



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**OPTIMASI DESAIN *PUSHER* PADA *FIXTURE*
MODEL X GUNA MENCEGAH *COMPONENT*
SHIFTING DALAM PROSES *SOLDERING*
PCBA MODEL X PADA MESIN *WAVE*
SOLDER DI PT XYZ**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Fauzan Fathurachman
NIM. 2302311170**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JUNI, 2026**



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk ibu ayah, bangsa dan almamater”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

OPTIMASI DESAIN *PUSHER* PADA *FIXTURE* MODEL X GUNA MENCEGAH *COMPONENT SHIFTING* DALAM PROSES *SOLDERING* PCBA MODEL X PADA MESIN *WAVE SOLDER* DI PT XYZ

Oleh:

Fauzan Fathurachman

NIM. 2302311170

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T.

NIP. 198608302009122001

Pembimbing 2

Marwah Masruroh, S.Si., M.Sc.

NIP. 199411022023212037

Ketua Program Studi

Diploma III Teknik Mesin

Nabila Yudisha, S.T., M.T

NIP. 199311302023212045



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Optimasi Desain *Pusher* pada *Fixture* Model X
guna Mencegah *Component shifting* dalam
Proses *Soldering* PCBA Model X pada
Mesin *Wave Solder* di PT XYZ

Oleh:

Fauzan Fathurachman

NIM. 2302311170

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 29 Juni 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr.Vika Rizkia, S.T., M.T. NIP.198608302009122001	Ketua		29/7-26
2.	Dhea Tissane Ardhan, S.Hum., M.Hum. NIP.199703082022032018	Anggota		29/7-26
3.	Vina Nanda Garjati, S.T., M.T. NIP.199206232020122014	Anggota		29/7-26

Depok, 29 Juni 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP 197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

EMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fauzan Fathurachman

NIM : 2302311170

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam laporan Tugas akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 25 Juni 2026



Fauzan Fathurachman

NIM. 2302311170



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

OPTIMASI DESAIN *PUSHER* PADA *FIXTURE* MODEL X GUNA MENCEGAH *COMPONENT SHIFTING* DALAM PROSES *SOLDERING* PCBA MODEL X PADA MESIN *WAVE SOLDER* DI PT XYZ

Fauzan Fathurachman¹⁾, Vika Rizkia¹⁾, Marwah Masruroh¹⁾

Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: fauzan.fathurachman.tm23@stu.pnj.ac.id

ABSTRAK

Tingginya cacat *component shifting* hingga 12,06% pada perakitan PCBA Model X di PT XYZ menjadi kendala operasional serius yang memicu pembengkakan biaya *rework*. Masalah ini bersumber dari kegagalan mekanis unit *pusher* lama ber-sambungan ulir M4. Saat terpapar suhu puncak 250°C, fenomena CTE *mismatch* antara *pallet* Aluminium dan baut *Stainless steel* menginduksikan tegangan termal yang melampaui batas luluh material (350 MPa), memicu mulur plastis dan hilangnya gaya *pratekan* (*preload loss*). Akibatnya, getaran konveyor memicu *vibrational self-loosening* pada mur, melenyapkan gaya jepit terhadap dorongan timah cair. Penelitian ini bertujuan merancang optimasi unit *pusher* tanpa komponen ulir. Metode penelitian mengintegrasikan *Root Cause Analysis* (RCA), pemodelan 3D, serta kalkulasi elemen mesin. Rekonstruksi desain menerapkan poros Pin T Terbalik, pengunci C-Clip DIN 6799 Seri 2,3, *Thermal gap* 0,50 mm, dan suaian ISO h7/H7. Hasil kalkulasi membuktikan *Thermal gap* menyerap pemuaian *Nylon* (0,432 mm), gaya jepit konstan 4,81 N, serta *Factor of safety* mencapai 27,7 (statis) dan 17,2 (dinamis). Desain ini terbukti kebal terhadap getaran dan siklus termal guna mengeliminasi cacat *component shifting*.

Kata kunci: *Component shifting*, *Wave soldering*, CTE *mismatch*, pelonggaran mandiri, *retaining ring*, DIN 6799.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

OPTIMASI DESAIN *PUSHER* PADA *FIXTURE* MODEL X GUNA MENCEGAH *COMPONENT SHIFTING* DALAM PROSES *SOLDERING* PCBA MODEL X PADA MESIN *WAVE SOLDER* DI PT XYZ

Fauzan Fathurachman¹⁾, Vika Rizkia¹⁾, Marwah Masruroh¹⁾

Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: fauzan.fathurachman.tm23@stu.pnj.ac.id

ABSTRACT

The high rate of component shifting defects, reaching 12.06% in PCBA Model X assembly at PT XYZ, presents a critical operational issue that increases rework costs. This defect stems from the mechanical Failure of the existing M4 threaded bolt-nut pusher unit. When exposed to a peak soldering temperature of 250°C, the CTE mismatch between the Aluminum pallet and Stainless steel bolt induces Thermal stress exceeding the material's degraded yield strength (350 MPa). This causes permanent plastic creep and total preload loss. Consequently, conveyor vibration triggers vibrational self-loosening of the nut, eliminating clamping force against molten solder upward pressure. This study aims to Design an optimized, threadless pusher unit. The methodology integrates Root Cause Analysis (RCA), 3D CAD modeling, and Machine element calculations. The reDesigned unit incorporates an inverted T-Pin shaft, a DIN 6799 Series 2.3 C-Clip mechanical lock, a 0.50 mm Thermal gap, and ISO h7/H7 tolerances. Calculations confirm the Thermal gap absorbs Nylon expansion (0.432 mm), the spring maintains a constant 4.81 N clamping force, and the Factor of safety reaches 27.7 (static) and 17.2 (dynamic). In conclusion, this optimized Design is immune to vibration and Thermal cycles, effectively eliminating component shifting.

Keywords: *Component shifting, Wave soldering, CTE mismatch, vibrational self-loosening, retaining ring, DIN 6799.*



KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun dengan judul “OPTIMASI DESAIN *PUSHER* PADA *FIXTURE* MODEL X GUNA MENCEGAH *COMPONENT SHIFTING* DALAM PROSES *SOLDERING* PCBA MODEL X PADA MESIN *WAVE SOLDER* DI PT XYZ”.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Dipoma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian laporan ini, penulis telah banyak menerima bantuan, bimbingan, petunjuk, serta dukungan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini
2. Nabila Yudisha, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Marwah Masruroh, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah membekali penulis dengan fondasi ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
6. Pihak Manajemen, Staf Mutu, dan Teknisi Lini Produksi PT XYZ yang telah memberikan izin penelitian, memfasilitasi pengumpulan data parameter

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mesin, serta memberikan ruang diskusi yang konstruktif selama observasi lapangan dilaksanakan.

7. Kedua Orang Tua tercinta dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan spiritual, serta fasilitas yang tidak terhingga sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Mesin angkatan 2023, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas bantuan, diskusi ilmiah, dan semangat kebersamaan selama ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan akibat keterbatasan pengalaman dan pengetahuan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat nyata bagi perkembangan dunia industri manufaktur elektronik maupun bagi pengembangan akademis di lingkungan almamater.

Depok, 25 Juni 2026

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Fauzan Fathurachman
NIM. 2302311170



DAFTAR ISI

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Metode Penulisan	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Mesin <i>Wave Solder</i>	7
2.2 <i>Jig</i> dan <i>Fixture</i>	15
2.3 <i>Pusher</i>	16
2.4 Printed Circuit Board Assembly (PCBA)	20
2.5 Proses Perakitan PCBA dan Mesin <i>Wave soldering</i>	22
2.6 Proses Manufaktur Elektronik dan <i>Wave soldering</i>	23
2.7 <i>Tooling Fixture</i> dan Mekanisme Unit <i>Pusher</i>	25
2.8 Teori Pemuatan Zat Padat dan Tegangan Termal	26
2.8.1 Ekspansi Termal Linier dan Fenomena CTE <i>Mismatch</i>	26
2.8.2 Tegangan Tekan Termal dan Degradasi Batas Luluh	27
2.9 Teori Mekanika Pegas Heliks	28
2.10 Teori Kegagalan Sambungan Ulir dan Pelonggaran Dinamis	28
2.10.1 Mekanika Gaya Gesek Ulir	29
2.10.2 Fenomena Pelonggaran Mandiri (<i>Vibrational self-loosening</i>)	29
2.11 Sistem Pengunci Positif dan Standar Toleransi ISO	29



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.11.1 Rumus Luas Penampang Geser Spesifik untuk Alur Poros Cincin Pengunci (C-Clip)	30
2.11.2 Rumus Celah Kelonggaran Toleransi (<i>Max & Min Clearance</i>).....	31
2.12 Tingkat Keamanan (<i>Factor of safety</i>)	32
2.13 Karakteristik dan Sifat Mekanis material.....	33
2.14 <i>Design for manufacturability</i> (DFM) dan <i>Maintenance</i>	34
2.15 <i>Root Cause Analysis</i> (RCA).....	34
2.15.1 Rumus Akumulasi Tegangan Total Baut (<i>Total stress</i>)	35
2.16 <i>Research gap</i>	36
BAB III	25
METODE PENELITIAN	25
3.1 Prosedur Metode Penelitian	25
3.2 Diagram Alir Pengerjaan.....	26
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	27
3.3.1 Studi Literatur dan Observasi Lapangan.....	27
3.3.2 Identifikasi Masalah dan Pengumpulan Data.....	28
3.3.3 Analisis Akar Masalah (<i>Root Cause Analysis</i>).....	29
3.3.4 Perancangan Optimasi Desain (<i>Engineering ReDesign</i>).....	29
3.3.5 Perhitungan Analisis Termal-Mekanis Komparatif.....	30
3.3.6 Penarikan Kesimpulan dan Pemberian Saran	30
BAB IV	32
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Identifikasi Masalah <i>Component shifting</i> PCBA Model X.....	32
4.2 Analisis 5 <i>whys</i>	37
4.3 Hasil Analisis Root Cause Kaitannya dengan <i>Component shifting</i>	40
4.3.1 <i>Man</i> (Manusia)	42
4.3.2 <i>Machine</i> (Mesin)	43
4.3.3 <i>Method</i> (Metode).....	44
4.3.4 <i>Material</i> (Bahan)	45
4.3.5 <i>Desain</i>	47
4.4 Garis Besar Permasalahan Utama Berdasarkan RCA.....	48



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5 Perhitungan Analisis Termal-Mekanis Komparatif Sistem <i>Pusher</i> Lama (<i>Baseline comparison</i>)	50
4.5.1 Analisis Tegangan Tekan Termal dan Deformasi Plastis (<i>Thermal Stress & Yielding Failure</i>)	51
4.5.2 Analisis Mekanika Kontak dan Pelonggaran Rotasional Dinamis (<i>Vibrational self-loosening</i>)	53
4.6 Optimasi Desain Unit <i>Pusher</i> pada <i>Fixture</i> Model X	55
4.6.1 Desain Eksisting	55
4.6.2 Optimasi Desain	57
4.6.3 Perbaikan Desain	58
4.6.4 Perhitungan Dasar Pendukung Desain Baru	64
4.6.5 Keunggulan Desain Baru	69
4.6.6 Kesimpulan Optimasi Desain	69
BAB V	72
KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	63

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin <i>Wave Solder</i> PT XYZ	7
Gambar 2.2 Komponen <i>Wave Solder</i>	10
Gambar 2.3 Konveyor pada Mesin <i>Wave Solder</i> di PT XYZ	10
Gambar 2.4 <i>Fluxer</i> pada Mesin <i>Wave Solder</i> di PT XYZ.....	11
Gambar 2.5 Zona <i>Pre-heater</i> pada Mesin <i>Wave Solder</i> di PT XYZ	12
Gambar 2.6 Bak Timah pada Mesin <i>Wave Solder</i> di PT XYZ.....	13
Gambar 2.7 Ilustrasi Gambar Unit Pompa pada Mesin <i>Wave Solder</i>	14
Gambar 2.8 Gambar <i>Fixture</i> Model X pada PT XYZ.....	16
Gambar 2. 9 Contoh <i>Body Pusher</i> (Baut)	17
Gambar 2. 10 <i>Spring</i> (pegas)	18
Gambar 2. 11 <i>Head pusher</i> (Penekan Nilon)	18
Gambar 2. 12 Mur	19
Gambar 2. 13 E clip DIN 6799	20
Gambar 2. 14 Unit Printed Circuit Board Assembly	21
Gambar 2.15 Gambar Ilustrasi Proses <i>Soldering</i> pada <i>Wave Solder</i>	24
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	27
Gambar 4. 1 Pie Chart persentase cacat	33
Gambar 4. 2 Jumlah Cacat Produksi komponen geser per bulan.....	35
Gambar 4. 3 Diagram Fishbone	41
Gambar 4. 4 Faktor <i>Man</i>	42
Gambar 4. 5 Faktor <i>Machine</i>	43
Gambar 4. 6 Faktor <i>Method</i>	44
Gambar 4. 7 Faktor material	45

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 8 Faktor <i>Design</i>	47
Gambar 4. 9 Desain <i>Pusher</i> lama.....	56
Gambar 4. 10 Desain <i>Pusher</i> Baru.....	59
Gambar 4. 11 Desain <i>Body Pusher</i> Pin T.....	60
Gambar 4. 12 Desain <i>Head Pusher</i>	61
Gambar 4. 13 Desain C-clip.....	62





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Mekanis dan Termal material pada Suhu Ruang (25°C) dan Suhu Solder (250°C)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Akumulasi Jenis Cacat (<i>Defect</i>) PCBA Model X (Periode 2 Feb – 2 Mei 2026)	33
Tabel 4. 2 Tren Kejadian Cacat <i>Component shifting</i> per Bulan	34
Tabel 4. 3 5- <i>Whys</i> Bersama 10 Personel Lini Produksi	38





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur elektronik modern saat ini menuntut tingkat efisiensi tinggi yang dibarengi dengan pengendalian kualitas produk yang sangat ketat. Di dalam lini perakitan sirkuit elektronik atau *Printed Circuit Board Assembly* (PCBA), proses penyolderan massal komponen merupakan salah satu tahapan otomatisasi yang paling kritis. PT XYZ, sebagai salah satu perusahaan yang bergerak di bidang perakitan elektronik, memanfaatkan teknologi mesin *wave solder* untuk melakukan penyolderan massal pada produk PCBA Model X [2]. Guna memastikan seluruh komponen elektronik tetap berada pada koordinat geometris yang presisi dan tidak bergerak sebelum jembatan metalurgi timah cair membeku seutuhnya, digunakan alat bantu pencekaman khusus berupa *selective pallet*, *Jig* atau *tooling fixture* [2], [4]. Di atas *fixture* inilah dipasang sebuah unit penahan mekanis aksial yang dikenal sebagai unit *pusher*.

Namun demikian, kondisi operasional riil di lini produksi PT XYZ saat ini masih dihadapkan pada kendala kualitas yang persisten. Berdasarkan data pengendalian mutu (*quality control*) internal perusahaan, ditemukan tingginya persentase cacat berupa pergeseran posisi komponen (*component shifting defect*) pada PCBA Model X pasca-proses melewati terowongan *solder* [3]. Fenomena *component shifting* ini berdampak langsung pada penurunan nilai *First pass yield* (FPY) perusahaan, serta memicu pembengkakan biaya pengerjaan ulang (*rework cost*) karena produk yang cacat harus ditangani secara manual oleh teknisi khusus [1].

Secara mekanis, unit *pusher* eksisting (desain lama) di PT XYZ menggunakan sistem sambungan ulir konvensional baut-mur M4 berbahan *Stainless steel* untuk menjepit pegas tekan heliks dan menahan hulu penekan (*head pusher*) berbahan *Nylon* pejal [15]. Investigasi awal di lapangan memperlihatkan bahwa keandalan jepitan dari metode sambungan ulir ini menurun drastis ketika



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

fixture bergerak di atas rel konveyor dinamis yang menghasilkan getaran mekanis kontinu [2]. Kondisi ini diperparah saat *fixture* memasuki area *solder pot* dan berinteraksi langsung dengan gelombang cairan timah panas bersuhu puncak 250°C [4]. Terpaan panas ekstrem ini menimbulkan fenomena ketidakcocokan ekspansi termal (CTE *mismatch*) yang masif antara material pelat *top pallet* Aluminium dan baut *Stainless steel*, yang menginduksikan tegangan tekan internal di luar batas elastis material sehingga baut mengalami deformasi plastis atau mulur permanen [12], [13]. Begitu *fixture* mendingin kembali, mulur permanen tersebut menyisakan celah kelonggaran non-rotasional yang melenyapkan gaya *pratekan* (*preload loss*) sambungan ulir. Tanpa adanya gaya gesek statis penahan, paparan getaran transversal konveyor dengan mudah memicu kegagalan pelonggaran mandiri (*vibrational self-loosening*), di mana mur M4 berputar balik secara mandiri dan mengeliminasi gaya jepit efektif pegas hingga akhirnya *pusher* terlepas [10], [11]. Gaya penahan yang turun ini terbukti gagal membendung gaya angkat hidrodinamis dari aliran cairan timah panas, sehingga menjadi pemicu utama terjadinya cacat *component shifting* [15].

Berdasarkan kompleksitas permasalahan operasional, fokus utama dari penelitian ini diarahkan pada upaya rekayasa ulang (*engineering reDesign*) terhadap mekanisme pencekaman unit *pusher* pada *fixture* di lini produksi. Mengingat tingginya angka cacat kualitas berakar dari ketidakmampuan desain eksisting dalam mengakomodasi tekanan termal ekstrem dari mesin *wave solder* serta guncangan dinamis dari konveyor, penelitian ini akan melakukan analisis termal-mekanis secara menyeluruh untuk mencari metode penguncian alternatif. Perancangan yang akan dilakukan difokuskan untuk mengganti mekanisme lama yang sangat bergantung pada gaya gesek antar-permukaan (ulir)—yang terbukti sangat rentan terhadap degradasi akibat fluktuasi suhu. Melalui perhitungan elemen mesin yang komprehensif, arah dari perancangan ini adalah mengkonstruksi sebuah sistem alat bantu yang mampu memberikan ruang kompensasi mandiri terhadap pemuaian material pada suhu tinggi 250°C, sekaligus mempertahankan stabilitas gaya *pratekan* (*preload*) pegas secara konstan. Dengan menghubungkan analisis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kegagalan di lapangan dengan perhitungan teoretis, penelitian ini diproyeksikan mampu menghasilkan sebuah rancangan unit *pusher* yang secara fundamental kebal terhadap fenomena pelonggaran getaran, sehingga cacat pergeseran komponen (*component shifting*) pada PCBA Model X dapat dicegah dan ditekan secara mutlak.

Adapun nilai kebaruan (*novelty*) yang diusung dalam penelitian ini terletak pada pergeseran paradigma (*paradigm shift*) perancangan, yaitu dari sistem penguncian berbasis gaya gesek ulir konvensional menuju sistem penguncian mekanis positif bebas ulir (*threadless positive locking*) yang dikhususkan untuk lingkungan bersuhu ekstrem. Pada praktik penanganan masalah di industri manufaktur pada umumnya, fenomena pelonggaran penahan akibat getaran mesin sering kali diselesaikan dengan solusi parsial dan reaktif, seperti penambahan cairan kimia pengunci ulir (*threadlocker/Loctite*), penggunaan komponen tambahan seperti ring pegas (*spring washer*), atau modifikasi kekuatan material melalui peningkatan kelas baut (*bolt grade*). Namun, pendekatan-pendekatan konvensional tersebut terbukti memiliki kelemahan fatal ketika diaplikasikan pada proses *Wave soldering*. Senyawa kimia pengunci akan mengalami degradasi dan meleleh pada temperatur puncak *solder*, sementara peningkatan ketangguhan material baut tetap tidak mampu menyerap selisih laju pemuaihan panas (*Coefficient of Thermal Expansion mismatch*) yang terjadi secara alami antara dua jenis logam *fixture*. Inovasi dan kebaruan mendasar dari studi ini hadir melalui perumusan desain mekanis yang mengintegrasikan pengunci geometris absolut dengan perhitungan celah toleransi dimensi (*clearance*) yang terukur secara matematis. Pendekatan ini memberikan landasan rekayasa baru dalam perancangan alat bantu industri, di mana stabilitas penahanan posisi benda kerja dipastikan kemanannya murni melalui keandalan struktural desain, tanpa perlu melakukan penggantian material pelat utama *fixture* atau menambahkan bahan kimia eksternal."



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka rumusan masalah teknis yang akan dipecahkan di dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab utama lepasnya *Pusher* pada *Fixture Wave Solder*?
2. Bagaimana desain *Pusher* yang optimal dapat mencegah *self-loosening* pada *Fixture Wave Solder*?

1.3 Batasan Masalah

Guna menjaga agar pembahasan di dalam Tugas Akhir ini tetap fokus, terarah, dan mendalam, maka ditetapkan beberapa batasan masalah penelitian sebagai berikut

1. Objek penelitian dibatasi hanya pada unit *pusher* penahan komponen elektronik yang terpasang di atas *selective pallet*, *Jig* atau *fixture* untuk perakitan PCBA Model X pada mesin *wave solder* di PT XYZ.
2. Penelitian berfokus penuh pada aspek optimasi desain geometri, pemodelan toleransi suaian, dan analisis perhitungan matematika teknik teoretis, sehingga tidak mencakup tahapan proses manufaktur fisik komponen, pembuatan prototipe, maupun uji coba langsung di lini produksi.
3. Parameter komponen pegas tekan heliks yang digunakan pada desain baru diasumsikan konstan menggunakan spesifikasi pegas eksisting ($L_0 = 30$ mm, $D_o = 5,5$ mm, $d = 0,5$ mm).
4. Evaluasi karakteristik material dibatasi pada interaksi antara baja tahan karat (*Stainless steel*) pada Pin T dan *C-clip*, polimer Nylon pada *Head Pusher*, serta Aluminium pada pelat *top pallet fixture*.
5. Kondisi termal lingkungan kerja dikondisikan konstan pada temperatur puncak mesin *solder* sebesar 250°C dengan suhu ruang awal sebesar 25°C .

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai melalui pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini dirinci sebagai berikut:



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Mengidentifikasi dan menganalisis secara multi-variabel akar penyebab (root cause) utama lepasnya unit *pusher* pada *fixture wave solder*.
2. Merancang dan memvalidasi secara matematis desain *pusher* yang optimal guna mencegah fenomena self-loosening pada *fixture wave solder*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat nyata yang ditinjau dari dua aspek:

1. Manfaat bagi Perusahaan (PT XYZ): Memberikan draf usulan cetak biru (*blueprint*) gambar teknik unit *pusher* baru yang andal dan valid secara kalkulasi teknik untuk mengeliminasi cacat *component shifting*, menaikkan nilai FPY, menekan biaya *scrap/rework*, serta mempercepat waktu pemeliharaan alat bantu oleh teknisi.
2. Kontribusi bagi Dunia Akademis (*Scientific Contribution*): Menjadi referensi ilmiah tambahan dalam bidang teknik mesin dan *tool engineering*, khususnya terkait aplikasi metode pencekaman positif klem radial *C-clip* dan pemodelan toleransi suaian ISO untuk mengatasi fenomena CTE *mismatch* serta *vibrational self-loosening* pada *tooling fixture* industri manufaktur.

1.6 Metode Penulisan

Sistematika metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rekayasa di dalam Tugas Akhir ini dibagi menjadi empat tahapan utama.

1. Tahap Identifikasi dan RCA: Melakukan observasi langsung terhadap mekanisme kerja *pusher* lama dan mengolah data cacat kualitas, dilanjutkan dengan pemetaan akar masalah (*Root Cause Analysis*) menggunakan Diagram Fishbone 4M (*Man, Machine, Method, material*) serta teknik interogasi berulang *5-Whys analysis*.
2. Tahap *ReDesign* Geometri (*Engineering Design*): Merancang rekonstruksi desain 3D unit *pusher* baru menggunakan perangkat lunak *CAD SolidWorks* dengan menerapkan prinsip DFM angka bulat (poros 40,00 mm) dan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memplot anotasi sistem suaian ISO longgar presisi (3,50 h7 / 3,60 H7) serta indeks kekasaran permukaan N6/N7.

3. Tahap Validasi Kuantitatif (*Mathematical Validation*): Melakukan kalkulasi matematika teknik berbasis referensi elemen mesin R.S. Khurmi & J. K. Gupta [8] serta Bhandari [5] untuk menguji kekuatan *C-clip* (*Factor of safety*), konstanta kekakuan pegas ($k = 0,4375 \text{ N/mm}$), gaya jepit operasional ($F_2 = 4,81 \text{ N}$), serta rumus ekspansi termal linear untuk memastikan ketersediaan celah kompensasi panas setingkat 0,50 mm.
4. Tahap Analisis Komparatif: Membandingkan secara teoretis keunggulan mekanis desain baru terhadap draf perhitungan kegagalan tegangan termal tekan ($\sigma_{\text{total}} = 415 \text{ MPa} > \sigma_{\text{yield}} = 350 \text{ MPa}$) pada sistem lama untuk ditarik menjadi kesimpulan akhir.

1.7 Sistematika Penulisan

Guna memberikan gambaran alur penulisan laporan yang terstruktur, Tugas Akhir ini disusun ke dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN
Bab ini memuat latar belakang pemilihan objek penelitian unit *pusher*, perumusan masalah kegagalan jepitan, tujuan dan batasan masalah yang berfokus pada ranah desain-kalkulasi teoretis, lokasi objek, metode penyelesaian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA
Bab ini menguraikan landasan teori dan literatur ilmiah yang mendukung penelitian, meliputi teori proses *Wave soldering*, mekanisme penahanan benda kerja (*work-holding fixture*), hukum pemuaian zat padat dan fenomena CTE *mismatch*, teori mekanika pegas heliks tekan, prinsip pelonggaran sambungan ulir akibat getaran, serta standar internasional untuk *retaining ring* DIN 6799, suaian ISO, dan kekasaran permukaan.
3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab ini menjabarkan diagram alir (*flowchart*) langkah-langkah pelaksanaan penelitian secara runut dari awal hingga akhir, teknik pengumpulan data parameter lapangan di PT XYZ, instrumen alat bantu analisis (Diagram Fishbone dan *5-Whys*), hingga tahapan pemodelan CAD dan prosedur validasi matematika teknik.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan inti dari laporan Tugas Akhir yang menyajikan data identifikasi cacat *component shifting*, dekonstruksi akar masalah multi-variabel (4M), pemaparan detail geometri dan anotasi toleransi gambar teknik baru (Pin T 60 mm dan *C-clip*), serta pembuktian kuantitatif analisis termal-mekanis komparatif antara sistem baru (FoS 17,2 & 27,7) terhadap sistem lama yang mengalami mulur plastis.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan ringkas yang menjawab seluruh rumusan masalah penelitian berdasarkan hasil kalkulasi desain yang telah dicapai, serta menyajikan saran-saran akademis yang konstruktif untuk pengembangan penelitian lanjutan di masa mendatang.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian proses identifikasi masalah, analisis *Root Cause Analysis* (RCA) multi-variabel, hingga tahapan perancangan ulang dan validasi kalkulasi rekayasa elemen mesin yang telah diuraikan pada bab ini, diperoleh dua kesimpulan utama yang secara definitif menjawab rumusan masalah penelitian:

1. Penyebab Utama Lepasnya *Pusher* pada *Fixture Wave Solder* Akar penyebab (*root cause*) lepasnya unit *pusher* eksisting adalah terjadinya kegagalan termal-mekanis pada mekanisme penguncian ulir baut-mur M4. Ketika *fixture* menembus terowongan mesin dengan suhu puncak 250°C, timbul ketidakcocokan laju ekspansi termal (*CTE mismatch*) yang ekstrem antara pelat *top pallet* Aluminium dan baut jepit *Stainless steel*. Interaksi ini memicu tegangan tekan internal hingga mencapai 415 MPa, yang secara fatal melampaui batas luluh material baja yang telah terdegradasi panas di angka 350 MPa. Akibatnya, baut mengalami deformasi plastis (mulur permanen) danelenyapkan gaya *pratekan* jepitan secara total. Tanpa sisa gaya gesek statis pada antarmuka ulir, getaran transversal kontinu dari rel konveyor memicu fenomena pelonggaran mandiri (*vibrational self-loosening*), di mana mur berputar lepas dengan sendirinya danelenyapkan kemampuan *pusher* dalam menahan PCBA.
2. Desain *Pusher* Optimal dalam Mencegah *Self-Loosening* Desain *pusher* yang optimal dan terbukti kebal secara mutlak terhadap kegagalan *self-loosening* dicapai dengan cara mengeliminasi seluruh komponen sambungan ulir dan beralih menggunakan mekanisme penguncian mekanis positif. Desain baru ini dirancang menggunakan *Body Pusher* berupa Pin T Terbalik (panjang poros pandu 40,00 mm) yang dikunci menggunakan cincin penahan radial C-Clip standar DIN 6799 Seri Nominal 2,3. Karena C-Clip bertumpu pada profil kedalaman alur fisik sebesar 0,60 mm dan sama sekali tidak bergantung pada gaya gesek rotasional, klem pengunci ini

tidak dapat diputar lepas oleh getaran transversal konveyor. Optimalisasi desain ini juga terbukti aman melalui penyediaan celah kompensasi termal 0,50 mm untuk mencegah kemacetan (*jamming*), pengaplikasian toleransi suaian ISO h7/H7 untuk kelancaran gerak luncur poros, serta kemampuan mempertahankan retensi gaya cengkeram operasional pegas yang stabil dan konstan pada level 4,81 Newton. Tingkat keandalan desain ini divalidasi oleh nilai *Factor of safety* (FoS) struktur *C-Clip* yang sangat tinggi, yakni 27,7 pada kondisi diam dan 17,2 pada kondisi dinamis ekstrem.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2 Saran

Mengingat penelitian Tugas Akhir ini memiliki batasan masalah yang berfokus penuh pada aspek optimasi desain geometri dan analisis kalkulasi mekanik teoretis tanpa masuk ke dalam implementasi proses manufaktur massal, maka diajukan beberapa saran konstruktif untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Pelaksanaan Simulasi Berbasis *Finite Element Analysis* (FEA): Disarankan untuk melakukan analisis komputasi numerik lanjutan menggunakan metode elemen hingga (FEA) pada perangkat lunak Autodesk Inventor atau ANSYS. Simulasi ini penting untuk memvisualisasikan sebaran konsentrasi tegangan (*Von Mises stress profile*), peta perpindahan posisi (*displacement map*), serta simulasi fatik (*fatigue life cycle evaluation*) pada struktur lekukan alur coakan poros Pin T akibat beban kejut termal-mekanis siklik jangka panjang.
2. Evaluasi Substitusi material Alternatif pada *Head Pusher*: Untuk memperpanjang siklus hidup komponen alat bantu (*tooling lifespan*) di bawah paparan suhu kontinu 250°C, disarankan untuk meneliti pengaruh penggunaan material polimer tingkat tinggi (*high-performance engineering plastics*) seperti *Polyether Ether Ketone* (PEEK) atau *Polytetrafluoroethylene* (PTFE/Teflon) sebagai pengganti material Nylon standar, guna menekan laju pemuaian linier aksial dan keausan gesek diameter lubang dalam.
3. Perancangan Alat Ukur Aus Khusus (*Go/No-go gauge maintenance*): Disarankan untuk merancang sebuah sistem pemantauan fungsional berkala berupa alat ukur batas aus (*maintenance check gauge*) untuk memeriksa tingkat penipisan diameter inti alur poros Pin T dan ketebalan klem *C-Clip* DIN 6799 setelah melewati ribuan siklus produksi perakitan, guna mencegah terjadinya kegagalan geser klem secara mendadak di dalam lini manufaktur PT XYZ.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SRA Soldering Products, How to *Solder* Electronics: 15 Rules for Successful Soldering, Walpole, MA, USA: SRA Soldering Products, 2020. [Online]. Tersedia: <https://www.sra-solder.com/>.
- [2] Sierra circuits, "Making Sense of *Wave soldering*," Sierra circuits Blog, 2022. [Online]. Tersedia: <https://www.protoexpress.com/blog/making-sense-wave-soldering/>.
- [3] J. H. Lau, Ed., *Solder Joint Reliability: Theory and Applications*, New York, NY, USA: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [4] Advanced Mechatronics Solutions, Inc., HW-450 *Wave soldering Machine* Brochure, San Diego, CA, USA: AMS, Inc., 2019. [Online]. Tersedia: <https://www.ams-fa.com/product/wave-soldering-Machine/>.
- [5] V. B. Bhandari, *Design of Machine Elements*, 4th ed. New Delhi, India: McGraw-Hill Education, 2017.
- [6] I. Suchy, *Handbook of Die Design*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2006.
- [7] R. S. Khurmi, *A Textbook of Engineering Mechanics (SI Units)*, New Delhi, India: S. Chand & Company Ltd., 2008.
- [8] R. S. Khurmi dan J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design (S.I. Units)*, ke-14 ed., New Delhi, India: Eurasia Publishing House (Pvt.) Ltd., 2005.
- [9] Misumi Corporation, *Coil Springs Product Catalog*, Tokyo, Jepang: Misumi Group Inc., 2024. [Online]. Tersedia: <https://th.misumi-ec.com/en>.
- [10] B. Eccles, "Self-loosening of threaded fasteners," *Fastener + Fixing Technology*, vol. 61, no. 12, hlm. 22-23, 1992. [Online]. Tersedia: <https://www.boltscience.com/>.
- [11] B. Eccles, "The loosening of prevailing torque nuts," *Fastener + Fixing Technology*, no. 60, hlm. 96, Nov. 2009. [Online]. Tersedia: <https://www.boltscience.com/>.
- [12] A. Tashk, "*Thermal Effect on Bolt Preload*," LinkedIn Articles, 2026. [Online]. Tersedia: <https://www.linkedin.com/pulse/thermal-effect-bolt->



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

preload-ardavan-tashk-5rxqc/.

- [13] W. D. Callister, Jr. dan D. G. Rethwisch, *materials Science and Engineering: An Introduction*, ke-10 ed., New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2018.
- [14] F. D. Jones, Ed., *Jig and Fixture Design*, ke-1 ed., New York, NY, USA: The Industrial Press, 1920.
- [15] A. A. Dowd dan F. W. Curtis, *Tool Engineering: Jigs and Fixtures*, ke-1 ed., New York, NY, USA: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1922.
- [16] H. Radhwan, M. S. M. Effendi, M. F. Rosli, Z. Shayfull, dan K. N. Nadia, "Design and Analysis of Jigs and Fixtures for Manufacturing Process," IOP Conference Series: materials Science and *Engineering*, vol. 551, no. 1, hlm. 012028, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/551/1/012028.
- [17] The *Engineering ToolBox*, "Linear Thermal Expansion Coefficients," The *Engineering ToolBox*, 2026. [Online]. Tersedia: https://www.engineeringtoolbox.com/linear-expansion-coefficients-d_95.html.
- [18] S. H. Sakdiyah, N. Eltivia, dan A. Afandi, "Root Cause Analysis Using Fishbone diagram: Company Management Decision Making," *Journal of Applied Business, Taxation and Economics Research (JABTER)*, vol. 1, no. 6, hlm. 566-576, Agu. 2022. doi: 10.54408/jabter.v1i6.103.
- [20] F. Sulianta, "Diagram Fishbone untuk Berbagai Kebutuhan," Fakultas Teknik, Universitas Widyatama, Bandung, Indonesia, Makalah Ilmiah, 2024.
- [21] H. A. Yuniarto, A. D. Akbari, dan N. A. Masruroh, "Perbaikan pada Fishbone diagram sebagai Root Cause Analysis Tool," Departemen Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, Laporan Riset Teknis, 2012.
- [22] Huyett, *E-Clip External Retaining ring Clip 2.3 mm Stainless steel Passivated DIN 6799 (Part Number: DE-023-SS) Product Specifications*, Kansas, USA: G.L. Huyett, 2026. [Online]. Tersedia: <https://www.huyett.com>.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

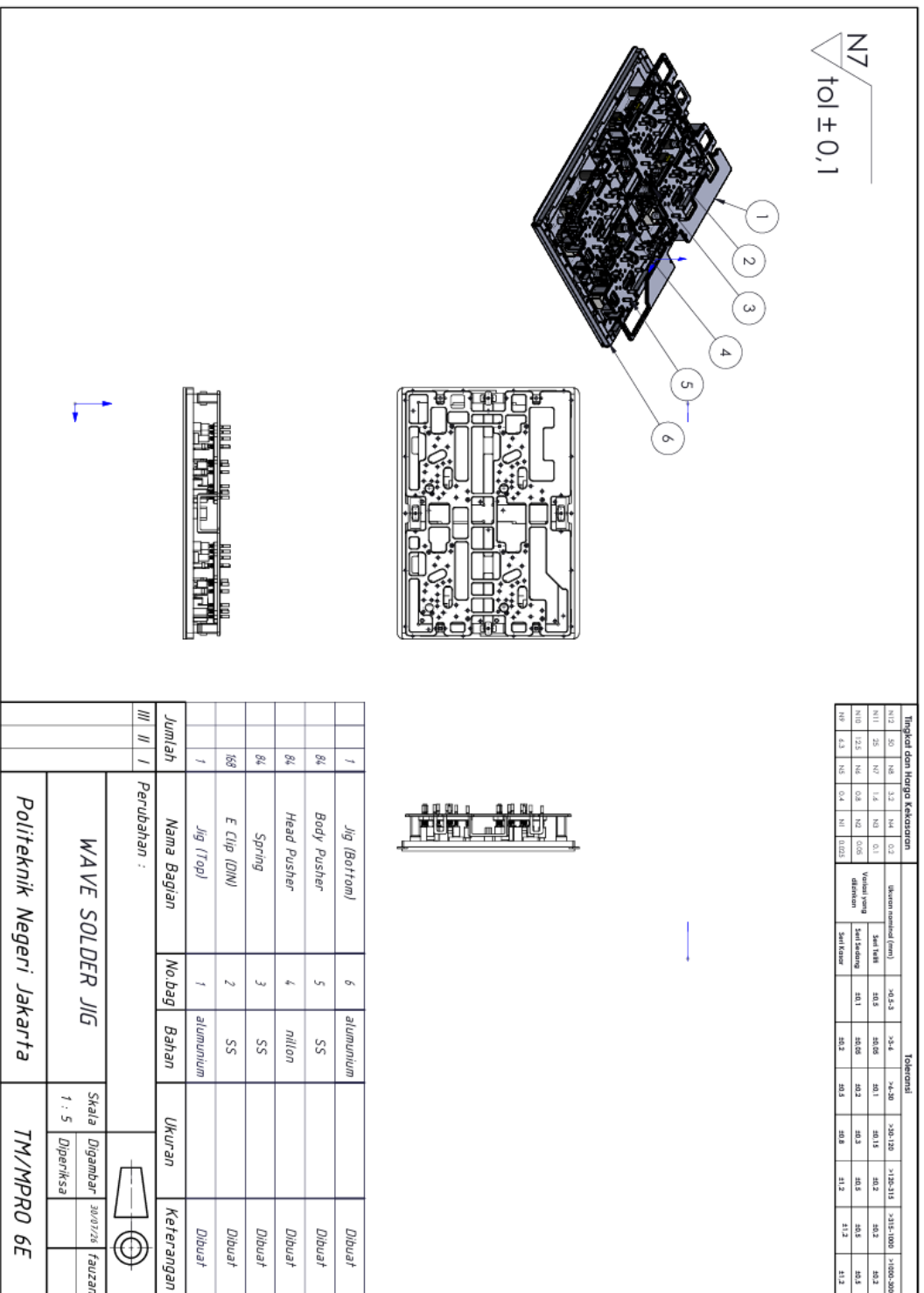
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 23] Solihin, R. Muhendra, A. V. Prasmoro, and A. Munawir, "Prediksi Kualitas Penyolderan pada Mesin *Solder Wave* Menggunakan Metode FIS dan ANFIS Model Sugeno," *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 24-34, Apr. 2025.
- 24] A. M. Saefudin and B. Yuwono, "Perancangan dan Manufaktur *Jig* dan *Fixture* Inovatif alat bantu Marking Proses Coupling Tubing Beridameter 2 hingga 7 Inch dalam upaya meningkatkan Efisiensi Waktu," *Prosiding B Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, pp. 2514-2521, 2025.
- 25] I. Setiawan *et al.*, "Penerapan *Jig & Fixture* pada Produksi Massal di Industri Manufaktur," *Jurnal Media Teknik & Sistem Industri*, vol. 7, no. 2, pp. 104-111, 2023, doi: 10.35194/jmtsi.v7i2.3165.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

LAMPIRAN

Lampiran 1. Wave Solder Jig

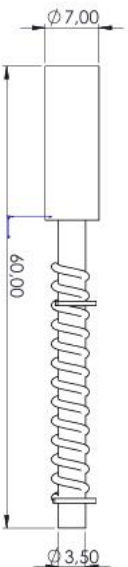
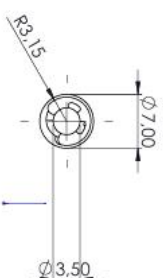
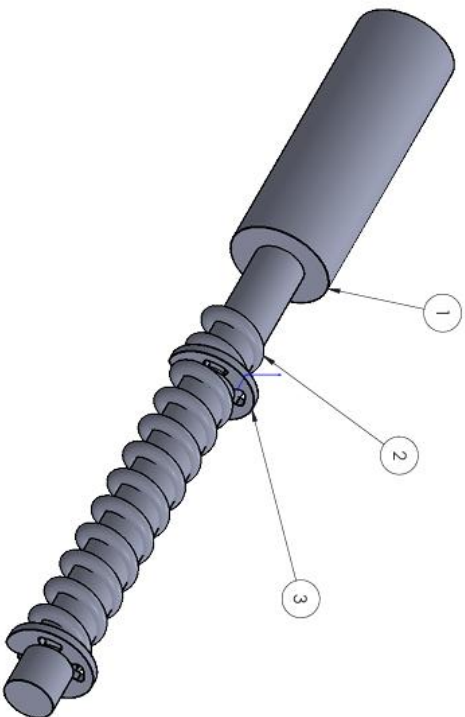


Hak Cipta :

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



N7
tol $\pm 0,1$



Tingkat dan Harga Ketetapan									
Ukuran nominal (mm)					Toleransi				
N10	50	N16	3.2	N4	0.2	>0.3-1	>1-3	>3-10	>10-315
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	0.3	10.1	10.15	10.2
Variasi yang diberikan					Seri Standar				
N18	12.5	N6	0.8	N2	0.05	10.1	10.2	10.3	10.5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025	10.2	10.3	10.4	11.2

Jumlah				Perubahan :			
Nama Bagian				Ukuran			
No. bag				Keterangan			
Bahan				Dibuat			
1	Head Pusher	4					
2	C Clip	3					
1	Spring	2					
1	Body Pusher	1					
PUSHER ASSEMBLY				Skala			
Politeknik Negeri Jakarta				Diperiksa			

Lampiran 2. Pusher Assembly

Hak Cipta:

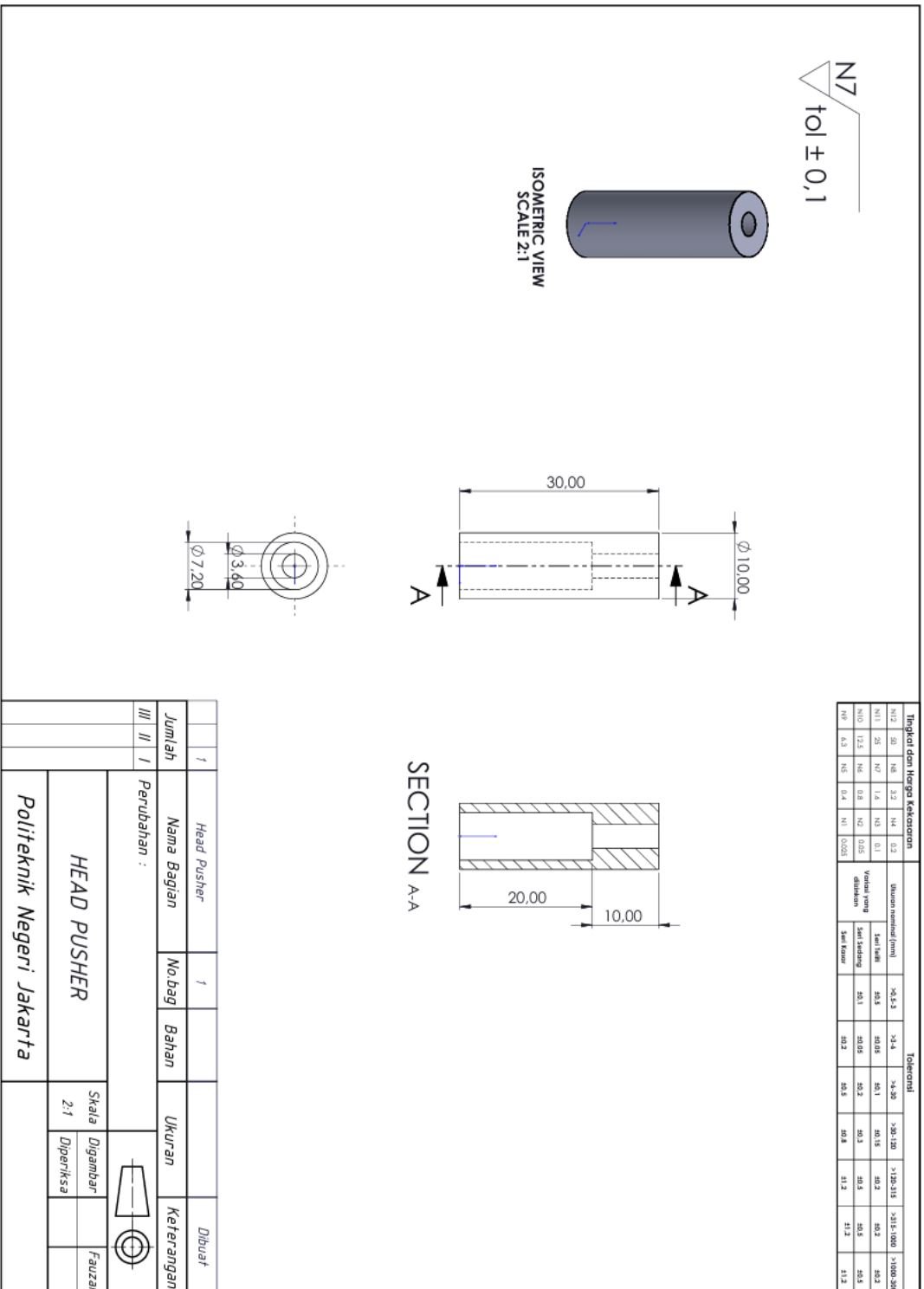
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



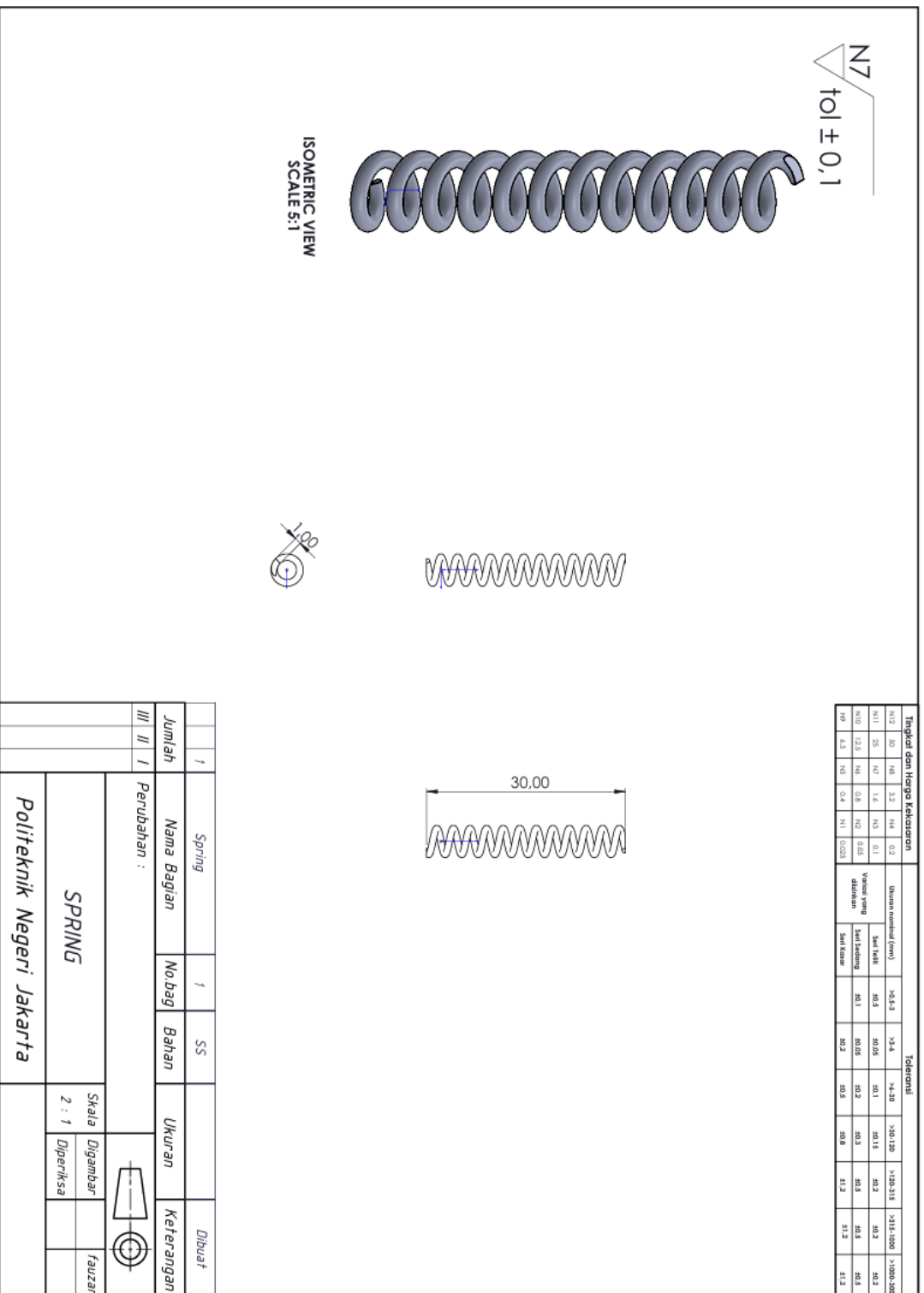
- N7
tol ± 0,1
-
- ISOMETRIC VIEW
SCALE 2:1
-
-
-
- SECTION A-A
- | Tingkat dan Harga Kekasaran | | | | Toleransi | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------|-------|-------|---------|----------|-----------|-----------|------------------------|--|--|
| No | Kelas | R _a | R _p | Skorasi nominal (mm) | | | | | | | | | |
| | | | | >0.5-3 | >3-6 | >6-10 | >10-120 | >120-315 | >315-1000 | >1000-300 | Variasi yang diberikan | | |
| N12 | 50 | 148 | 3.2 | 144 | 0.2 | 10.5 | 10.65 | 10.15 | 10.2 | 10.5 | Skorasi yang diberikan | | |
| N11 | 25 | N7 | 1.6 | N3 | 0.1 | 10.1 | 10.05 | 10.3 | 10.5 | 10.5 | Skorasi yang diberikan | | |
| N10 | 12.5 | 146 | 0.8 | N2 | 0.05 | 10.1 | 10.2 | 10.3 | 10.5 | 10.5 | Skorasi yang diberikan | | |
| N9 | 6.3 | 145 | 0.4 | N1 | 0.025 | 10.2 | 10.3 | 10.3 | 10.5 | 10.5 | Skorasi yang diberikan | | |
- | Perubahan : | | | | Dibuat | | | |
|-------------|--|--|--|------------|--|--|--|
| Nama Bagian | | | | Keterangan | | | |
| No bag | | | | Diperiksa | | | |
| Bahan | | | | Fauzan | | | |
| Ukuran | | | | Diperiksa | | | |
| Perubahan : | | | | Diperiksa | | | |
| Nama Bagian | | | | Diperiksa | | | |
| No bag | | | | Diperiksa | | | |
| Bahan | | | | Diperiksa | | | |
| Ukuran | | | | Diperiksa | | | |
| Perubahan : | | | | Diperiksa | | | |
| Nama Bagian | | | | Diperiksa | | | |
| No bag | | | | Diperiksa | | | |
| Bahan | | | | Diperiksa | | | |
| Ukuran | | | | Diperiksa | | | |
| Perubahan : | | | | Diperiksa | | | |
| Nama Bagian | | | | Diperiksa | | | |
| No bag | | | | Diperiksa | | | |
| Bahan | | | | Diperiksa | | | |
| Ukuran | | | | Diperiksa | | | |
| Perubahan : | | | | Diperiksa | | | |
| Nama Bagian | | | | Diperiksa | | | |
| No bag | | | | Diperiksa | | | |
| Bahan | | | | Diperiksa | | | |
| Ukuran | | | | Diperiksa | | | |
| Perubahan : | | | | Diperiksa | | | |
| Nama Bagian | | | | Diperiksa | | | |
| No bag | | | | | | | |

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 5. Spring

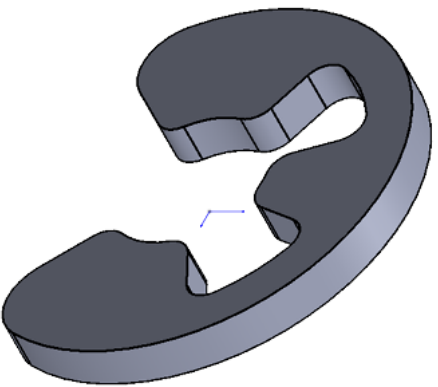


Hak Cipta :

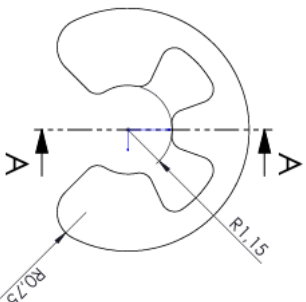
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



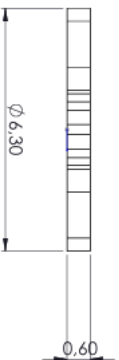
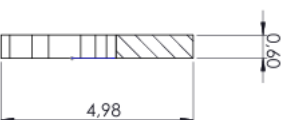
N7
tol $\pm 0,1$



ISOMETRIC VIEW
SCALE 20:1



SECTION A-A
SCALE 10:1



Tingkat dan Harga Kekasaran				Toleransi									
No	R _a	R _m	R _p	Skala nominal (mm)		Skal 1:1		Skal 1:2		Skal 1:5		Skal 1:10	
				10-5-3	10-4-3	10-3-3	10-2-3	10-1-3	10-0-3	10-0-3	10-0-3	10-0-3	10-0-3
N7.2	50	N8	3.2	N4	0.2								
N7.1	25	N7	1.6	N3	0.1								
N7.0	12.5	N6	0.8	N2	0.05								
N6	6.3	N5	0.4	N1	0.025								

Tingkat dan Harga Kekasaran				Toleransi									
No	R _a	R _m	R _p	Skala nominal (mm)		Skal 1:1		Skal 1:2		Skal 1:5		Skal 1:10	
				10-5-3	10-4-3	10-3-3	10-2-3	10-1-3	10-0-3	10-0-3	10-0-3	10-0-3	10-0-3
N7.2	50	N8	3.2	N4	0.2								
N7.1	25	N7	1.6	N3	0.1								
N7.0	12.5	N6	0.8	N2	0.05								
N6	6.3	N5	0.4	N1	0.025								

© Hak Cipta Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6. Clip DIN 6799

Hak Cipta:

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

