mesin untuk menjadi sarana pendidikan atau pelatihan (*teaching aids*) atau biasa dikenal dengan mesin *training unit*. Mesin *training unit* digunakan untuk sarana simulasi dalam pengoperasian mesin ataupun pengenalan konstruksi mesin.

Pada saat ini, POLMAN Bandung telah melakukan pengembangan terhadap mesin CNC CTU 3x



yang sebelumnya merupakan mesin *drill-mill* konvensional. Mesin tersebut telah melalui tahap retrofit, yang dilakukan untuk menambah indikasi pergerakan setiap axis dan spindle. Selanjutnya POLMAN Bandung mempunyai rencana untuk menjadikan mesin yang masih dalam tahap pengembangan ini sebagai purwarupa dalam pembuatan mesin-mesin CNC *training unit* lainnya. Namun, perlu dilakukan kajian terlebih dahulu terhadap hasil rancangan purwarupa tersebut mengenai kesesuaian performa dan spesifikasinya dengan mesin CNC *training unit* yang telah digunakan oleh para pengguna. Terutama aspek fleksibilitas pada kemampuan proses material dan penggunaan alat potong tertentu. Sehingga akan dihasilkan jangkauan kemampuan mesin yang berhubungan dengan parameter-parameter tersebut.



Gambar 1. Peta jalan pengembangan mesin *milling*

## Metodologi

*Design Review* merupakan salah satu tahapan review yang dilakukan pada proses pengembangan produk [2]. Pada proses tersebut rancangan melewati proses evaluasi terhadap kebutuhan produk untuk menghasilkan data verifikasi serta mengidentifikasi persoalan-persoalan yang merupakan dampak dari proses pengembangannya.

Proses *design review* dapat dilaksanakan melalui prosedur yang setiap tahapannya merupakan jenis-jenis dari kegiatan *review*, yaitu sebagai berikut:

1. *Requirement Review*  
*Review* ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua *requirements* dan *constraints* yang diharapkan, sudah jelas dan teridentifikasi secara menyeluruh. *Requirements review* sering kali dilakukan bersamaan dengan *Preliminary Design Review*. Selain itu, pada referensi lain, tujuan *review* ini adalah untuk memastikan bahwa *requirement* merupakan refleksi dari pengetahuan pelanggan dan kebutuhan pasar masa kini [3].
2. *System Design Review (SDR)*  
 SDR dilakukan dengan mengidentifikasi konsep kerja dari sebuah sistem atau keseluruhan sistem

dari produk yang akan menjadi objek *design review*. Ketika proses *review* dilakukan pada pengembangan sistem yang besar, *system design review* dapat dilakukan dengan melakukannya pada beberapa bagian-bagian kecil sistem utamanya

3. *Preliminary Design Review (PDR)*  
 Pada tahapan *review* ini, konsep desain dievaluasi dari segi *feasibility*, *technical adequacy* dan *general compliance* terhadap *requirement*, dan perbandingan terhadap beberapa alternatif konsep. Asumsi dan perhitungan yang mengarah pada kesimpulan, sangat diharapkan pada tahapan ini. Dan jika memungkinkan pun, berbagai macam konsep tersebut dapat ditampilkan melalui *prototype* awal, *mock-ups* atau sketsa yang dapat mengkomunikasikan berbagai macam konsep tersebut.
  4. *Critical Design Review (CDR)*  
 CDR merupakan *design review* kelas menengah yang muncul setelah selesai proses *detail design* dan selanjutnya desain tersebut dapat dijadikan *prototype* atau *pre-production models*. *Review* ini dilakukan untuk mengevaluasi rancangan dari *requirements* secara merinci. CDR sendiri terbagi lagi menjadi beberapa bagian seperti *provision of assumptions* dan perhitungan rancangan, *progress project*, *risk management*, dan *assessment product*.
  5. *Test Design Review (TRR)*  
 TRR dilakukan untuk menguji prototipe atau *pre-production* untuk memverifikasi rancangan terhadap pemenuhan *requirements*.
  6. *Final Design Review (FDR)*  
 FDR dilakukan setelah prototipe atau *pre-production* telah melalui tahapan pengujian. Pada *review* ini dilakukan pembahasan terhadap permasalahan-permasalahan yang terjadi selama pengujian dan solusi dari permasalahan tersebut. Sehingga, semua perubahan yang diperlukan untuk produk pada performa, *cost*, *reliability* dan *manufacturing* dapat dilakukan sebelum kegiatan *mass pro* dilakukan.
  7. *Production Readiness Review (PRR)*  
 Kegiatan *review* ini tidak terkait satu sama lain dengan kegiatan *review* lainnya. PRR memfokuskan pada *review* terhadap *high level manufacturing* dan tingkat kematangan produk yang tinggi. Sehingga mampu dilakukan kegiatan *mass pro*.
- Konten yang dikaji pada *design review* di antaranya adalah:
- a) *Current Product Development Specification*
  - b) *Engineering data* seperti perhitungan, simulasi, hasil eksperimen, dan hasil analisis lainnya
  - c) Analisis perbandingan terhadap produk existing



- d) *Drawing*, skema, layout, *mock-up* dan *prototype*
- e) Deskripsi dari *requirements* yang tidak biasa dan elemen desain yang mempunyai risiko tinggi

**Pengembangan Mesin Milling CNC**

Pada gambar 2 diperlihatkan alur pengembangan mesin dari mesin *drill-mill* konvensional, hingga ke rancangan mesin saat ini.



Adapun penjelasan dari setiap tahapannya yang telah melalui dua kali tahapan retrofit adalah sebagai berikut.

**A. Tahapan Retrofit 1**

Pada retrofit tahap 1 ini dilakukan penambahan terhadap sistem pengendalian pergerakan pada setiap axis, pengendali untuk kecepatan spindle dan penambahan rangka aluminium untuk menunjang instalasi komponen-komponen elektriknya.



**Gambar 3.** Mesin CNC CTU3x Retrofit 1

Berikut ini merupakan perbedaan spesifikasi yang didapatkan dari mesin pada setiap tahapan pengembangan.

**Tabel 1.** Perbandingan spesifikasi teknis Mesin Konvensional dan Retro 1

	BF 20 V (Konv.)	CTU 3x (Retro 1)
Max. Drilling Cap.	16 mm	16 mm
Spindle nose taper	MK2 / MT2	MK2 / MT2
Spindle speed	50 – 2250 U/min	0 – 2250 U/min
Jenis motor	DC	DC
Motor Power (100%) / S6	0,5 kW / 0,75 kW	0,5 kW
Dimension	370 x 930 x 390 mm	
X-axis travel	250 mm	250 mm
Y-axis travel	120 mm	120 mm

Z-axis travel	80 mm	80 mm
Guide	Prismatic Guide	Prismatic Guide
Automation	No	Yes

**Tabel 2.** Aksesori Mesin yang Tersedia

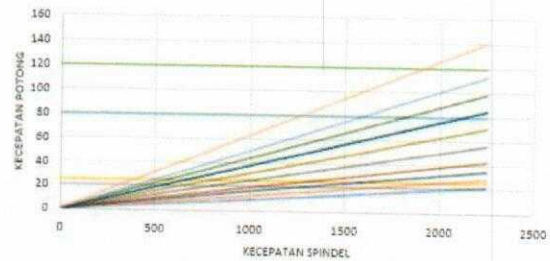
Keyless chuck SSBF16	1 – 16 mm
End Mill FFS20	2 and 4 cutter
Chuck set SZSMK2	3 – 20 mm

**B. Tahapan Retrofit 2**

Retrofit tahap 2 yang masih dalam proses design review dan proses pengerjaan ini dilakukan untuk menambah dan mengganti beberapa komponen yang masih kurang ideal.

**Current Product Performance**

Grafik berikut ini merupakan grafik yang menyajikan data kemampuan pemotongan material dan penggunaan alat potong, berdasarkan spesifikasi terakhir dari mesin yang telah melalui tahap retrofit 1.



**Gambar 4.** Hubungan kecepatan potong dan spindle

Dari grafik di atas, diperoleh data penggunaan alat potong yang dapat digunakan (berdasarkan diameter alat potong yang tersedia) pada mesin dengan kecepatan maksimum 2250 putaran/min untuk material *steel*, yaitu sebagai berikut.

**Tabel 3.** Penggunaan Alat Potong dengan Performa yang Dimiliki

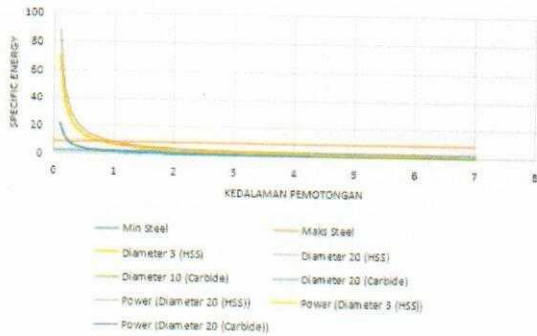
Diameter Cutter (mm)	HSS	Carbide
3	✓	✗
4	✓	✗
5	✓	✗
6	✓	✗
8	✓	✗
10	✓	✗
12	✓	✗
14	✓	✓
16	✓	✓
20	✓	✓

Keterangan:

- ✓ = disarankan
- ✗ = tidak disarankan



Gambar 5 menunjukkan grafik kemampuan mesin dalam melakukan pemakanan (*feeding*), ditinjau dari penggunaan *cutter* yang telah disesuaikan dengan data sebelumnya.



Gambar 5. Grafik Kemampuan Mesin Ditinjau dari Kedalaman Pemotongan dan *Specific Energy* Material

Berdasarkan hasil dari grafik pada gambar 4, dibuat grafik hubungan antara spesifik energy dengan kedalaman pemotongan. Dari grafik tersebut diperoleh data parameter kedalaman pemotongan maksimum yang disarankan. Untuk Material HSS kedalaman min. 0,75 dan mak. 3,27 serta untuk material carbide min. 0,24 mm dan maks. 0,82 mm.

**Requirement Review**

Daftar kebutuhan dibuat dengan mengacu pada spesifikasi mesin CNC *milling training* unit yang sudah ada di pasaran dan sudah digunakan di berbagai institusi pendidikan, dengan alasan agar spesifikasi yang dihasilkan tidak berlebihan.

Berikut ini merupakan spesifikasi mesin yang dijadikan acuan dalam kaji rancangannya.

Tabel 4. Spesifikasi Mesin Acuan

Specification	Value
Spindle nose taper (tool holder)	MK2 / MT2 SK30
Max. Spindle speed	4000 U/min
Motor Power (100%) / S6	0,55 kW / 0,75 kW
Dimension (mm)	980 x 960 x 1000
X-axis travel	190 mm
Y-axis travel	140 mm
Z-axis travel	260 mm
Rapid motion speeds in X/Y/Z	2 m/min
Work feed X/Y/Z	0-2 m/min
Max. Table load	10 kg
Jenis Guide	Prismatic Guide

**Functional Requirements (what has to be done)**

*Functional requirements* adalah tugas, aksi atau aktivitas yang diperlukan dan harus dipenuhi oleh suatu sistem. *Requirements* ini teridentifikasi melalui analisis kebutuhan yang akan digunakan sebagai

top-level function dari sistem atau mesin [4]. Adapun *functional requirement* dari mesin adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Functional requirements

Functional Requirements	Spesifikasi
Penggunaan mesin	Teaching/training unit
Range material benda kerja	Mild steel, aluminium
Jenis alat potong	HSS, Carbide

**Performance Requirements**

*Performance requirements* adalah *requirements* yang akan menunjang ketercapaian dari *functional requirements*. Secara umum *requirements* ini dapat terukur melalui nilai/kuantitas, kualitas, atau cakupan [4]. Selama proses analisis, *performance requirements* akan menjadi nilai awal dalam proses pengembangan yang akan berpengaruh terhadap seluruh fungsi atau sub fungsi.

Tabel 6. Performance requirements

	Mesin Acuan	CTU3x
Max. Spindle speed	4000 U/min	2250 U/min
Spesifikasi kecepatan maksimum spindle dari mesin acuan dijadikan referensi pengembangan terhadap mesin CTU3x		
Motor Power (100%) / S6	0,55 kW / 0,75 kW	0,3 kW AC motor
Spesifikasi motor spindle pada mesin acuan tidak dijadikan referensi dalam pengembangan mesin CTU 3x, karena penggantian motor dilakukan dengan memanfaatkan motor yang telah tersedia.		
X/Y/Z-axis travel (mm)	190/140/260	250/120/80
Spesifikasi travel pada mesin acuan memang lebih unggul dari mesin yang saat ini sedang dikembangkan. Namun, proses pengembangan tidak akan dilakukan terhadap spesifikasi ini, tetapi bisa menjadi saran kajian lanjutan.		
Rapid motion speeds in X/Y/Z	2 m/min	15 m/min
Work feed X/Y/Z	0-2 m/min	-
Max. Table load	10 kg	-
Guide	Prismatic Guide	Linear guide

**System Design Review**

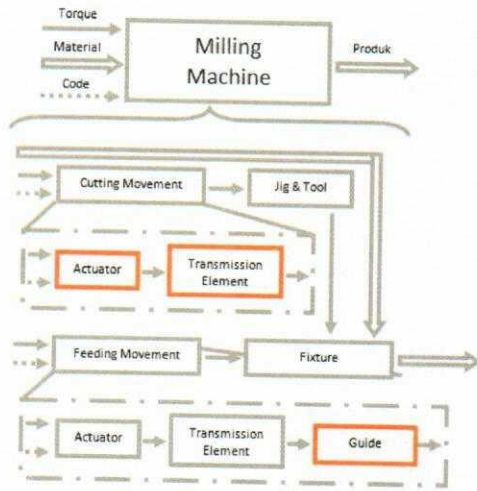
Gambar di bawah ini merupakan blok sistem dari mesin, serta beberapa keterangan yang menyampaikan fungsi bagian yang mengalami modifikasi atau pergantian setelah melalui tahapan *requirements review*.

Dari gambar 6 bagian-bagian yang mengalami perubahan setelah proses *requirement review* adalah sebagai berikut:

- a) Aktuator pada *cutting movement* yang diganti dengan motor yang telah tersedia, dengan spesifikasi yang telah disampaikan.



- b) *Transmission Element* pada *cutting movement*, harus mengalami perubahan setelah spesifikasi kecepatan maksimum spindle bertambah. *Transportir element* mengalami perubahan menjadi menggunakan *linear guideway*.



Gambar 6. Black Box Mesin Milling

**Preliminary Design Review**

*Cutting Movement Actuator*

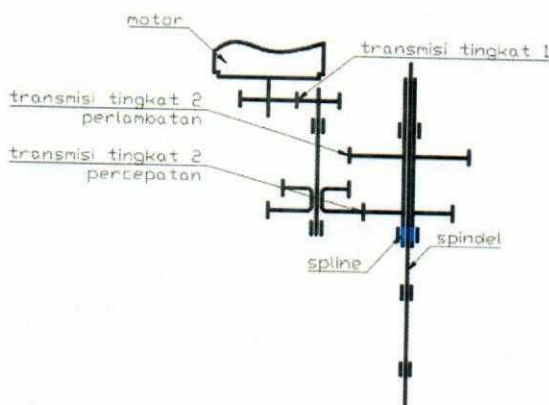
Gambar 7 menunjukkan motor yang telah tersedia, dan akan digunakan sebagai penggerak pada *cutting movement*.



Gambar 7. Motor yang telah Tersedia

*Transmission element* pada spindle

Gambar berikut ini merupakan sketsa konstruksi dari sistem spindle pada mesin.



Gambar 8. Sketsa Sistem Transmisi Spindel

Dengan berdasar pada kemudahan pembuatan dan pemasangan, maka hanya cukup pada pasangan roda gigi tingkat satu saja yang akan mengalami perubahan.

Adapun nilai modul rencana minimal dari pasangan roda gigi tersebut didapatkan dari persamaan berikut ini [5].

$$m_n''' \approx 1,85 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_A \cdot T_1 \cdot \cos^2 \beta}{z_1^2 \cdot \psi_d \cdot \sigma_{Flim}}} \tag{1}$$

dimana:

- $m_n'''$  = besar modul rencana (mm)
- $K_A$  = faktor kerja
- $T_1$  = torsi (N.mm)
- $\beta$  = sudut kemiringan roda gigi (°)
- $z_1$  = banyaknya gigi roda gigi penggerak
- $\psi_d$  = faktor hubungan diameter-tebal roda gigi
- $\sigma_{Flim}$  = kekuatan kaki gigi (N/mm<sup>2</sup>)

Besar modul rencana minimal yang diperoleh adalah sebesar 0,3 mm. Selanjutnya, untuk mendapatkan putaran spindle yang diharapkan sebesar 4000 min<sup>-1</sup>, dilakukan proses perhitungan optimasi dengan berdasarkan urutan tahapan optimasi sebagai berikut.

1. Definisi masalah

Kondisi yang diharapkan adalah putaran akhir yang dihasilkan dari spindle adalah sebesar 4000 min<sup>-1</sup> (atau bahkan lebih), dengan besar modul yang diupayakan mempunyai nilai besar namun masih mengacu pada standar modul gigi DIN 780. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan kemampuan terhadap beban yang lebih baik.

2. Pengumpulan informasi dan data

Berikut ini merupakan standar nilai modul berdasarkan DIN 780 untuk roda gigi lurus [6].

- 0.1; 0.12; 0.16; 0.2; 0.25; 0.3; 0.4;
- 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1; 1.25; 1.5;
- 2; 2.5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20;
- 25; 32; 40; 50; 60

Beberapa persamaan berikut ini merupakan persamaan yang dijadikan dasar dalam melakukan proses optimasi.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} \tag{2}$$

dimana:

- $i$  = Rasio
- $n_1$  = Kecepatan putar penggerak ( $\frac{1}{min}$ )
- $n_2$  = Kecepatan putar pengikat ( $\frac{1}{min}$ )

- $d_1$  = diameter kerja roda gigi penggerak (mm)
- $d_2$  = diameter kerja roda gigi pengikut (mm)
- $z_1$  = Jumlah gigi roda gigi penggerak
- $z_2$  = Jumlah gigi roda gigi pengikut

$$a_d = \frac{d_1+d_2}{2} = \frac{m}{2} \cdot (z_1 + z_2) \quad (3)$$

Di mana:

$$a_d = \text{Kecepatan putar penggerak (mm)}$$

3. Variabel perancangan  
Berikut ini merupakan variabel perancangan dalam optimasi.

- $z_1$  = jumlah gigi roda gigi penggerak
- $z_2$  = jumlah gigi roda gigi pengikut
- $m$  = modul (mm)

4. Kriteria optimasi  
Kriteria optimasi adalah nilai modul semaksimal mungkin untuk mendapatkan kemampuan yang lebih baik.

5. Formulasi batasan  
Berikut ini merupakan persamaan-persamaan yang menjadi batasan dalam optimasi.

- a. Nilai modul harus lebih besar dari nilai modul minimum rencana, dan dibatasi maksimum pada 1,5 mm

$$0,3 \leq m \leq 1,5 \quad (4)$$

- b. Jarak antar poros diberikan daerah batas yaitu  $\pm 0,5$  mm dari jarak seharusnya yaitu 35 mm, agar hasil optimasi tidak mendapatkan jumlah gigi yang terlalu minimum, dan kecepatan yang diharapkan tidak terlalu melebihi tuntutan. Namun roda gigi nantinya harus mengalami koreksi gigi.

$$34,5 \leq \frac{m}{2} \cdot (z_1 + z_2) \leq 35,5 \quad (5)$$

- c. Jumlah gigi harus lebih banyak dari jumlah gigi minimum teoritis ( $z_g$ ) yaitu sebanyak 17.

$$\begin{aligned} z_1 &> 17 \\ z_2 &> 17 \end{aligned} \quad (6)$$

- d. Putaran yang dihasilkan harus mencapai 4000 min<sup>-1</sup>, di mana telah diketahui rasio tingkat 2 adalah  $i_2 = \frac{60}{62}$ , maka batasan untuk mencapainya adalah sebagai berikut.

$$n_2 \geq \frac{3000}{\frac{60}{62} \cdot \frac{z_2}{z_1}} \quad (7)$$

Gambar 9 menunjukkan hasil pengolahan data pada software optimasi dan menunjukkan hasil jumlah gigi yang diharapkan untuk memenuhi tuntutan.

Variabel	$z_1$	$z_2$	$m$			
	26	20	1,50			
Kriteria Optimasi	1,50 maks					
Batas	0	0	1	1,50	$\geq$	0,3 mm
	0	0	1	1,50	$\leq$	1,5 mm
	1	1	1	34,5	$\geq$	34,5 mm
	1	1	1	34,5	$\leq$	35,5 mm
	1	0	0	26	$\geq$	17
	0	1	0	20	$\geq$	17
	1	1	0	4030	$\geq$	4000 min <sup>-1</sup>

Gambar 9. Hasil Optimasi Sistem Spindel

#### Guide Element

Berdasarkan pertimbangan terhadap geometri komponen eretan letak *linear guide* akan dipasang, dipilih tipe MGN dari katalog *linear guideway* Hiwin, dengan spesifikasi kemampuannya untuk menahan beban adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Data Spesifikasi *Linear Guide* MGN12C

Basic dynamic load rating (C)	2.84 kN
Basic static load rating (C <sub>0</sub> )	3.92 kN
Rolling Moment (M <sub>R</sub> )	25.48 Nm
Pitching Moment (M <sub>P</sub> )	13.72 Nm
Yawing Moment (M <sub>Y</sub> )	13.72 Nm

Tabel 8 akan digunakan sebagai data yang akan dibandingkan dengan pembebanan yang terjadi pada bagian *critical review*.

#### Critical Design Review

Pada sistem transmisi roda gigi, yang menjadi perhatian dalam penelusuran kekuatannya dan kontrolnya adalah kekuatan kaki gigi dengan persamaan sebagai berikut,

$$S_F = \frac{\sigma_{Flim} \cdot Y_{ST} \cdot Y_{NT} \cdot Y_{\delta relT} \cdot Y_{RrelT} \cdot Y_X}{\frac{F_t}{b \cdot m_n} \cdot Y_{Fa} \cdot Y_{Sa} \cdot Y_e \cdot Y_{\beta} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{Fa} \cdot K_{F\beta}} \quad (8)$$

dimana:

- $S_F$  = root safety / safety factor tegangan kaki gigi
- $\sigma_{Flim}$  = kekuatan bahan ( $\frac{N}{mm^2}$ )
- $Y_{ST}$  = faktor koreksi tegangan
- $Y_{NT}$  = faktor umur
- $Y_{\delta relT}$  = faktor konsentrasi tegangan



- $Y_{RrelT}$  = faktor kekasaran permukaan relatif
- $Y_X$  = faktor besar modul
- $F_t$  = gaya tangensial (N)
- $b$  = tebal roda gigi (mm)
- $m_n$  = modul (mm)
- $Y_{Fa}$  = faktor bentuk
- $Y_{Sa}$  = faktor koreksi tegangan
- $Y_\epsilon$  = faktor rasio kontak
- $Y_\beta$  = faktor sudut kemiringan
- $K_A$  = faktor kerja
- $K_V$  = faktor dinamis
- $K_{F\alpha}$  = faktor muka
- $K_{F\beta}$  = faktor lebar gigi

dan kekuatan permukaan kontak gigi, dengan persamaan sebagai berikut.

$$S_H = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot Z_{NT} \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X}{Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\epsilon \cdot Z_\beta \cdot \sqrt{\frac{F_t}{b \cdot d} \cdot \frac{u+1}{u}} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta}}} \quad (9)$$

dimana:

- $S_H$  = flank safety / safety factor permukaan kontak
- $\sigma_{Hlim}$  = kekuatan bahan ( $\frac{N}{mm^2}$ )
- $Z_{NT}$  = faktor umur
- $Z_L$  = Faktor pelumasan
- $Z_V$  = faktor kecepatan
- $Z_R$  = faktor kekasaran permukaan
- $Z_W$  = faktor kekerasan gigi
- $Z_X$  = faktor besar modul
- $Z_H$  = faktor zona
- $Z_E$  = faktor elastisitas
- $Z_\epsilon$  = faktor rasio kontak
- $Z_\beta$  = Faktor kemiringan gigi
- $F_t$  = gaya tangensial (N)
- $b$  = tebal roda gigi (mm)
- $d$  = diameter kerja (mm)
- $u$  = rasio kerja
- $K_A$  = faktor kerja
- $K_V$  = faktor dinamis
- $K_{H\alpha}$  = faktor muka
- $K_{H\beta}$  = faktor lebar gigi

Adapun hasil kalkulasi setiap pasangan roda gigi dari persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

**Tabel 8.** Hasil perhitungan kekuatan gigi

Parameter	Penggerak	Pengikut
Transmisi tingkat 1		
$S_F$	10,9	10,51
$S_H$	1,15	1,1
Transmisi tingkat 2 (percepatan)		
$S_F$	6,54	6,54

$S_H$	1,5	1,5
Transmisi tingkat 2 (perlambatan)		
$S_F$	6,3	6,26
$S_H$	1,14	1,18

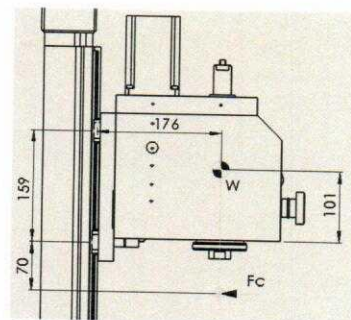
Dengan bantuan *software engineering* untuk perhitungan elemen transmisi, didapat hasil analisis setiap poros adalah sebagaimana ditunjukkan pada tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil perhitungan poros

Perhitungan	Hasil
Poros 1	
$\sigma_v$ (N/mm <sup>2</sup> ) Von Misses	3,27
$f_{maks}$ ( $\mu$ m)	8,04
Sf (fatigue)	Not calculated
Critical Speed	Not calculated
Poros 2	
$\sigma_v$ (N/mm <sup>2</sup> ) Von Misses	1,61
$f_{maks}$ ( $\mu$ m)	7,68
Sf (fatigue)	Not calculated
Critical Speed	Not calculated
Poros Spindel	
$\sigma_v$ (N/mm <sup>2</sup> ) Von Misses	38,77
$f_{maks}$ ( $\mu$ m)	10,74
Sf (fatigue)	Not calculated
Critical Speed	Not calculated

*Safety Factor* dan *critical speed* tidak ditelusuri lebih lanjut, karena hasil perhitungan terhadap tegangan yang terjadi masih jauh dari batas izin materialnya.

Analisis *linear guide* hanya dilakukan pada *axis Z* saja, karena resultan beban yang terbesar terjadi pada *axis* tersebut. Kondisi pemasangan *linear guide* pada *axis Z* diperlihatkan pada gambar 10.



**Gambar 10.** Posisi Pembebanan *Linear Guide Axis Z*

Hasil analisis terhadap *linear guide* pada *axis Z* dapat dilihat pada tabel berikut:

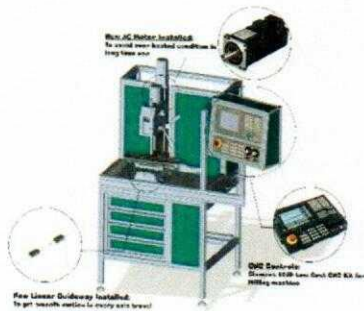
**Tabel 10.** Hasil Perhitungan Beban Statis *Linear Guide*

Parameter	Beban	Sf
Basic static load rating ( $C_0$ )	3,92 kN	21,23
Rolling Moment ( $M_R$ )	0,72 Nm	35,62
Pitching Moment ( $M_P$ )	11,37 Nm	1,01
Yawing Moment ( $M_Y$ )	2,63 Nm	2,85

Dari tabel 10 dapat disimpulkan bahwa terdapat hasil *safety factor* yang masih di bawah nilai 3 (untuk mesin perkakas). Sehingga tipe dari linear guide diganti menjadi MGN12H yang mempunyai spesifikasi yang serupa dengan tipe sebelumnya. Sehingga diperoleh nilai *safety factor* yang melebihi batas izinnnya.

### Hasil dan Pembahasan

Gambar 11 menunjukkan model 3D hasil dari proses *review design*.



Gambar 11. Model 3D CNC Milling CTU3x

Setelah proses *design review* dilakukan, berikut ini merupakan beberapa simpulan yang menjadi data acuan dalam proses pengembangan selanjutnya pada proses retrofit 2.

- 1) Motor pengganti yang digunakan adalah AC servo motor dengan nomor katalog TSB073 01C. Dengan perubahan ini, perlu dibuat *flange* dudukan sebagai tempat instalasi motor, karena ukuran dari motor yang berbeda dengan motor sebelumnya (gambar 12).

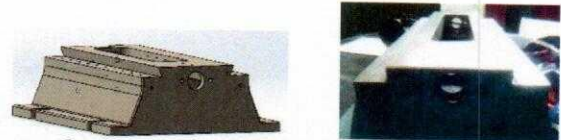


Gambar 12. Penambahan *Flange* Sebagai Dudukan Motor Baru

- 2) Untuk mencapai kecepatan kerja yang diharapkan, dilakukan penggantian terhadap roda gigi tingkat 1 (gambar 13). Hasil analisis pun menunjukkan bahwa pasangan roda gigi tersebut berada pada batas *safety* yang diizinkan. Begitu pula dengan elemen transmisi lain seperti poros yang masih jauh dari batas kritisnya.
- 3) *Linear guide* tipe MGN12H dapat menggantikan sistem *guide prismatic* (gambar 14). Namun, penggantian komponen ini mengharuskan modifikasi terhadap beberapa komponen mesin, terutama untuk menghilangkan bentuk *prismatic guide* dari rangka pada *axis* nya.



Gambar 13. Desain Sistem Spindel



Gambar 14. Modifikasi Salah Satu Axis

Spesifikasi mesin yang mengalami perubahan adalah sebagai berikut.

Tabel 11. Spesifikasi Hasil *Design Review*

Specification	Value
Spindle nose taper (tool holder)	MK2 / MT2
Max. Spindle speed	4030 U/min
Motor Power (100%)	0,3 kW
X-axis travel	190 mm
Y-axis travel	140 mm
Z-axis travel	220 mm
Work feed X/Y/Z	0-2 m/min
Max. Table load	10 kg
Jenis Guide	Linear Guide

Dengan spesifikasi tersebut di atas, performa mesin yang dapat dicapai adalah sebagai berikut.

Tabel 12. Performa hasil *design review*

Diameter Cutter (mm)	HSS	Carbide
3	✓	✗
4	✓	✗
5	✓	✗
6	✓	✗
8	✓	✓
10	✓	✓
12	✓	✓
14	✓	✓
16	✓	✓
20	✓	✓

Keterangan:

✓ = disarankan

✗ = tidak disarankan

Dengan kedalaman pemakanan hingga 2,6 mm untuk alat potong HSS dan 1 mm untuk alat potong *carbide*.

### Referensi

- [1] The Association For Manufacturing Technology, 2002. A Technology Roadmap for The



Machine Tool Industry, Technology Issues  
Committee of AMT: USA.

- [2] Information on [design.engineering.dal.ca/sites/default/files/studentresources/files/design\\_reviews.pdf](http://design.engineering.dal.ca/sites/default/files/studentresources/files/design_reviews.pdf) (diakses pada Juli 2017).
- [3] Information on <http://www.hyperhot.com/pmdesreviews.htm> (diakses pada Juli 2017).
- [4] System Engineering Fundamentals, 2001. Department of Defense, System Management College: Fort Belvoir, Virginia.
- [5] Wittel, H. dkk., 2013. Roloff/Matek Maschinenelemente, Springer Vieweg, Germany.
- [6] Wittel, H. dkk., 2013. Roloff/Matek Maschinenelemente: Tabellenbuch, Springer Vieweg, Germany.