

Perancangan dan Optimasi Sistem *Spindle* Mesin CNC *Milling*
***Training Unit* BT 30 POLMAN Bandung**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Wiki Ardian

218421022



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERANCANGAN
MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
2022

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Perancangan dan Optimasi Sistem *Spindle* Mesin CNC Milling
Training Unit BT 30 POLMAN Bandung**

Oleh:

Wiki Ardian

218421022

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 09 September 2022

Disetujui,

Pembimbing I,



Asep Indra Komara, S.S.T., M.T., IPM
NIP. 197509122001121001

Pembimbing II,



Andri Pratama, S.S.T., M.Sc.
NIP. 198509252018031001

Disahkan,

Penguji I,



Bayu Pratama, S.T.
NIP. 199510091992031002

Penguji II,



Iman Apriana Effendi, S.T., M.T.
NIP. 197504172005011004

Penguji III,



Haris Setiawan, S.S.T., M.T.
NIP. 197511042001121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Wiki Ardian
NIM	:	218421022
Jurusan	:	Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Perancangan dan Optimasi Sistem <i>Spindle</i> Mesin CNC <i>Milling Training Unit</i> BT 30 POLMAN Bandung

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 09 – 08 – 2022
Yang Menyatakan,

(Wiki Ardian)
NIM 218421022

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wiki Ardian
NIM : 218421022
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan dan Optimasi Sistem *Spindle*
Mesin CNC *Milling Training* Unit BT 30
POLMAN Bandung

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 09 – 08 – 2022
Yang Menyatakan,

(Wiki Ardian)
NIM 218421022

MOTO PRIBADI

Tidak perlu menyalahkan orang lain, tidak perlu merasa paling benar.
Kebenaran menurut diri sendiri bukan berarti kebenaran bagi orang lain.
Karena setiap orang punya kebenaran menurut versi nya masing masing
Dan saling memperjuangkan kebenaran tersebut
Di situ lah arti penting untuk memahami satu sama lain

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak
dan adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya
menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Perancangan dan Optimasi Sistem *Spindle* Mesin CNC Milling Training Unit BT 30 POLMAN Bandung”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.AB.
2. Ketua Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Bapak Bustami Ibrahim, S.S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Bapak Asep Indra Komara, S.S.T., M.T., IPM
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Asep Indra Komara, S.S.T., M.T., IPM dan Bapak Andri Pratama, S.S.T., M.Sc.
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Bayu Pratama Adikara, S.T., Bapak Iman Apriana Effendi, S.T., M.T., dan Bapak Haris Setiawan, S.S.T., M.T.

6. Panitia tugas akhir yang telah membantu mempersiapkan pelaksanaan tugas akhir sehingga lancar.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Eli Nurleli (Alm) dan Achmad Haddi yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk kakak dan adik saya yang telah memberikan perhatian hingga saat ini.
9. Untuk keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan penuh kepada penulis dalam segi apapun.
10. Buat sahabat – sahabat seperjuangan saya 4DEC yang telah menemani penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Teruntuk semua pihak yang telah mendo'akan dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 09 September 2022

Penulis

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di dunia industri yang semakin pesat, menuntut SDM agar kompeten dengan perkembangan teknologi tersebut. Salah satunya adalah siswa SMK, dimana harus mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi tersebut. Oleh karena itu, dibuatlah Norma dan Standar Laboratorium SMK yang mengatur sarana dan prasarana kegiatan pendidikan SMK, termasuk spesifikasi mesin CNC. Melihat hal tersebut, POLMAN Bandung membuat mesin CNC *Milling 3 axis* yang akan digunakan oleh SMK. Akan tetapi, pada pelaksanaannya mesin tersebut mempunyai beberapa permasalahan, salah satunya pada sistem *spindle*. Masalah yang terjadi diantaranya pada saat proses pembuatan mengalami kendala akibat bentuk yang tidak merata dan *homogen* pada *housing*-nya, selain itu bobot dari sistem *spindle* yang dinilai terlalu berat, serta kecepatan putar maksimum yang masih belum memenuhi keinginan yaitu 10000 rpm. Sehingga, dilakukan penelitian rancangan sistem *spindle* baru yang dapat menjadi solusi dari permasalahan yang ada. Perancangan dilakukan menggunakan metodologi perancangan VDI 2206 karena produk merupakan sistem mekatronika. Analisis yang dilakukan adalah analisis statis dan analisis dinamis. Analisis statis dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan, defleksi, serta faktor keamanan dari sistem yang dirancang, diharapkan nilai yang didapatkan lebih baik dari sistem *spindle existing*. Analisis dinamis dilakukan untuk mendapatkan nilai frekuensi pribadi dari *spindle*, diharapkan nilai frekuensi pribadi lebih besar dari frekuensi operasi, sehingga tidak akan terjadi resonansi. Dari hasil perancangan yang dilakukan, didapatkan nilai tegangan sebesar 26,733 N/mm², dengan defleksi sebesar 8,9 mikron, dan faktor keamanan sebesar 22,028. Kemudian, nilai frekuensi pribadi dari *spindle* adalah 185,37 Hz, sedangkan nilai frekuensi operasi yaitu 166,7 Hz, sehingga dapat dikatakan tidak akan terjadi resonansi.

Kata kunci: Mesin CNC, Sistem *Spindle*, VDI 2206, Analisis Statis, Analisis Dinamis

ABSTRACT

The rapid development of technology in the industrial world requires HR to be competent with these technological developments. One of them is vocational students, which must be able to adapt to these technological developments. Therefore, Laboratory Standards and Vocational High School Norms were made which regulate the facilities and infrastructure for vocational education activities, including CNC machine specifications. Seeing this, POLMAN Bandung made a 3-axis CNC Milling machine that will be used by SMK. However, in practice, the machine has several problems, one of which is the spindle system. Problems that occur include problems during the manufacturing process due to the uneven and homogeneous shape of the housing, in addition to the weight of the spindle system which is considered too heavy, as well as the maximum rotational speed that still does not fulfill the desire, which is 10000 rpm. Thus, research on the design of a new spindle system that can be a solution to existing problems is carried out. The design is carried out using the VDI 2206 design methodology because the product is a mechatronic system. The analysis used is the static analysis and dynamic analysis. Static analysis was conducted to determine the value of the stress, deflection, and safety factor of the designed system, it is hoped that the value obtained is better than the existing spindle system. Dynamic analysis is carried out to obtain the personal frequency value from the spindle, it is expected that the personal frequency value is greater than the operating frequency, so that resonance will not occur. From the results of the design carried out, the stress value is 26,733 N/mm², with a deflection of 8,9 microns, and a safety factor of 22,028. Then, the personal frequency value of the spindle is 185,37Hz, while the operating frequency value is 166,7 Hz, so it can be said that the resonance will not occurs.

Keywords: CNC Machine, Spindle System, VDI 2206, Static Analysis, Dynamic Analysis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	ii
MOTO PRIBADI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
I BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-3
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Mesin CNC (Computer Numerical Control)	II-1
II.2 Spindle mesin CNC	II-2
II.3 Material Spindle	II-3
II.4 Kekakuan dan susunan bantalan spindle	II-3
II.4.1 Sudut Kontak.....	II-4
II.4.2 Susunan Bantalan	II-4
II.4.3 Preload Bantalan	II-5
II.5 Analisis statis dan dinamis	II-6
II.6 Teori Kegagalan (<i>Failfure Theory</i>)	II-6
II.6.1 Teori Distorsi Energi Maksimum (<i>Von Mises</i>)	II-6
II.7 Analisis FEM (<i>Finite Element Method</i>)	II-8
II.8 Metodologi VDI 2206	II-8
III BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1 <i>Flow Chart</i> Proses Perancangan	III-1

III.2	<i>Review Design</i>	III-2
III.2.1	Analisis Fungsi.....	III-3
III.2.2	Analisis Performa Komponen	III-7
III.3	Tahapan perancangan menurut VDI 2206	III-8
III.3.1	<i>Requirement List</i>	III-8
III.3.2	System Design.....	III-10
III.3.3	Domain Specific Design.....	III-12
III.3.4	Integrasi sistem.....	III-26
III.3.5	Perhitungan Awal.....	III-30
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Perhitungan Lanjut.....	IV-1
IV.1.1	Motor Penggerak.....	IV-2
IV.1.2	Sistem Transmisi.....	IV-3
IV.1.3	Poros Spindle	IV-7
IV.1.4	Bantalan.....	IV-22
IV.1.5	Sistem Pencekam	IV-25
IV.2	Hasil Optimasi	IV-31
IV.3	Kontrol Aplikasi Rancangan.....	IV-32
IV.4	Kemampuan Manufaktur	IV-37
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran	V-2
	DAFTAR PUSTAKA	iii

DAFTAR TABEL

Tabel III. 1. Spesifikasi sistem <i>spindle</i> mesin <i>existing</i>	III-3
Tabel III. 2. Hasil Perhitungan <i>Review Design</i>	III-7
Tabel III. 3. Daftar Tuntutan SMK	III-9
Tabel III. 4. Daftar Tuntutan	III-9
Tabel III. 5. Alternatif Motor Penggerak	III-12
Tabel III. 6. Alternatif Sistem Transmisi	III-14
Tabel III. 7. Alternatif sabuk dan puli.....	III-16
Tabel III. 8. Alternatif <i>power drawbar</i>	III-17
Tabel III. 9. Alternatif <i>pull stud gripper</i>	III-18
Tabel III. 10. Kotak morfologi	III-19
Tabel III. 11. Poin penilaian.....	III-21
Tabel III. 12. Penilaian aspek performa AFK	III-21
Tabel III. 13. Penilaian aspek ekonomis AFK	III-21
Tabel III. 14. Hasil evaluasi AFK.....	III-22
Tabel III. 15 Integrasi Sistem.....	III-26
Tabel IV. 1 <i>Meshing</i>	IV-16
Tabel IV. 2 Hasil Simulasi	IV-17
Tabel IV. 3 Perbandingan perhitungan dengan simulasi	IV-18
Tabel IV. 4 Simulasi Getaran.....	IV-21
Tabel IV. 5 Hasil analisis rancangan baru	IV-31
Tabel IV. 6 Perbandingan sistem <i>spindle existing</i> dan baru	IV-32
Tabel IV. 7 Hasil perhitungan permesinan <i>mild steel</i>	IV-34
Tabel IV. 8 Hasil perhitungan permesinan aluminium	IV-35
Tabel IV. 9 Pengaruh A_p dan f_z	IV-35
Tabel IV. 10 Kapasitas alat potong	IV-36
Tabel IV. 11 Kemampuan manufaktur POLMAN.....	IV-37
Tabel V. 1 Keterpenuhan daftar tuntutan.....	V-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Efek besaran sudut kontak bantalan	II-4
Gambar II. 2 Jenis-jenis susunan bantalan	II-4
Gambar II. 3 Efek preload terhadap kekakuan dan kecepatan	II-5
Gambar II. 4 Efek preload terhadap suhu dan umur	II-6
Gambar II. 5 Regangan maksimum	II-7
Gambar II. 6 Regangan tanpa terjadi perubahan volume	II-7
Gambar II. 7 Diagram von mises	II-7
Gambar II.8. Model V-Shape	II-9
Gambar III. 1 Diagram Alir A	III-1
Gambar III. 2 Diagram Alir B	III-2
Gambar III. 3. Fungsi bagian sistem <i>spindle existing</i>	III-3
Gambar III. 4. Komponen sistem <i>spindle existing</i>	III-4
Gambar III. 5. Sistem transmisi sistem <i>spindle existing</i>	III-5
Gambar III. 6. Penyetelan sistem transmisi	III-5
Gambar III. 7. Komponen <i>Spindle Existing</i>	III-6
Gambar III. 8. Fungsi Bagian Mesin CNC	III-10
Gambar III. 9. <i>Black Box</i> sistem <i>spindle</i> baru	III-10
Gambar III. 10. Fungsi bagian sistem <i>spindle</i> baru	III-11
Gambar III. 11. Konsep <i>layout</i> sistem <i>spindle</i> baru	III-11
Gambar III. 12. AFK1	III-20
Gambar III. 13. AFK 2	III-20
Gambar III. 14. AFK 3	III-20
Gambar III. 15. PLC	III-22
Gambar III. 16. Fungsi sistem PLC	III-23
Gambar III. 17. NCK	III-23
Gambar III. 18. <i>Magnetic switch sensor</i>	III-24
Gambar III. 19 Inverter	III-25
Gambar III. 20. HMI Mitusbishi	III-25
Gambar III. 21 Geometri timing pulley dan belt	III-31
Gambar IV. 1 Komponen Analisis	IV-1
Gambar IV. 2 Timing Belt	IV-3
Gambar IV. 3 Gaya Pada Sabuk	IV-4
Gambar IV. 4 (a) DBB (b) Gaya pada spindle	IV-7
Gambar IV. 5 <i>Boundary Condition</i>	IV-15
Gambar IV. 6 <i>Meshing</i>	IV-16
Gambar IV. 7 Grafik Konvergensi	IV-17
Gambar IV. 8 Hubungan tirus	IV-25
Gambar IV. 9 Gaya hubungan tirus	IV-26
Gambar IV. 10 Pegas Pelat	IV-26
Gambar IV. 11 Susunan Pegas Pelat	IV-28
Gambar IV. 12 Kontrol Pegas Pelat	IV-29
Gambar IV. 13 Grafik Pengaruh f_z dan A_p	IV-36

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** *Curriculum Vitae* Penulis
- Lampiran 2** Katalog Komponen Syandar Yang Digunakan
- Lampiran 3** Rubrik Penilaian
- Lampiran 4** Data Perhitungan
- Lampiran 5** *Review Design*
- Lampiran 6** Data Perhitungan Permesinan
- Lampiran 7** Data Mesin POLMAN Bandung
- Lampiran 8** Gambar Kerja

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

A. SIMBOL

P	= Daya motor (kW)
n	= Kecepatan putar (min^{-1})
$K_{A,t,g,0\sigma,Db,0\tau,Dt}$	= Faktor koreksi
d	= Diameter (mm)
r	= Radius (mm)
z	= Jumlah gigi
p	= Jarak antar puncak gigi atau ulir (mm)
L	= Panjang (mm)
i	= Rasio
e	= Jarak antar poros (mm)
β_K	= Sudut kontak sabuk dan puli (°)
b	= Lebar sabuk (mm)
T	= Torsi (Nmm)
V_C	= Kecepatan potong maksimum (m/min)
F	= Gaya (N)
η	= Efisiensi
v	= Kecepatan (m/s)
f	= Frekuensi (Hz atau s^{-1})
M	= Momen (Nmm)
$W_{B,T}$	= Momen tahanan bengkok atau puntir (mm^3)
σ	= Tegangan normal (N/mm^2)
τ	= Tegangan geser (N/mm^2)
R_e	= Resistensi ekspansi (N/mm^2)
R_m	= Resistensi maksimum (N/mm^2)
$S_{F,D,H}$	= <i>Safety Factor</i>
$\beta_{kb,kt}$	= Faktor konsentrasi tegangan
ψ	= Sensitivitas
f	= Defleksi (mm)

K	= Kekakuan (N/mm)
α	= Sudut bantalan (°)
f	= Faktor
$S_{a,r}$	= Rigiditas aksial, radial (N/ μ m)
L_{10h}	= Umur bantalan (h)
μ	= Koefisien gesek
Q_e	= Sudut gesekan
s	= Defleksi pegas (mm)
h_0	= Lendutan pegas (mm)
P_F	= Tekanan permukaan (N/mm ²)
Q_A	= Rasio diameter

B. SINGKATAN

CNC	= <i>Computer Numerical Control</i>
PLC	= <i>Programable Logic Control</i>
NCK	= <i>Numerical Control Kernel</i>
SDM	= Sumber Daya Manusia
AFK	= Alternatif Fungsi Kombinasi
SMK	= Sekolah Menengah Kejuruan
VDI	= <i>Verein Deutsche Ingenieuer</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Mesin perkakas adalah alat yang digunakan untuk memotong bahan atau mengubah bahan baku (*raw material*) menjadi produk jadi dengan bentuk dan ukuran tertentu sesuai dengan yang dibutuhkan [1]. Seiring dengan perkembangan zaman, mesin perkakas konvensional dikembangkan menjadi mesin perkakas otomatis atau yang dikenal dengan sebutan mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Mesin CNC ditujukan untuk meningkatkan kualitas hasil permesinan dan meningkatkan produktivitas, serta dapat mengurangi resiko kesalahan kerja oleh operator.

Hingga kini, pengembangan mesin perkakas CNC masih terus dilakukan. Salah satu jenis mesin CNC yang masih terus dikembangkan yaitu mesin CNC *milling 3-axis*, pengembangan dilakukan untuk meningkatkan fungsi, akurasi, dan performa mesin. Hal tersebut dikarenakan kebutuhan akan mesin perkakas otomatis yang meningkat dari beberapa industri manufaktur berbasis logam agar proses produksi semakin cepat dan efisien.

Dengan perkembangan di dunia industri yang pesat, maka SDM (Sumber Daya Manusia) dituntut untuk kompeten dengan teknologi yang semakin berkembang. Untuk meningkatkan kualitas dan daya saing SDM, dunia pendidikan pun harus menyesuaikan kurikulum serta fasilitas pendukungnya. Salah satunya adalah SMK (Sekolah Menengah Kejuruan) dimana fasilitas penunjang praktiknya harus relevan dengan perkembangan teknologi saat ini. Prosser & Quigley [2] menyatakan pendidikan kejuruan akan efektif jika peralatan, mesin, dan tugas kerja sesuai dengan lingkungan dimana lulusan akan bekerja. Dukungan peralatan yang relevan dengan industri, penataan lingkungan belajar sesuai dengan lingkungan kerja di industri dan program pembelajaran yang sesuai dengan tugas-tugas yang akan dikerjakan di industri menjadi faktor penting dalam pencapaian kompetensi lulusan SMK. Oleh karena itu, dibuatlah Norma dan Standar Laboratorium SMK yang bertujuan untuk mengatur standar, prosedur, serta kriteria di bidang sarana prasarana SMK yang relevan dengan tuntutan pasar kerja nasional dan global.

Termasuk spesifikasi minimum mesin CNC yang akan digunakan sebagai pelatihan (*training unit*).

Melihat hal itu, Polman Bandung selaku institusi pendidikan tinggi di Indonesia di bidang manufaktur turut mengembangkan mesin perkakas otomatis. Melalui program *Matching Fund* yang bekerja sama dengan PT. CNC Controller Indonesia, Polman Bandung telah mengembangkan mesin CNC *Training Unit 3-axis* yang sebelumnya merupakan rancangan dari PT. CNC Controller Indonesia yang disesuaikan dengan tuntutan. Semua bagian dari rancangan tersebut disesuaikan hingga memenuhi spesifikasi minimum standar laboratorium SMK, termasuk sistem *spindle*.

Sistem *spindle* merupakan sub fungsi bagian pada mesin perkakas yang menggerakkan *spindle* sehingga menghasilkan gerak potong (*cutting movement*). *Spindle* merupakan poros luaran akhir mesin perkakas yang membawa alat potong atau memegang benda kerja. Pengembangan yang dilakukan yaitu meningkatkan dimensi *tapper spindle* dari BT 20 menjadi BT 30 dengan kemampuan putar maksimum 10000 rpm. Namun, hasil pengembangan yang dilakukan terdapat beberapa permasalahan, dimana massa sistem *spindle* yang terlalu berat, komponen mekanikal yang mayoritas masih membeli dari luar, dan kecepatan *spindle* tidak memenuhi tuntutan. Sehingga, untuk pengembangan lebih lanjut, diperlukan kajian rancangan baru sistem *spindle* yang lebih baik, serta semua komponen mekanikal pada sistem *spindle* dapat diproduksi di POLMAN Bandung. Untuk memenuhi hal tersebut, dibuatlah kajian perancangan dan optimasi sistem *spindle* mesin CNC *milling training unit* BT 30 POLMAN Bandung dengan harapan dapat menyelesaikan permasalahan yang ada.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dibutuhkan rancangan sistem *spindle* yang mampu :

1. Memenuhi Norma dan Standar Laboratorium SMK.
2. Mengatasi pengaruh getaran yang terjadi dengan lebih baik dari sistem *spindle existing*.
3. Mampu diproduksi di POLMAN.

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Pembahasan dilakukan pada domain mekanik fungsi penggerak, sistem transmisi, *spindle*, sistem pencekam dan pemotongan.
2. Domain elektronik dan informasi tidak dibahas secara mendalam.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini diantaranya :

1. Dihasilkan rancangan sistem *spindle* mesin CNC *Training* yang sudah memenuhi Norma dan Standar Laboratorium SMK terbaru dan memiliki sistem pencekaman pemegang alat potong otomatis sehingga dapat digunakan *automatic tool changer*.
2. Dihasilkan rancangan sistem *spindle* yang lebih baik dari sistem *spindle existing*.
3. Dihasilkan rancangan sistem *spindle* mesin CNC *Training Unit* yang dapat diproduksi di POLMAN Bandung.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini di antaranya :

1. Memudahkan operator dalam proses permesinan.
2. Memudahkan operator dalam perakitan komponen susunan.
3. Menghasilkan rancangan sistem *spindle* yang memiliki kekuatan, dan getaran yang diinginkan, serta dapat di produksi di Polman.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi kajian lanjut dan hasil dari proses perancangan yang dilakukan.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan dari tugas akhir dan saran yang dapat dilakukan untuk langkah selanjutnya.