

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI TERAPAN 2017

“Membangun Sinergitas Pendidikan Vokasi untuk Menghasilkan SDM yang Tangguh dan Profesional bagi Indonesia yang Lebih Baik”

Yogyakarta, 11 November 2017



JILID II

Kluster Sain dan Teknologi

Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
2017

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI TERAPAN (SNTT 2017)

ISBN 978-602-1159-27-9

2017 oleh:

Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Hak Publikasi dilindungi oleh Undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian maupun seluruh isi prosiding ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis penerbit.

Susunan Panitia Seminar Nasional Teknologi Terapan 2017

Steering Committee:

1. Wikan Sakarinto, S.T., M. Sc., Ph.D.
(Dekan Sekolah Vokasi UGM)
2. Capt. Marihot Simanjuntak, MM, M.Mar.
(Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
3. Dr. Silvi Nur Oktalina, S. Hut., M. Sc.
(Plt. Wakil Dekan Bidang Penelitian, Pengabdian Masyarakat dan Hubungan Internasional Sekolah Vokasi UGM)
4. Agus Nughoru, S. T., M. T., Ph.D.
(Wakil Direktur Bidang Akademik dan Kemahasiswaan Sekolah Vokasi UGM)
5. Faiz Zamzami, S.E., M.Acc., QIA
(Plt. Wakil Direktur Bidang Keuangan , Aset dan SDM Sekolah Vokasi UGM)
6. Radhian Krisnaputra, S. T., M. Eng
(Plt. Wakil Dekan Bidang Kerjasama, Alumni dan Rencana Strategik Sekolah Vokasi UGM)
7. Nasri, M.T., M.Mar.E.
(Wakil Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
8. Sarifuddin, M.Pd., M.Mar
(Wakil Direktur II Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
9. Capt. Dodik Widarbowo, M.T.
(Wakil Direktur III Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
10. Ir. Budoyo, M.T.
(Kepala Bagian Umum dan Keuangan Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)

Organizing Committee:

- Ketua SNTT : Ir. F. Eko Wismo Winarto, M. Sc., Ph. D
Capt. Sidrotul Muntaha, M.Si., M.Mar.
- Sekretaris : Rina Widiastuti, S.S., M.A.
Leonita
- Bendahara : Hanik, A.Md.
Anik Puji Lestari, S.E.

Seksi – seksi

1. Seminar : Lava Himawan, S.T., M.T.,
Nuryati, MPH.
Paramita Her Astuti, S.E., M.Sc.
Joni Iskandar, A.Md.
Dr. Agus Tjahjono, M.M., M.Mar.E.
Vega F. Andomeda, S.ST., M.Hum,
Sri Purwantini, S.E., S.Pd., M.M.
2. PDD : Alif Subardono, S.T., M.Eng.
Supriadianto, S.S., M.A.
Prihadi Yogaswara
Febriana R.K., S.Par.
Nono Suyanto, S.T.,
Danu Putranto, M.Kom.
Yozar Amrulloh, M.Hum.
Slamet Apriyanto

Ilyas Luhur Pribadi
M. Fauqila

3. Prosiding dan Jurnal : M. Iqbal Taftazani, ST., M. Eng
Alfi Mariyati, S.H.
Allifiant Jerry
Stanil Maa'rif
M N Yusuf Al Q
Mufaiz
4. Perkab : M. Fatkhurozi
M. Iqbal Mulya
5. Acara dan Tim Kreatif : drh. Dela Ria Nesti, M.Sc.
Okvita Wahyuni, S.ST., M.M
Khohar Nurrohmad, A.Md.
Melawati Dewi
Novinana W
Gita Maistika S
6. Akomodasi dan Transportasi : Alif Subardono, S.T., M.Eng.
Ryan Satriana Wiratna, A.Md.
Muhammad. Hasnan Said, A.Md.
M. Alrizka Aprilianto
7. Konsumsi : Retno Galih, A.Md.
Ukien Sri Rejeki, S.E.
8. Kesekretariatan : Desi Aryani, S.E., M.M.
Giska Manikasari, S.Hut., M.Sc.

Tim Editor Seminar Nasional Teknologi Terapan 2017

1. Rina Widiastuti, S.S., M.A. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
2. Giska Parwa Manikasari, S.Hut., M.Sc. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
3. Prihadi Yogaswara, S.T., M.Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
4. Muhammad Iqbal Taftazani, S.T., M.Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
5. Dr. Silvi Nur Oktalina, S.Hut., M.Si. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
6. Vega F. Andomeda, S.ST., M.Hum (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)

Tim Reviewer Seminar Nasional Teknologi Terapan 2017

1. Nur Rohman Rosyid, S.T., M.T., D.Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
2. Muhammad Arrofiq, S.T., M.T., Ph.D. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
3. Ma'un Budiyo, S.T., M.T. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
4. Hidayat Nur Isnanto, S.T., M.Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
5. Isnan Nur Rifai, S.Si., M.Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
6. Budi Sumanto. S.Si., M.Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
7. Alif Subardono, S.T., M.Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
8. Ardhi Wicaksono Santoso, S.Kom., M.Sc. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
9. Lava Himawan, S.T., M.T. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
10. Nursyamsu Hidayat, Ph.D. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
11. M. Iqbal Taftazani, S.T., M.Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
12. Ir. F. Eko Wismo Winarto, M.Sc. Ph.D (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
13. Harjono, ST., MT. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
14. Ghifari Yuristiadi, S.S., M.A. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
15. Nuryati, MPH. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
16. Rita Dian Pratiwi, M.P.H. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
17. Paramita Her Astuti, S.E., M.Sc. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
18. Dela Ria Nesti. Drh., M.Sc. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
19. Puji Lestari, S.Hut., M.Sc. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
20. Dr. sc. Tech. Adhy Kurniawan, S.T. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
21. Muhammad Affan Fajar Falah, Dr. STP., M.Agr. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
22. Iman Haryanto, S.T., M.T., Dr. Eng. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
23. Latri Wihastuti, S.E., M.Sc. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
24. Dr. Ir. Suryo Darmo, M.T. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
25. Ir. F.X. Sukidjo, M.T. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
26. Ir. Prijono Nugroho. MSP., Ph.D. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
27. Soedgihardo Siswantoro, Ir., M.T. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
28. Prof. Dr. drh. Ida Tjahajati, M.P. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
29. Dr. Endang Soelistyowati, M.Pd. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
30. Waluyo, S.S., M.Hum. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
31. Dr. Nurul Khakhim, M.Si. (Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)
32. Dr. Ikhsiroh El Husana (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
33. Dr. Winarno, S.ST., M.H. (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
34. Vega Fonsula A, S.ST., S.Pd., S.Hum. (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
35. Nur Rohmah, S.E., M.M. (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
36. Sri Purwantini, S.E., S.Pd., M.M. (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)
37. Dr. A. Agus Tjahjono, MM., M.Mar.E. (Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas karunia dan rahmat-Nya, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan 2017 yang diselenggarakan atas kerjasama Sekolah Vokasi UGM dan Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang dapat diterbitkan. Dalam prosiding ini disajikan berbagai informasi tentang berbagai strategi untuk meningkatkan kemampuan dalam melakukan penelitian serta penerapan hasil-hasil penelitian di berbagai bidang Teknologi Terapan.

Prosiding seminar nasional ini merupakan kumpulan makalah hasil seminar yang disusun dengan tujuan memberikan informasi pengetahuan diberbagai bidang terutama teknologi terapan. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan teknologi, penelitian menjadi bagian dalam mengembangkan ilmu pengetahuan untuk kesejahteraan umat manusia. Kami berharap dengan adanya publikasi prosiding ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan ilmu pengetahuan oleh para akademisi, pemerintah maupun masyarakat umum yang memerlukan informasi atau bahan berkaitan dengan bidang teknologi terapan.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penerbitan prosiding ini. Kami menyadari bahwa perbaikan masih banyak diperlukan. Untuk itu kami mengharap saran dan kritik agar dalam penerbitan selanjutnya menjadi lebih baik.

Yogyakarta, November 2017
Redaksi
Prosiding Seminar Nasional SNTT 2017

DAFTAR ISI

Analitis Visual Gasetir Geonames Indonesia Menggunakan Carto JS (Wahyu Marta Mutiarasari, Dany Puguh Laksono)	1
Pengaruh Laju Pemanasan Terhadap Rendemen dan Kualitas Produk Pirolisis Sampah Plastik <i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i> (Muhammad Sigit Cahyono, Ratih Puspita Liestiono, Wira Widyawidura, Agus Prasetya, Mochamad Syamsiro)	10
Penerapan <i>Adaptive Soft Thresholding</i> pada Sinyal <i>Phonocardiogram</i> (Eka Sari Oktarina, Ira Puspasari)	19
<i>Fuzzy Multi Attribute Decision Making (FMADM)</i> dengan <i>Simple Additive Weighting (SAW)</i> dalam Sistem Penunjang Keputusan Pemilihan Vendor Desain Grafis (Anita Diana, Dyah Retno Utari)	30
Perancangan Dinamometer Skala Kecil untuk Pengujian Karakteristik Gesek Bahan Blok Rem Kereta Api (Rizal Akhmad Bukhori, Eko Surojo, dan Nurul Muhayat)	43
Desiminasi Alat Bantu Sadap Karet dengan Pengaturan Kedalaman, Ketebalan Dan Kemiringan Sudut Sadap (Herdi Susanto, Hanif)	54
Rancang Bangun <i>Data Warehouse</i> Universitas Halu Oleo Menggunakan Model <i>Stars Schemas</i> (Natalis Ransi, Rahmat Ramadhan, Adha Mashur Sajiah, Alimuddin, La Surimi)	64
Analisis Perbandingan Algoritme <i>Dijkstra</i> pada <i>Openflow</i> Versi 1.2 dan 1.3 <i>SDN</i> dengan Menggunakan <i>Ryu Controller</i> (Merry Rachel, Ronald Adrian)	70
Implementasi dan Analisis Kinerja <i>Routing BGP (Border Gateway Protocol)</i> pada Jaringan <i>Sdn (Software Defined Network)</i> (Wakhid Rahmani Nugroho, Ronald Adrian)	77
Sistem Informasi Tempat Penitipan Anak/ <i>Daycare</i> (Ira Prasetyaningrum, Kholid Fathoni, Choirunnisa Lutfi Hariyati)	85
Implementasi Aplikasi Dashboard untuk Pengelolaan Dana Anggaran Desa Rambatan Kulon Kecamatan Lohbener Kabupaten Indramayu (Ahmad Lubis Ghozali, Eka Ismantohadi, Iryanto, Munengsih Sari Bunga)	97
Perbandingan Kinerja Simulator Gelombang Elektromagnetik Tak Berbayar dengan Metode Beda Hingga Domain Waktu untuk Perancangan Antena Mikrostrip (Iswandi, Eny Sukani Rahayu)	106
Pengembangan Sensor Tertanam untuk Mendeteksi Deformasi Balok Beton Ramah Lingkungan (Gandjar Pamudji, Farida Asrini, Retno Supriyanti)	
Lini Produksi Sarana Penyimpan Beras (SPB) (Jata Budiman, Yuliar Yasin Erlangga, Ismail Rokhim)	122
Penggunaan Pembagi Tegangan Rendah untuk Mengukur Tegangan yang Lebih Tinggi (Bambang Sugiyantoro, M. Nur Aziz, T.Haryono)	133
Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas untuk Prediksi Tsunami (Medi)	142
Design And Development Of A Transmission System For An Agricultural Transportation Vehicles (Asep Indra Komara, Bayu Pratama Adikara, Readya Adhiwidya Respati, Antonius Adi Soetopo)	151
Aplikasi <i>Object-Based Image Analysis</i> untuk Identifikasi Awal Permukiman Kumuh Menggunakan Citra Satelit <i>Worldview-2</i> (Prima Widayani, Iswari Nur Hidayati)	163

Gap Analysis For Preventing Ship Accident Under Pre Condition For Unsafe Act On Ship Operation (Antoni Arif Priadi, Dwi Anton)	171
Analisis Penerapan Pembelajaran Daring pada Mata Kuliah Jaringan Komputer dengan <i>Metode Massive Open Online Course</i> (Warsun Najib)	184
Implementation Of Xbee Routing Protocol On The Fire Detector Based On Wireless Sensor Network (Yazid Ihsan, Muhamad Arrofiq)	194
Analisis Performa Algoritme Manajemen <i>Bandwidth Hierarchical Fair Services Curve</i> (HFSC) dan <i>Hierarchical Token Bucket</i> (Htb) pada Jaringan SDN (Muhammad Nashih Ulwan, Ronald Adrian)	207
Literasi Komputer SDM Kantor Kementerian Agama Kabupaten Lampung Tengah (Sufi Oktifiani, Adhistya Erna Permanasari, Eko Nugroho)	214
Sistem Pengering Kelom Geulis Berbasis Mikrokontroler dengan Tiga Sisi Berpemanas Pipa (Edvin Priatna, Suyudi)	223
Pembuatan Prototipe Aplikasi Distribusi Pangan Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) (Henny Medyawati, Budi Setiawan, Ega Hegarini, Imam Ahmad Trinugroho)	229
Kerangka Kerja Konseptual Pemetaan Data dan Layanan Data pada Arsitektur Mantra Kementerian Komunikasi dan Informatika (Paras Trapsiladi, Lukito Edi Nugroho, Sri Suning Kusumawardani)	239
Implementation Of Zigbee Safety Using <i>Advanced Encryption Standard</i> On <i>Smart Home Security</i> (Andy Sukarno Putro, Ronald Adrian)	249
Perancangan Pesawat Udara Tanpa Awak Sayap Tetap Mikro Untuk Keperluan Foto Udara (Setyawan Bekti Wibowo, Fajar Tri Warseno)	256
<i>Clustering</i> Stok Obat pada Rumah Sakit Hewan (Abi Mahan Zaky, Adhistya Erna Permanasari, Gunadi Emmanuel)	267
<i>It Process</i> dari Cobit 5 untuk Audit Sistem Informasi Keuangandalam Audit Laporan Keuangan (Aris Irwanto, Lukito Edi Nugroho, Eko Nugroho)	273
<i>Monitoring</i> Tata Kelola Teknologi Informasi Menggunakan Kerangka Kerja Cobit 5 (Proses EDM01) pada Mahkamah Agung RI (Misbah, Sasongko Pramono Hadi, Eko Nugroho)	283
Tinjauan Hasil Pelaksanaan Redistribusi Tanah Obyek Landreform di Desa Bantarsari Kecamatan Bantarsari Kabupaten Cilacap (Untung Rahardjo, Prijono Nugroho D., Kartika Vina)	293
Analisis Ketelitian Penentuan Beda Tinggi Secara Trigonometrik Teknik Resiprokal dengan Total Station Akurasi 1” pada Jaringan Titik Kontrol Rute Pendek (Gondang Riyadi, Anindya Sricandra Prasidya)	302
Perhitungan Volume dan Sebaran Sedimentasi Waduk Sermo Berdasarkan Kondisi Awal Pembangunan dan Keadaan Terkini di Tahun 2016 (Bambang Kun Cahyono, Waljiyanto, Oktavinno Permadi, Rofika Dyah Maharani)	312
Kajian Eksperimental Pemanfaatan <i>Twisted Tape Insertion</i> dalam <i>Concentric Tube Heat Exchanger</i> untuk Aliran Fluida Nano Tio ₂ /TermoxT 32 (Yosephus Ardean Kurnianto Prayitno, Braam Delfian Prihadianto, Suhanan, Ardi Wiranata)	323
Visualisasi pada Webgis Hasil Penarikan Batas Menggunakan <i>Plugin Eqdistant</i> Sebagai Alternatif Penyelesaian Sengketa Batas (Studi Kasus Kawah Ijen) (Rochmad Muryamto, Annisa Farida)	332

Kekuatan Lentur Komposit Resin-Granit dengan Penguat Kawat Baja (Suryo Darmo, Braam Delfian Prihadianto)	339
Comparison Of Kelud Mountain Volcanic Ash, Portland Cement And Limestone As Filler For Marshall Value Asphalt Concrete Mixture (Heru Budi Utomo, Nursyamsu Hidayat)	343
Penilaian Metode Ekstraksi <i>Digital Terrain Model</i> (DTM) dari Akuisisi Data dengan UAV pada Berbagai Kondisi Medan (Warsini Handayani, Efrinda Ari Ayuningtyas)	353
Analisis Serviceability Index Fasilitas Pejalan Kaki (Nursyamsu Hidayat, Iman Haryanto)	368
Unjuk Kerja Alat Pengering Cengkeh Tipe <i>Sliding Tray</i> Lima Tingkat (Susanto Johannes, Felix Eko Wismo Winarto)	373
Studi Unjuk Kerja Alat Pengering Jagung Tipe Kabinet (Soeadgihardo Siswantoro, Susanto Johannes)	379
Ketahanan Aus Blok Rem Metalik Setelah Proses Perlakuan Panas (Lilik Dwi Setyana, Tarmono)	387
Pengaruh Keausan Mekanisme Trotel Katup Terhadap Kinerja Mesin Bensin (Fransiskus Xaverius Sukidjo, Andr. Surjaka Isp)	393
Investigasi Panjang Sungai Bermeander pada Perkembangan Morphologinya dengan Menggunakan Analisis Data Lapangan, Foto Penginderaan Jauh dan Analisis Fisika Matematik (Agus Maryono, Adhy Kurniawan)	400
Penentuan Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Kalibrasi Putaran <i>Centrifuge</i> Menggunakan Metode Non Kontak (Galih Setyawan, Agus Trihantoro)	414
Studi Perbandingan Pengendalian Posisi Servomotor Menggunakan Teknik Kendali Fuzzy <i>Logic</i> dan Teknik Kendali PID (Rella Mareta, Ariesta Martiningtyas H, Rendra Dwi Firmansyah)	419
Sifat Fisika Mekanika Papan Partikel dari Kulit Kacang Tanah Menggunakan Perekat Asam Sitrat (Agus Ngadianto, Ganis Lukmandaru, Dhuria Maulidya Sari, Utari Mardatillah, Dera Farah Fitria)	430
Desain Bahu Jalan dengan Mempertimbangkan Daya Dukung Samping dan Repetisi Lalulintas (Iman Haryanto, Suwardo)	438
Land Surface Classification Using Small Unmanned Aerial Vehicle (Suav) With The Height Variation Of Captured Aerial Images (Ardhi Wicaksono Santoso, Rella Mareta)	445
Optimasi <i>Gimbal Camcorder Stabilizer</i> dengan 3 Derajat Kebebasan Menggunakan Kendali Logika <i>Fuzzy</i> (Prima Asmara Sejati, Muhammad Rifqi Al Fauzan, Sofyan Nur Hanafi, Fuad Dwi Atmaja)	453
Prediksi Pemilihan Minat Mahasiswa D3 Komputer dan Sistem Informasi dengan Deep Learning (Muhammad Fakhurrifqi, Rian Adam Rajagede, Anindita Suryarasmii)	461
Efektivitas Penggunaan Jenis Lampu Bersumber Tenaga Surya untuk Ruang Parkir (Lukman Subekti, Daroto, Suyoto)	466
Respons Semai Jati (<i>Tectona Grandis</i>) Unggul Terhadap Beberapa Tingkat Konsentrasi Unsur Hara (Puji Lestari, Handojo Hadi Nurjanto)	475
Akurasi <i>Draft Survey Report</i> di MV. Jupiter Ace (Martedi Suwiyadi, Yazid Midkholi)	481
Pendistribusian Pelaksanaan Bongkar Muat Muatan Avtur di Mt. Sinar Emas (Bella Octavia Sahara, Marthedi Suwiyadi)	492
Analisis Tekanan Tangki Terhadap Muatan LPG <i>Mix</i> Pada Saat Bongkar di Atas Kapal <i>Fully Pressurized Lpg Carrier</i> (Vega Fonsula Andromeda, Deni Malik Ibrahim)	506

Pengaruh Normalising pada Besi Cor Kelabu Variasi Karbon Ekuivalen (Suryo Darmo, Lilik Dwi Setyana, Nugroho Santoso, Tarmono)	515
Penggunaan Daily Operation Report Guna Mengawasi Pemakaian Bahan Bakar Minyak di Kapal Fos Gemini (Susilo, RAJ, Dwiatmojo, Purnomo, Anggraeni, Liza Yuyun)	522
Pengaruh Kekerasan Baut dan Kurang Presisinya Lubang Drill Terhadap Kekuatan Sambungan pada Konstruksi Baja (Subarmono, Basuki Rachmat, Kosasih Ryan Kurniawan)	536
Rancang Bangun Mesin Shredder untuk Mencacah Limbah Botol Plastik (Ignatius Aris Hendaryanto, Andhi Akhmad Ismail, M. Agus Andrianto, Andri Defy Nugroho)	541
Sistem Informasi Peta Wisata Provinsi Jawa Tengah (Wasino, Jap Tji Beng)	546
Kekuatan Tarik Komposit Pla-Resin Hasil Teknologi <i>Fused Deposition Modelling</i> (Braam Delfian Prihadinto, Suryo Darmo)	555
Pengembangan Mesin Uji Aus untuk Sendi Lutut Buatan (Benidiktus Tulung Prayoga, Suyitno, Rini Dharmastiti)	562
Pengolahan Bahasa Alami untuk Penerjemahan Keluhan pada Anamnesis dalam Bentuk Teks atau Suara (Pradipta Yuwono)	568
Prediksi Bentuk <i>Chip</i> pada Pemotongan Baja dengan Pahat <i>High Speed Steel</i> (Budi Basuki, Lilik Dwi Setyana)	578
Laju Regangan Bahan Polietilin (Tarmono, Fransiskus Xaverius Sukidjo)	583
Studi Perubahan <i>Coulomb Stress</i> antar Gempabumi Tektonik Sebagai Mitigasi Gempabumi (Studi Kasus Gempabumi Tektonik Wilayah Garut Jawa Barat) (Fitri Puspasari, Tika Erna Putri)	588
Pengaruh Pemanasan Solar dan Variasi Tekanan Injeksi Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel Cummins 4 Silinder 3900 cc (Harjono, Fx. Sukidjo)	594
Pengaruh Ukuran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Kecepatan Aliran Air pada Beton Permeabel (Agus Kurniawan, Dian Sestining Ayu)	600
Kajian Green Building pada Gedung Departemen Teknik Sipil (DTS) Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (<i>Green Building Study on the Building of Civil Engineering Departemen Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada</i>) (Syaukat Ali, Suwardo)	609
Implementasi Energi Terbarukan di Departemen Teknik Elektro dan Informatika Sekolah Vokasi UGM (Ma'un Budiyanto, Dhanis Woro Fittrin Selo NG, Muhammad Falah Rohdian)	616
Pengaruh Modifikasi Sistim Pengapian Standart dengan Sistim Pengapian Racing Terhadap Kualitas Gas Buang pada Mesin Daihatsu Xenia LI 1000 (Greg. Sukartono, Harjono)	624
Penggunaan <i>Filament</i> PLA Pengganti Material Lilin dalam Pembuatan Pola pada Pengecoran <i>Investment</i> Material Coran Aluminium (Nugroho, Bambang)	629

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A TRANSMISSION SYSTEM FOR AN AGRICULTURAL TRANSPORTATION VEHICLES

Asep Indra Komara¹, Bayu Pratama Adikara¹, Readya Adhiwidya Respati¹,
Antonius Adi Soetopo²

¹Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung, Indonesia

²Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung, Indonesia

Email:asep.indra@polman-bandung.ac.id/

ABSTRACT

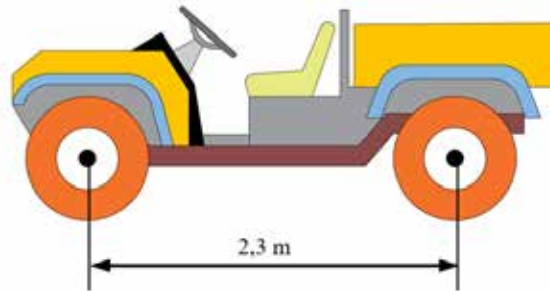
The transmission system is an important part for transmitting power from engine to the wheels of the vehicle. This function is done by gearbox. The purpose of this design and development is to produce a prototype gearbox system for agricultural transportation vehicles with a 750 kg transport capacity. The preparation of the gearbox system for agricultural transportation vehicles requires complex engineering skills, ranging from designing, material selection, production planning, component manufacturing, measurement, assembly, to prototyping for testing. The gearbox must be capable of producing four forward speeds and one reverse speed on the vehicle. This technology must be mastered well in advance to be able to develop agricultural transportation vehicles. Development of this gearbox system will be done by reverse engineering technology using all facilities in POLMAN Bandung. Through this research, the mastery of technology design and manufacture of gearbox system can be well controlled. Based on the study, it was found that the total gearbox ratio for gear1 was 3.272; gear2 2.143; gears3 1.364; gear4 1 and reverse gear 3,264. Maximum input torque on the gearbox is 58 Nm and it will be transferred to the wheel become 1871 Nm.

Keywords: gearbox, agricultural vehicle, reverse engineering

1. PENDAHULUAN

Ditunjuknya POLMAN Bandung sebagai *center of technology* dari pengembangan industri alat angkut dalam program MP3EI (Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia) menyebabkan lahirnya Pusat Pengembangan Power Train Otomotif (P3TO). Pengembangan alat angkut yang dimaksud adalah alat angkut serbaguna (utility vehicle) di lahan pertanian maupun alat angkut untuk keperluan khusus (special purpose vehicle) bukan alat angkut orang. Proses pengembangan kendaraan transportasi pertanian ini dilakukan secara bertahap dimulai dengan menguasai proses desain dan manufaktur sistem *gearbox*, sistem sasis (*Chassis system*), *body*, dan elemen-elemen *powertrain* lainnya. Sistem transmisi *gearbox* merupakan bagian yang penting untuk mentransmisikan daya dari mesin ke roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi spesifikasi format dan rancangan sistem transmisi adalah tipe roda penggerak kendaraan, mesin, dan lingkungan operasi (Naunheimer, H., 2010). Target utama pada pengembangan sistem transmisi kendaraan adalah mengkonversi tenaga dari mesin ke traksi kendaraan se-efisien mungkin yang bisa dilakukan dengan batasan beberapa kecepatan di jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan prototip sistem *gearbox* untuk kendaraan angkut pertanian yang mampu memberikan keluaran daya yang besar sesuai kebutuhan di wilayah pertanian Indonesia.

Format dan desain sistem transmisi pada dasarnya ditentukan oleh desain kendaraan, jenis mesin, dan penggunaan yang dimaksudkan. Konsep desain kendaraan Polman Utility Vehicle secara umum dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

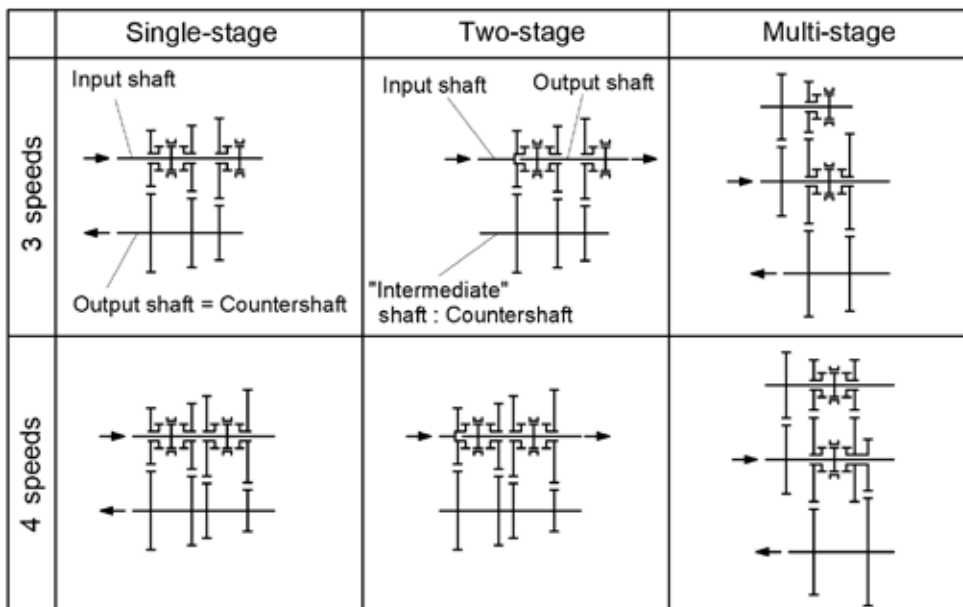


Gambar 1. Konsep dasar Kendaraan *Polman Utility Vehicle*

Pengembangan kendaraan yang dilakukan saat ini adalah meningkatkan kemampuan angkut kendaraan dari 500 kg menjadi 750 kg, menambah jumlah kecepatan yang semula dua kecepatan menjadi empat kecepatan dan mengupayakan proses pemindahan gigi yang semula harus dilakukan dalam keadaan berhenti menjadi dapat dilakukan dalam keadaan berjalan. Oleh karena itu, dibutuhkan rancangan *gearbox* baru yang mampu melakukan perpindahan gigi dalam kondisi kendaraan bergerak dan mampu menghasilkan torsi yang besar untuk mengangkut beban sebesar 750 kg.

Dasar konstruksi *gearbox*

Transmisi roda gigi dikategorikan berdasarkan desain teknisnya atau jumlah langkah rasio yang membentuk roda gigi individualnya, yaitu 1) *single-stage transmissions*, 2) *two-stage transmissions*, 3) *multi-stage transmission*. Ketiga jenis transmisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi langkah rasio untuk *gearbox* 3-kecepatan dan 4-kecepatan

Roda Gigi

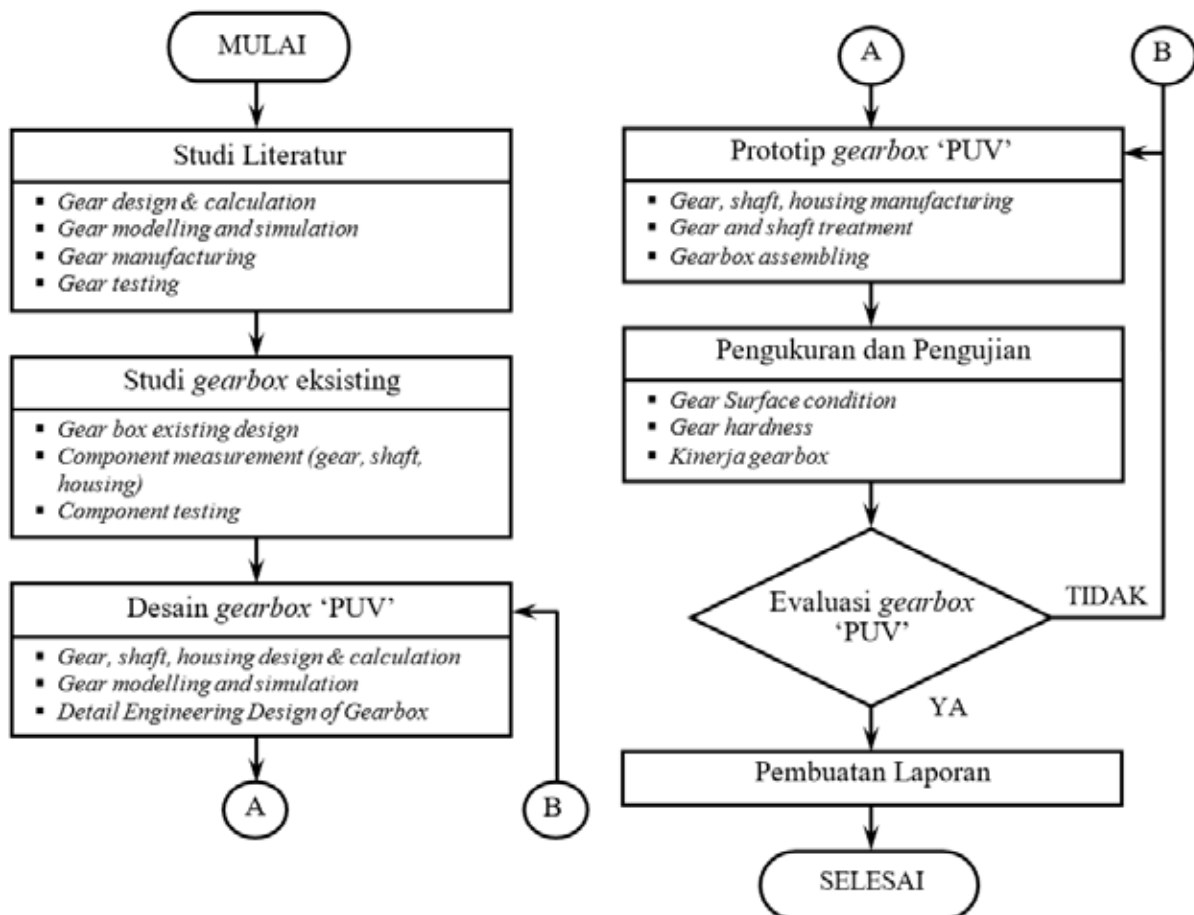
Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar yang berguna untuk mentransmisikan daya. Roda gigi memiliki gigi-gigi yang saling bersinggungan dengan gigi dari roda gigi yang lain. Data geometri roda gigi yang penting diantaranya adalah jumlah gigi, modul, diameter tusuk, sudut tekan, diameter dasar, diameter kaki, diameter luar, jarak poros dan rasio kontak. Pada kebutuhan tertentu, roda gigi mengalami perubahan geometri dikarenakan adanya pergeseran profil (koreksi). Pergeseran tersebut menyebabkan bentuk profil gigi berubah sesuai dengan nilai faktor pergeseran profilnya.

Hubungan Antara Beban Pada Roda Gigi Dengan Daya Angkut

Beberapa faktor penting yang perlu di cek pada perancangan konstruksi *gearbox* adalah faktor kerja, faktor dinamik, faktor lebar roda gigi, faktor distribusi beban, dan faktor kumulatif yang mempengaruhi pembebanan. Selain itu pembebanan yang terjadi pada roda gigi yang juga harus diperhitungkan adalah tegangan pada kaki gigi dan tekanan permukaan.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

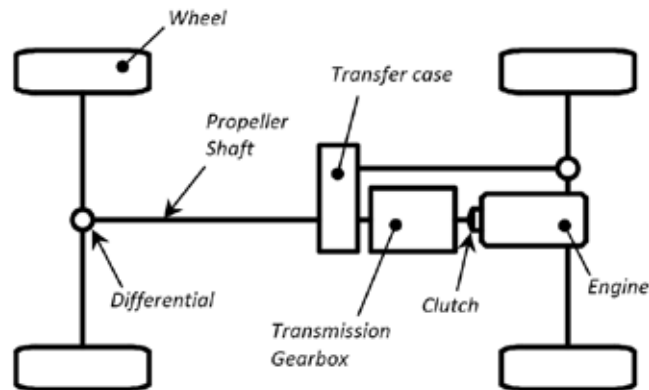
Proses pengembangan *gearbox* dimulai dari mempelajari cara kerja dan spesifikasi *gearbox* eksisting, kemudian dimodifikasi melalui perancangan ulang untuk memenuhi kebutuhan kendaraan transportasi pertanian yang akan dibuat di POLMAN Bandung. Metode yang digunakan untuk mempelajari kondisi *gearbox* eksisting adalah dengan cara membongkar *gearbox*, mengukur komponen *gear*, *shaft*, *housing*, memeriksa kekerasan roda gigi (RG) dan memeriksa kondisi permukaan RG. Selanjutnya melakukan proses desain *gearbox* baru dengan spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan POLMAN *Utility Vehicle* (PUV) yang akan datang. Proses desain meliputi perancangan dan perhitungan RG dan Poros, pemilihan material, pemodelan, simulasi, dan menyediakan dokumentasi teknik *gearbox* PUV secara lengkap. Langkah selanjutnya adalah melakukan proses manufaktur sistem *gearbox* untuk mendapatkan prototip. Prototip *gearbox* ini selanjutnya diperiksa dan diuji unjuk kerjanya. Langkah-langkah dalam kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Tahapan desain dan pengembangan transmisi *gearbox*

3. Hasil dan pembahasan

Desain dan pengembangan sistem transmisi kendaraan transportasi pertanian yang akan dikembangkan di POLMAN Bandung akan mengacu pada jenis kendaraan dengan empat penggerak. Layout konsep desain kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Layout sistem transmisi kendaraan *POLMAN Utility Vehicle*

Kajian yang akan dibahas saat ini adalah desain dan pengembangan sistem transmisi *gearbox* (*transmission gearbox*). Sistem transmisi yang dikembangkan memiliki empat kecepatan maju dan satu kecepatan mundur.

Studi *Gearbox* Eksisting

Kegiatan desain dan pengembangan sistem transmisi *gearbox* dimulai dengan melakukan studi pada *gearbox* standar yang ada dipasaran. Langkah-langkah yang dilakukan adalah membongkar *gearbox*, melakukan pengukuran dan pembuatan sketsa, pemeriksaan dimensi; kontur; kekasaran; dan kekerasan, selanjutnya melakukan pemodelan dengan sistem CAD, dan terakhir melakukan perakitan kembali *gearbox*, lihat Gambar 5 dan Gambar 6.



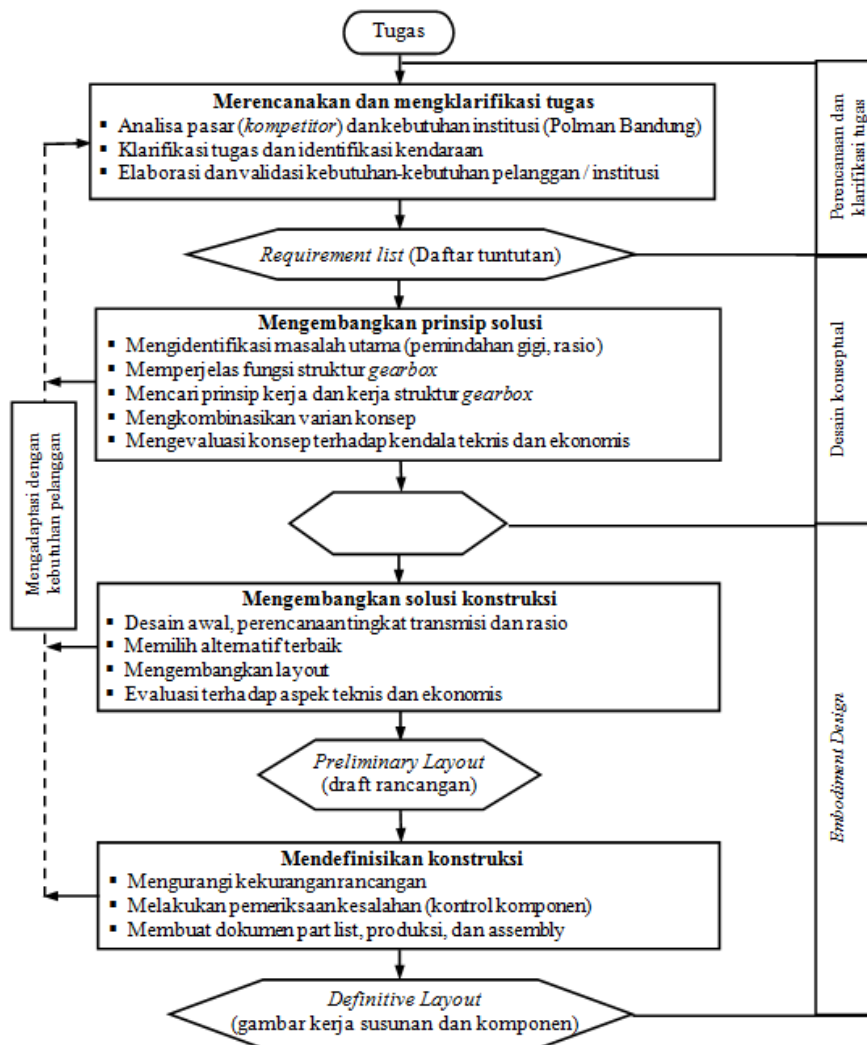
Gambar 5. Proses rekayasa balik sistem transmisi *gearbox*



Gambar 6. Pemodelan sistem transmisi gearbox dengan sistem CAD

Perancangan Gearbox POLMAN Utility Vehicle

Setelah mempelajari gearbox eksisting dan melakukan kajian terhadap konstruksi dan kemampuan proses manufaktur untuk setiap komponennya, maka langkah selanjutnya adalah melakukan desain sistem transmisi gearbox untuk kendaraan Polman Utility Vehicle sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Spesifikasi kendaraan akan berdampak pada konstruksi gearbox yang akan didesain. Beberapa spesifikasi diperoleh dari masukan perusahaan yang telah mengembangkan alat angkut transportasi pertanian serupa. Secara umum proses perancangan dilakukan dengan merujuk pada metodologi perancangan yang dikembangkan oleh *pahl and beitz*.



Gambar 7. Aplikasi metodologi perancangan *pahl beitz* pada perancangan gearbox

Secara spesifik, langkah-langkah proses desain *gearbox* yang dilakukan adalah menetapkan daftar tuntutan, menentukan rasio rencana dan tingkat transmisi *gearbox*, menentukan jarak antar poros, menentukan jumlah gigi, melakukan kontrol perhitungan beban-beban dan merancang sistem pemindah gigi.

1) Daftar Tuntutan

Tabel 1. Daftar tuntutan PUV dan *gearbox Polman Utility Vehicle*

No	Kriteria	Kuantifikasi
A Kendaraan Polman Utility Vehicle		
1	Massa total kendaraan (m)	2500 kg
2	Pemindahan gigi	Manual dan dalam keadaan berjalan
3	Jarak sumbu roda (l)	2300 mm
4	Kecepatan kendaraan gigi 1 (v_1)	9 km/jam
5	Kecepatan kendaraan gigi 2 (v_2)	14 km/jam
6	Kecepatan kendaraan gigi 3 (v_3)	22 km/jam
7	Kecepatan kendaraan gigi 4 (v_4)	30 km/jam
8	Kecepatan kendaraan gigi mundur (v_R)	9 km/jam
9	Jari-jari Roda (R_w)	315 mm
10	Rasio differential (i_d)	5,38
11	Rasio <i>transfercase</i> (i_{TC})	2,34
B Gearbox Polman Utility Vehicle		
1	Dimensi maksimum <i>gearbox</i>	600 mm x 500 mm x 400 mm
2	Torsi input maksimum	58 Nm
3	Rpm input maksimum	3200 rpm
4	Sistem pelumasan	Bak (rendam) dengan oli ISO VG 320/SAE 90
5	Pemasangan (<i>mounting</i>)	Flange <i>mounting</i> ke engine

2) Menentukan rasio rencana dan tingkat transmisi *gearbox*

Berdasarkan layout sistem transmisi kendaraan *Polman Utility Vehicle* yang telah jelaskan pada Gambar 4 diatas dan kecepatan linier kendaraan yang diminta, maka selanjutnya dihitung rasio *gearbox* yang harus didesain. Rasio *gearbox* ditinjau dari kecepatan linier dan putaran pada roda. Dimana kecepatan linier pada roda (V_w) adalah kecepatan angular (n_w) dikali dengan jari-jari efektif roda (R_w). Rasio transmisi *gearbox* mode gigi ke-n dihitung dengan mempertimbangkan kecepatan angular *engine*, kecepatan angular roda, rasio *differential*, rasio *transfer case*, dan rasio *propeller shaft* melalui persamaan :

$$i_{g-n} = \frac{n_{e2}}{n_{wn} i_p i_d i_{TC}}$$

dimana,

- i_{g-n} : rasio transmisi *gearbox* pada mode gigi ke-n
- n_{e2} : kecepatan angular output *engine* saat torsi maksimum [rad/s]
- n_{wn} : kecepatan angular ke-n pada roda [rad/s]
- i_p : rasio transmisi *propeller shaft*
- i_d : rasio transmisi *differensial*
- i_{TC} : rasio transmisi *transfer case*

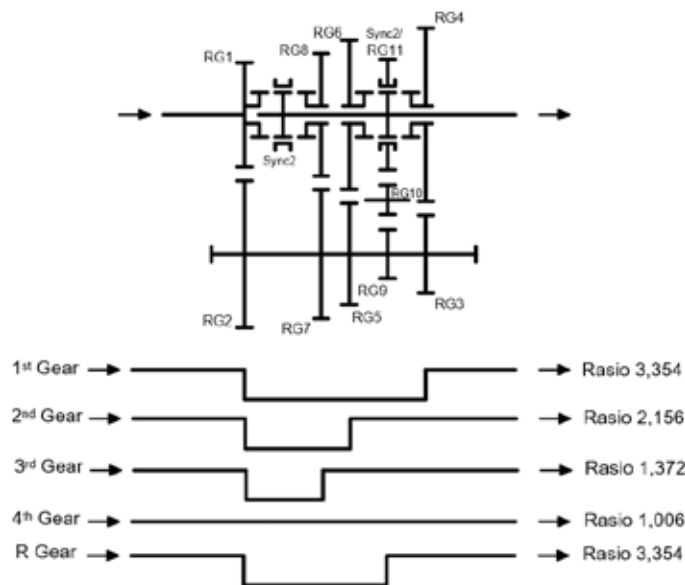
Melalui persamaan 1, rasio setiap gigi 1, 2, 3, 4 dan gigi mundur dapat diperoleh. Rasio *gearbox* rencana saat gigi 1 adalah 3,354; gigi 2 = 2,156; gigi 3 = 1,372; gigi 4 = 1,006; dan gigi mundur = 3,354. Perencanaan tingkat transmisi dilakukan berdasarkan pertimbangan jumlah reduksi *gerbox*. Tingkat reduksi *gearbox* dihitung dengan persamaan berikut (Fisher, R. dan dkk, 2015) :

$$\varphi = n_{s-1} \sqrt{\varphi_s} = n_{s-1} \sqrt{i_1 / i_{ns}}$$

dimana,

- ϕ : jumlah tingkat transmisi minimum untuk jangkauan rasio rencana yang ada
- ϕ_s : perbandingan rasio maksimum dan minimum pada transmisi rencana
- i_1 : rasio maksimum (tingkat reduksi maksimum) pada rasio rencana transmisi
- i_{ns} : rasio minimum (tingkat reduksi minimum) pada rasio rencana transmisi
- n_s : jumlah mode kecepatan pada mode berkendara maju

Melalui persamaan 2 diatas didapat nilai $\phi = 1,494 \approx 2$. Sehingga tingkat transmisi *gearbox* yang direncanakan adalah 2 tingkat dengan 3 poros. Alternatif konstruksi *gearbox* yang dipilih adalah jenis *gearbox coaxial* (poros input dan output sesumbu). Konsep desain *gearbox* yang digunakan dilihat pada Gambar 3.5 berikut:



Gambar 8. Konsep desain *gearbox Polman Utility Vehicle* dan power flow

3) Menentukan jarak antar poros rencana

Berdasarkan konstruksi *gearbox* yang dipilih maka jarak untuk setiap pasangan roda gigi bernilai sama. Nilai torsi rencana maksimum RG1 dan RG2 pada poros keluaran *gearbox* ditentukan dengan persamaan berikut :

$$T'_{O1m} = K_A T_{e2} i_{g1} \quad (3)$$

dimana,

- T'_{O1m} : torsi keluaran *gearbox* maksimum rencana
- K_A : faktor kerja *gearbox* untuk penggerak motor diesel multisiinder
- T_{e2} : torsi engine maksimum
- i_{g1} : rasio maksimum *gearbox* (gigi 1)

Dengan faktor kerja *gearbox* sebesar 2,5 untuk penggerak motor diesel multisiinder, torsi *engine* maksimum 58 Nm dan rasio maksimum *gearbox* RG1 maka diperoleh torsi keluaran *gearbox* maksimum rencana (T'_{O1m}) sebesar 193,3 Nm. Jarak antar poros rencana minimum untuk *gearbox coaxial* dihitung menggunakan persamaan berikut (Naunheimer, H., 2013):

$$a' = 11,483 (T'_{O1m})^{0,271} \quad (4)$$

dimana,

- a' : jarak antar poros rencana

Dengan mempertimbangkan $T'_{O1m} = 193,3$ maka jarak antar poros rencana diperoleh sebesar 47,82 mm ≈ 50 mm. Namun demikian jarak antar poros yang disarankan adalah 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 dan 1600 (Maitra, G., 2001). Jarak antar poros untuk kendaraan *medium duty* adalah 100 – 130 mm (Naunheimer H., 2011). Pada perancangan *gearbox* PUV ini ditetapkan jarak antar poros rencana sebesar 100 mm. Pada tahap awal untuk menentukan geometri roda gigi pada poros input harus menentukan diameter rencana dari poros *input* terlebih dahulu. Diameter rencana poros *input* ditentukan berdasarkan torsi yang terjadi pada poros tersebut akibat dari putaran poros *engine*. Besar torsi dihitung dengan mengalikan torsi *engine* maksimum (T_e) dengan faktor kerja *gearbox* (K_A) sehingga menghasilkan torsi pada poros *input* (T_{in1}) sebesar 145 Nm. Selanjutnya untuk menghitung diameter poros input rencana dilakukan dengan persamaan berikut (Wittel, H., 2013) :

$$dp'_1 = 3,4 \sqrt[3]{2,1 T_{in1} / \sigma_{bd}}$$

dimana,

dp'_1 : diameter poros input rencana
 σ_{bd} : tegangan izin

Dengan menggunakan material poros 42CrMo4 ($\sigma_{bd} = 440$ N/mm²) dan data torsi *engine* maksimum, dan mempertimbangkan faktor konstruksi maka diperoleh hasil diameter poros sebesar 40 mm.

4) Menentukan jumlah gigi tiap pasangan roda gigi

Penentuan jumlah gigi pasangan ditentukan dengan acuan jarak antar poros rencana ($a' = 100$ mm). Sebelum menentukan jumlah gigi tiap pasangan, terlebih dahulu menentukan rasio poros 1 terhadap poros 2 (i_1), maupun rasio poros 2 terhadap poros 3 (i_2). Salah satu jumlah gigi pada roda gigi yang ada diporos 1, 2, atau 3 harus ditetapkan terlebih dahulu. Jumlah gigi penggerak pada poros input yang direkomendasikan $Z_1 \approx 20 - 30$, dipilih $Z_1 = 30$ (Wittel, H., 2013). Selanjutnya melakukan perhitungan jumlah gigi tiap pasangan untuk kondisi gigi 1 (v_1), gigi 2 (v_2), gigi 3 (v_3), gigi 4 (v_4), dan gigi mundur (v_R). Kondisi pasangan roda gigi yang bekerja/aktif pada setiap gigi dapat dilihat pada tabel Tabel 3.2 berikut:

Tabel 2. Pasangan roda gigi untuk setiap kondisi gigi ke-n

No	Kodisi	Pasangan roda gigi
1	Gigi 1 (v_1)	RG1-RG2 dan RG3-RG4
2	Gigi 2 (v_2)	RG1-RG2 dan RG5-RG6
3	Gigi 3 (v_3)	RG1-RG2 dan RG7-RG8
4	Gigi 4 (v_4)	Poros 1 langsung ke poros 3
5	Gigi mundur (v_R)	RG1-RG2, RG9-RG10 dan RG10-RG11

Penentuan jumlah gigi pada RG2 hingga RG11 dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{m(z_n + z_{n-1})}{2}$$

$$z_n = \frac{2a}{m} - z_{n-1}$$

dimana,

a : jarak antar poros
m : modul roda gigi
 z_n : jumlah gigi roda gigi ke-n

Pada tingkat reduksi kedua (i_2) penentuan jumlah gigi dilakukan dengan mempertimbangkan rasio total dan rasio setiap pasangan gigi yang bekerja yaitu, $i_{g-n} = i_1 i_2$. Jumlah gigi untuk setiap pasangan roda gigi yang digunakan pada *gearbox Polman Utility vehicle* dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut :

Tabel 3. Jumlah gigi untuk setiap pasangan roda gigi

	Gigi 1	Gigi 2	Gigi 3	Gigi 4	Gigi Mundur
Rasio gearbox total	$i_{g1} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}$ $i_{g1} = 3,272$	$i_{g2} = \frac{z_2 z_6}{z_1 z_5}$ $i_{g2} = 2,143$	$i_{g3} = \frac{z_2 z_8}{z_1 z_7}$ $i_{g3} = 1,364$	$i_{g4} = 1$	$i_{gR} = \frac{z_2 z_{10} z_{11}}{z_1 z_9 z_{10}}$ $i_{gR} = 3,264$
Rasio reduksi pertama	$i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{50}{30} = 1,667$				
Rasio reduksi kedua	$i_2 = 1,963$	$i_3 = 1,286$	$i_4 = 0,818$	-	$i_5 = 1,125$ $i_6 = 1,741$
Jumlah gigi pada poros countershaft	$z_3 = 27$	$z_5 = 35$	$z_7 = 44$	-	$z_9 = 24$
Poros Idler	-	-	-	-	$z_{10} = 27$
Jumlah gigi pada poros output	$z_4 = 53$	$z_6 = 45$	$z_8 = 36$	-	$z_{11} = 47$

5) Kontrol perhitungan beban-beban yang terjadi pada komponen gearbox

Pembebanan pada tiap elemen transmisi disebabkan oleh gaya luar yang bekerja. Setelah diperoleh parameter masing-masing roda gigi, maka selanjutnya menghitung dan mengontrol gaya-gaya yang bekerja pada roda gigi tersebut. Pembebanan pada setiap roda gigi saat torsi maksimum dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Pembebanan pada roda gigi saat pentransmisian daya

Pasangan Roda gigi	Diameter efektif roda gigi	Gaya Saat Torsi Maks. [kN]		Gaya Saat Rpm Maks. [kN]	
		Tangensial	Radial	Tangensial	Radial
RG ₁ - RG ₂	$d_{tRG1}=75; d_{tRG2}=125$	$F_{t1-2m}=1,55$	$F_{r1-2m}=0,57$	$F_{t1-2}=1,28$	$F_{r1-2}=0,47$
RG ₃ - RG ₄	$d_{tRG3}=67,5; d_{tRG4}=132,5$	$F_{t3-4m}=2,87$	$F_{r3-4m}=1,05$	$F_{t3-4}=2,37$	$F_{r3-4}=0,87$
RG ₅ - RG ₆	$d_{tRG5}=87,5; d_{tRG6}=112,5$	$F_{t5-6m}=2,21$	$F_{r5-6m}=0,81$	$F_{t5-6}=1,83$	$F_{r5-6}=0,67$
RG ₇ - RG ₈	$d_{tRG7}=110; d_{tRG8}=90$	$F_{t7-8m}=1,76$	$F_{r7-8m}=0,64$	$F_{t7-8}=1,46$	$F_{r7-8}=0,53$
RG ₉ - RG ₁₀ - RG ₁₁	$d_{tRG9}=60; d_{tRG10}=67,5; ; d_{tRG10}=117,5$	$F_{t9-10-11m}=3,23$	$F_{r9-10-11m}=1,18$	$F_{t9-10-11}=2,67$	$F_{r9-10-11}=0,98$

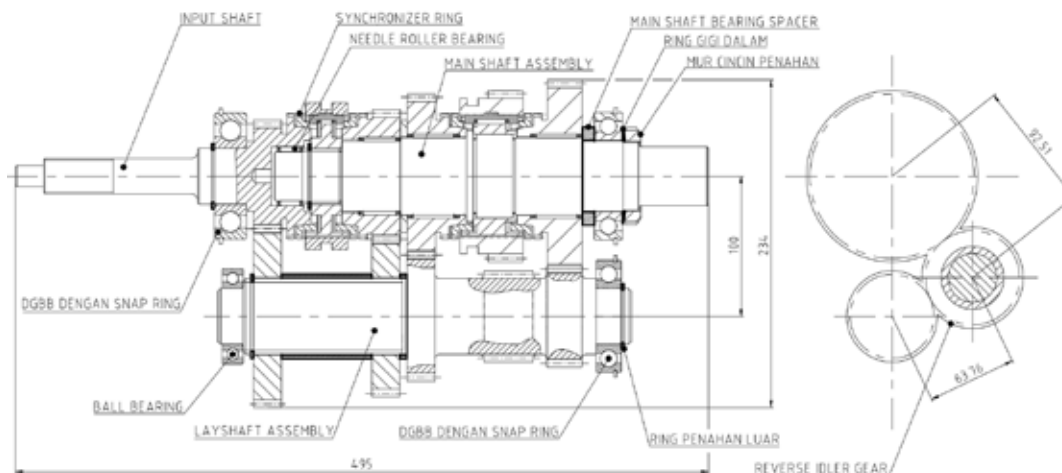
Kontrol kekuatan kaki gigi dan tekanan permukaan gigi dilakukan dengan mempertimbangkan faktor pengali tegangan yang terjadi seperti bentuk gigi, kompensasi untuk tegangan tekan, rasio kontak, jumlah gigi dan koreksi, faktor elastisitas, dan faktor rasio kontak dengan menggunakan metode DIN 3990. Selanjutnya di bandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan bantuan software rekayasa. Data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut :

Desain Model Prototip Gearbox

Proses pemodelan gearbox dilakukan setelah data geometri roda gigi dan komponen poros terdefinisi. Selanjutnya pada proses pengkonstruksian beberapa parameter dimensi dan bentuk dipertimbangkan secara proporsional berdasarkan ketersediaan ruang dengan bantuan software CAD. Gambar 9 berikut mengilustrasikan hasil rancangan konstruksi sistem transmisi gearbox untuk kendaraan transportasi pertanian yang dikembangkan oleh POLMAN Bandung. Gearbox terdiri atas empat buah poros yaitu input shaft, main shaft, layshaft dan idler gear shaft. Jumlah roda gigi yang digunakan sebanyak 11 buah dengan jenis roda gigi yang dipilih adalah roda gigi lurus. Konstruksi gearbox menggunakan dua jenis bantalan yaitu deep groove ball bearing dan needle roler bearing. Agar proses pemindahan gigi dapat dilakukan dalam keadaan berjalan konstruksi gearbox menggunakan sistem synchronizer.

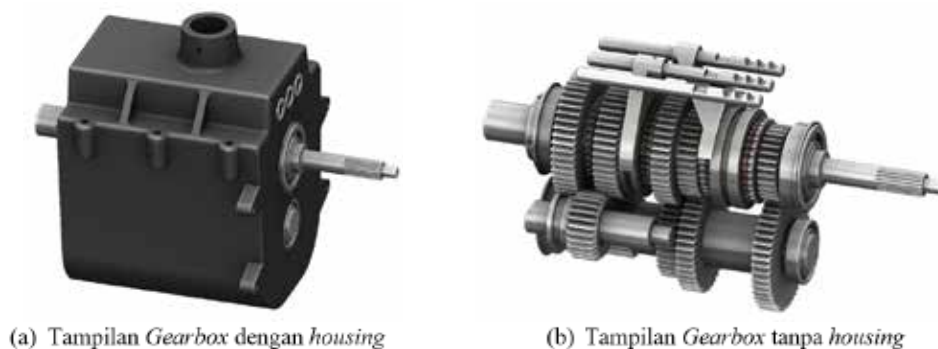
Tabel 5. Data hasil analisis roda gigi secara manual dan *software* rekayasa

Pasangan Roda Gigi	RG	Lebar [mm]	MANUAL (DIN 3990)				Software Rekayasa				Status
			Tegangan kaki gigi		Tekanan permukaan		Tegangan kaki gigi		Tekanan permukaan		
			S_{FO} [N/mm ²]	S_F	S_{HO} [N/mm ²]	S_H	S_{FO} [N/mm ²]	S_F	S_{HO} [N/mm ²]	S_H	
RG ₁ - RG ₂	1	20	94	2,72	537	1,29	81,6	2,80	532	1,26	Aman
	2	20	90	2,86		1,29	80,96	2,84		1,29	Aman
RG ₃ - RG ₄	3	25	134	2,29	671	1,12	126,48	1,91	665,16	1,05	Aman
	4	25	124	2,46		1,12	124,53	1,95		1,20	Aman
RG ₅ - RG ₆	5	20	129	2,15	626	1,17	115,50	2,07	620,69	1,12	Aman
	6	20	128	2,17		1,17	115,02	2,08		1,13	Aman
RG ₇ - RG ₈	7	20	102	2,44	556	1,25	91,44	2,50	551,91	1,25	Aman
	8	20	103	2,41		1,25	91,73	2,49		1,24	Aman
RG ₉ - RG ₁₀	9	35	119	2,47	736	1,02	106,59	2,54	730,37	1,02	Aman
	10	34	123	2,42		1,01	107,27	1,76		1,02	Aman
RG ₁₀ - RG ₁₁	10	34	115	2,39	728	1,16	116,00	1,62	722,18	1,04	Aman
	11	25	139	2,20		1,06	136,49	1,98		1,07	Aman



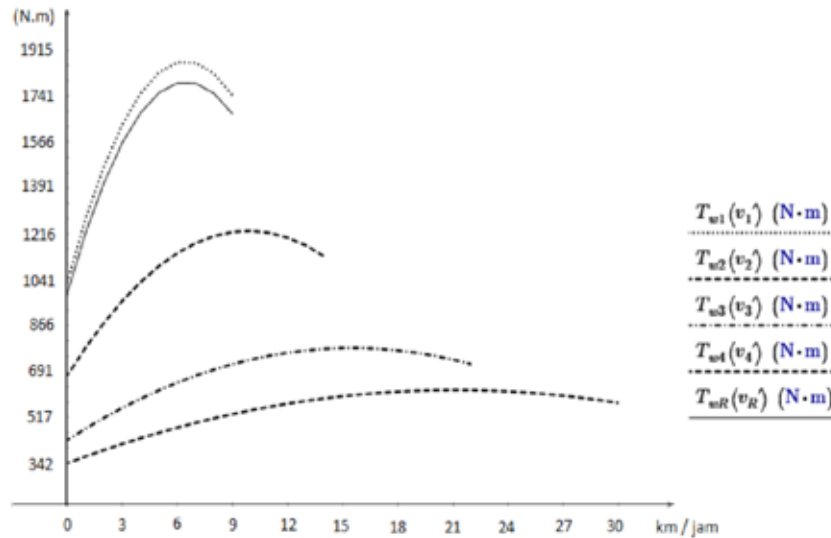
Gambar 9. Konstruksi sistem transmisi gearbox

Model prototip gearbox 3D dapat dilihat pada Gambar 10 dibawah ini. Melalui pemodelan 3D ini dapat dilakukan pemeriksaan bila terdapat interferensi dari setiap roda gigi. Tahapan kegiatan selanjutnya adalah melakukan proses manufaktur gearbox agar dapat dilakukan pengujian terhadap kinerja dan performa gearbox tersebut.



Gambar 10. Model 3D sistem transmisi gearbox

Kemampuan *gearbox* dalam mentransmisikan daya untuk setiap kecepatan pada kondisi gigi 1, gigi 2, gigi 3, gigi 4 dan gigi mundur pada roda kendaraan dengan mempertimbangkan beberapa parameter seperti efisiensi *gearbox*, rasio total *gearbox*, rasio *transfer case*, dan rasio *differensial* dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Grafik torsi pada roda yang dihasilkan melalui sistem transmisi *gearbox*

Perancangan *gearbox* untuk *Polman Utility Vehicle* telah menghasilkan rancangan *gearbox* dengan spesifikasi dan performa seperti yang terlihat pada Tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 6. Spesifikasi rancangan *gearbox* dan performa kendaraan *Polman Utility Vehicle*

Spesifikasi	Gigi 1	Gigi 2	Gigi 3	Gigi 4	Mundur
Gearbox :					
Rasio <i>gearbox</i> total	3,272	2,143	1,364	1	3,264
Diameter poros input	25,4 mm – 10 spline				
Diameter poros output	42 mm – 10 spline				
Torsi input maksimum	58 Nm				
Dimensi <i>gearbox</i>	554 mm x 480 mm x 370 mm				
Berat <i>gearbox</i>	60 kg				
Pelumas <i>gearbox</i>	ISO VG 320 / SAE 90				
Kendaraan :					
Kecepatan maksimum kendaraan [km/jam]	9,226	14,086	22,136	30,185	9,248
Torsi maksimum pada roda [Nm]	1871	1226	782	619	1789
Kecepatan saat torsi maksimum [km/jam]	6,452	9,975	15,562	21,664	6,251

4. KESIMPULAN

Perancangan dan pengembangan sistem transmisi *gearbox* yang dilakukan melalui proses *reverse engineering* telah memberikan pengalaman dan pembelajaran yang sangat berarti untuk menguasai teknologi perancangan dan manufaktur *gearbox*. Melalui studi ini diketahui bagaimana proses perancangan konstruksi *gearbox* untuk kendaraan roda empat, memahami kualitas poros dan roda gigi, serta identifikasi kemampuan proses manufaktur untuk setiap komponen *gearbox*. Terdapat beberapa komponen yang masih belum dikuasai proses manufakturnya karena keterbatasan mesin dan teknologi manufaktur yang ada di POLMAN Bandung.

Perancangan dan pengembangan sistem transmisi *gearbox* untuk kendaraan transportasi pertanian telah berhasil mendefinisikan spesifikasi dan parameter penting pada rancangan *gearbox*. Rasio total

gearbox pada setiap kondisi gigi untuk menghasilkan kecepatan pada kendaraan seperti yang diinginkan adalah kondisi gigi 1 (v_1) rasio 3,272; gigi 2 (v_2) rasio 2,143; gigi 3 (v_3) rasio 1,364; gigi 4 (v_4) rasio 1; dan gigi mundur (v_R) rasio 3,264. *Gearbox* mampu mentransmisikan daya dari torsi *input engine* sebesar 58 Nm kepada roda kendaraan untuk setiap kondisi gigi secara berturut-turut mulai dari gigi 1 hingga gigi mundur adalah 1871 Nm, 1226 Nm, 782 Nm, 619 Nm, dan 1789 Nm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari pengembangan kendaraan transportasi pertanian (*Polman Utility Vehicle*) yang dilakukan oleh tim P3TO (Pusat Pengembangan Power Train Otomotif). Terima kasih kepada seluruh tim P3TO yang telah bekerjasama dalam penyelesaian kegiatan penelitian ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada pihak POLMAN Bandung yang telah memberikan bantuan dana penelitian mandiri kepada tim.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Patankar., Rohit, Kulkarni., Sanket, Kothawade., & Samer, Ingale. (2016). Design and development of a Transmission System for an All-Terrain Vehicle. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 7(3), 2016, pp. 351–359.
- Dewanji, Pinaknath. (2016). Design and Analysis of Spur Gear, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, Vol. 7, Issue 5, September-October 2016, pp.209-220.
- Fischer, R., Küçükay, F., Jürgens, G., Najork, R., & Pollak, B. (2015). *The Automotive Transmission Book*. Switzerland: Springer International Publishing. (Chapter 2, 3, and 6).
- Kumar, Parveen., & Raghuvanshi, Harsh. (2013). Design & Analysis of a Spur Gear in different Geometric Conditions, *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, Volume-3, Issue-2, December 2013.
- Lechner, G., & Naunheimer, H. (1999). *Automotive Transmissions*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Maitra, M. G. (2001). *Handbook of Gear Design* (2nd Ed.), New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. (Chapter 2).
- Naunheimer, H., Bertsche, B., Ryborz, J., & Novak, W. (2011). *Automotive Transmissions: Fundamentals Selection Design and Application*. (2nd Ed.). Germany: Springer Vieweg. (Chapter 6, 7, 9, 11, 12).
- Patel, Neeraj., & Gupta, Tarun., (2016). Methodology for Designing a Gearbox and its Analysis, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 5 Issue 01. P:780-792.
- Wittel, H., Muhs, D., Jannasch, D., & Voßiek, J. (2013). *Roloff/Matek Maschinenelemente*. (21. Auflage). Germany: Springer Vieweg (Chapter 11, 20, and 21).