

**PERENCANAAN MESIN OTOMATIS UNTUK
PEMASANGAN SEKRUP CAPSTAN DENGAN PEMETAAN
WAKTU PROSES UNTUK MENINGKATKAN
KESELAMATAN KERJA DAN PRODUKTIFITAS
DI PT YAMAHA INDONESIA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

**Nama : Muhammad Nur Fauzi
No. Mahasiswa : 18525125
NIRM : 2018052120**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERENCANAAN MESIN OTOMATIS UNTUK
PEMASANGAN SEKRUP CAPSTAN DENGAN PEMETAAN
WAKTU PROSES UNTUK MENINGKATKAN
KESELAMATAN KERJA DAN PRODUKTIFITAS
DI PT YAMAHA INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Nur Fauzi
No. Mahasiswa : 18525125
NIRM : 2018052120

Yogyakarta, 12 Februari 2024

Pembimbing,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PERENCANAAN MESIN OTOMATIS UNTUK
PEMASANGAN SEKRUP CAPSTAN DENGAN PEMETAAN
WAKTU PROSES UNTUK MENINGKATKAN
KESELAMATAN KERJA DAN PRODUKTIFITAS
DI PT YAMAHA INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Nur Fauzi
No. Mahasiswa : 18525125
NIRM : 2018052120

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Ketua

Tanggal : 08-03-2024

Purtojo, S.T., M.Sc.

Anggota I

Tanggal : 05-03-2024

Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP

Anggota II

Tanggal : 04 Maret 2024



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmannirrahiim.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan ini merupakan hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 7 Februari 2024



Muhammad Nur Fauzi

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Orang tua, Saudari Saya yang turut selalu mendukung dalam segala kegiatan belajar dan bekerja.
2. PT. Yamaha Indonesia yang telah memberikan kesempatan , waktu, serta ilmu dalam membimbing siswa latih selama kegiatan magang dan proses pengerjaan tugas akhir.
3. Ketua jurusan program studi Teknik Mesin UII dan dosen pembimbing, Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP dan Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. yang selalu memberikan dorongan dan masukan – masukan agar tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

HALAMAN MOTTO

"Barang siapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya."

(Q.S Al-Zalzalah: 7)

"Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan."

(HR Tirmidzi)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur Penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat mengerjakan dan menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul PERENCANAAN MESIN OTOMATIS UNTUK PEMASANGAN SEKRUP CAPSTAN DENGAN PEMETAAN WAKTU PROSES UNTUK MENINGKATKAN KESELAMATAN KERJA DAN PRODUKTIFITAS DI PT YAMAHA INDONESIA.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini masih terdapat kekurangannya. Dalam penyusunan laporan ini, penulis telah mendapat pengarahannya serta bimbingan dan petunjuk-petunjuk dari berbagai pihak, karena itu selayaknya penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga masih diberi nikmat sehat dan sempat dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Keluarga tercinta orang tua dan adik yang telah memberikan dukungan dengan seluruh doa dan bantuan lainnya agar penulis bisa menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Muhammad Khafidh, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng yang membantu penulis untuk dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir dengan data-data dari PT. Yamaha Indonesia.
5. Bapak H. Syamsuddin D.S Selaku Wakil Presiden Direktur PT. Yamaha Indonesia dan seluruh pimpinan yang telah memberi kesempatan yang sangat berharga kepada saya untuk dapat melakukan tugas akhir di PT. Yamaha Indonesia.
6. Bapak Mohammad Syah Fatahillah serta seluruh jajarannya yang telah membantu dan membimbing dalam menjalani kegiatan magang di PT. Yamaha Indonesia.
7. Bapak Pandji, Bapak Bana, dan seluruh karyawan bagian Facility PT. Yamaha Indonesia yang telah membimbing dalam melaksanakan project

dan memberikan pelajaran yang berkaitan dengan manufaktur dan pemesinan.

8. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII maupun dosen lainnya yang telah banyak mengajarkan ilmunya dengan sepenuh hati.
9. Sahabat-sahabat terbaik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini.

Akhir kata, penulis menyadari laporan ini masih terdapat kekurangan, namun laporan perencanaan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan dengan pemetaan waktu proses ini diharapkan dapat memberikan masukan positif bagi yang membaca.

Yogyakarta, 9 Februari 2024

Muhammad Nur Fauzi

ABSTRAK

PT. Yamaha Indonesia (YI) adalah sebuah perusahaan manufaktur yang memiliki fokus utama pada produksi alat musik piano. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi solusi inovatif dalam meningkatkan produktifitas pada proses pemasangan sekrup capstan pada *keyboard* di PT. Yamaha Indonesia, dengan fokus pada kelompok *first regulation UP*. Proses ini masih banyak dilakukan secara manual, yang berpotensi menyebabkan risiko keselamatan bagi operator. Dengan merancang mesin otomatis yang sesuai dengan kebutuhan produksi, penelitian ini mengatasi masalah efisiensi dan keselamatan kerja. Mesin otomatis ini menggunakan sistem transmisi silinder pneumatik dan *ballscrew* untuk menjalankan operasinya. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi peningkatan produktivitas dan keselamatan kerja di PT. Yamaha Indonesia.

Kata kunci: Produktifitas, keselamatan kerja, pemasangan sekrup capstan

ABSTRACT

PT. Yamaha Indonesia (YI) is a manufacturing company with a primary focus on producing piano musical instruments. This research aims to identify innovative solutions to enhance productivity in the process of installing capstan screws on keyboards at PT. Yamaha Indonesia, with a specific focus on the first regulation group. Currently, this process relies heavily on manual labor, potentially posing safety risks to operators. By designing an automated machine tailored to production needs, this research addresses issues of efficiency and workplace safety. The automated machine employs a pneumatic cylinder and ballscrew transmission system to carry out its operations. The results of this study indicate the potential for increased productivity and improved workplace safety at PT. Yamaha Indonesia.

Keywords: Productivity, workplace safety, capstan insert screw

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Notasi	xiv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Proses Manufaktur	5
2.2 Desain Produk	6
2.3 Automasi dalam Industri	7
2.4 Sistem Pemasangan Sekrup	8
2.5 Sekrup Capstan	10
2.6 Pemetaan Waktu Proses	10
2.7 Pengukuran Waktu Kerja	11
2.8 <i>Man Machine Chart</i>	12
2.9 Sistem Transmisi	13
2.9.1 <i>Ball Screw</i>	13

2.9.2	Kopling	14
2.9.3	Silinder Pneumatik	15
Bab 3 metode Penelitian		16
3.1	Alur Penelitian.....	16
3.2	Kabinet yang Diproses	18
3.3	Pengukuran Waktu Kerja	19
3.4	<i>Man Machine Chart</i>	20
3.4.1	<i>Man Machine Chart</i> Kondisi Aktual.....	21
3.4.2	<i>Man Machine Chart</i> Hasil Perencanaan.....	22
3.5	Desain Produk	23
3.6	Perencanaan Pemetaan Waktu Proses Mesin	24
3.7	Komponen Sistem Transmisi yang Direncanakan	27
3.7.1	<i>Ballscrew</i>	27
3.7.2	Silinder Pneumatik	27
3.8	Menentukan Kecepatan Gerak Sistem Transmisi	28
3.8.1	Menghitung Kecepatan fluida yang Dibutuhkan	28
3.8.2	Menghitung Kecepatan Putar <i>Shaft Ballscrew</i>	32
Bab 4 Hasil dan Pembahasan		35
4.1	Menentukan Kontruksi Mesin.....	35
4.1.1	Menghitung Kecepatan Putar <i>Shaft Ballscrew</i>	37
4.2	Pemetaan Waktu Proses Mesin dengan Dua <i>Head Driver</i>	38
Bab 5 Penutup.....		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	41
Daftar Pustaka		42

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1	Jarak antar lubang capstan.....	19
Tabel 3-2	<i>Flow process</i> pemasangan sekrup capstan	20
Tabel 3-3	<i>Flow process</i> pemasangan <i>hammer</i>	20
Tabel 3-4	<i>MM Chart</i> kondisi aktual 1 operator dan 2 mesin.....	21
Tabel 3-5	<i>MM Chart</i> hasil perencanaan 1 operator dan 2 mesin.....	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Pemasang sekrup pneumatik.....	8
Gambar 2-2	Pemasang sekrup elektrik	9
Gambar 2-3	Pemasang sekrup elektrik	10
Gambar 2-4	<i>Ballscrew</i>	13
Gambar 2-5	Kopling	14
Gambar 2-6	Silinder pneumatic	15
Gambar 3-1	<i>Flowchart</i> alur penelitian.....	17
Gambar 3-2	Struktur <i>keyboard</i> tampak depan	18
Gambar 3-3	Struktur <i>keyboard</i> tampak atas.....	18
Gambar 3-4	Sekrup capstan yang sudah terpasang.....	19
Gambar 3-5	Desain tampak depan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan dengan satu head driver	23
Gambar 3-6	Bagian <i>head driver a</i>	25
Gambar 3-7	<i>Flow process chart 1 head driver</i>	26
Gambar 3-8	Ilustrasi Parameter pada Silinder Pneumatik	28
Gambar 4-1	Desain mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan dengan dua head-driver	35
Gambar 4-2	Desain tampak depan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan dengan dua <i>head driver</i>	36
Gambar 4-3	Bagian <i>head driver b</i>	39
Gambar 4-4	<i>Flow process chart 2 head driver</i>	40

DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang (m^2)
d	= Diameter (m)
v	= Velocity/ kecepatan (m/s)
s	= Stroke/ jarak antar lubang (m)
t	= Waktu (s)
Q	= Flow rate fluida (m^3/s)
F	= Kecepatan berputar rotasi per menit (rpm)
<i>lead</i>	= lead ball screw (m)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Yamaha Indonesia (YI) adalah sebuah perusahaan manufaktur yang memiliki fokus utama pada produksi alat musik piano. Sebagai anggota dari *Yamaha Corporation* yang berbasis di Hamamatsu, Jepang, PT. Yamaha Indonesia memiliki peran penting dalam industri musik internasional dengan menghasilkan alat musik berkualitas tinggi. Dalam mendukung operasional produksinya, perusahaan ini telah menerapkan budaya *kaizen* atau perbaikan berkelanjutan pada semua tahap proses produksinya. Pendekatan ini digunakan untuk terus meningkatkan kualitas dan produktivitas yang dihasilkan.

Piano akustik, sebagai salah satu produk unggulan PT. Yamaha Indonesia, adalah instrumen musik yang beroperasi berdasarkan prinsip mekanik untuk menghasilkan suara yang khas. Ini berbeda dengan keyboard elektronik yang menghasilkan suara secara elektronik. *Keyboard* akustik terdiri dari berbagai komponen utama, seperti senar, palu, papan klaviatur, dan *soundboard*, yang bekerja untuk menciptakan suara yang indah.

PT. Yamaha Indonesia memiliki standar kualitas yang terus berkembang dalam produksi piano akustik, sehingga terdapat potensi untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam proses produksinya. Saat ini, sebagian besar proses di departemen *Assy UP*, terutama pada kelompok *first regulation UP*, masih dilakukan secara manual untuk menghasilkan produk tersebut. Kondisi ini menunjukkan adanya peluang yang signifikan untuk mengimplementasikan otomatisasi dalam produksi.

Kelompok *First Regulation UP* di PT. Yamaha Indonesia memiliki tiga jalur produksi yang berbeda. Dalam struktur ini, satu operator bertanggung jawab untuk menjalankan proses pemasangan *hammer* dan pemasangan sekrup capstan untuk memenuhi kebutuhan di jalur produksi 1, sedangkan satu operator lainnya bertanggung jawab untuk proses pemasangan sekrup capstan pada jalur produksi 2 dan 3.

Keterkait dengan aspek keselamatan kerja, terdapat potensi risiko bahaya. Dilihat dari petunjuk keselamatan kerja, disebutkan bahwa "saat pedal saklar ditekan, jari tangan tidak boleh menempel atau berdekatan dengan penjepit." Namun, pada kondisi aktual, tidak ada sensor atau pengunci keselamatan yang memastikan agar anggota tubuh operator tidak mendekati penjepit atau putaran mesin. Hal ini berpotensi menyebabkan jepitan atau pelilitan pada mesin yang masih berputar, yang dapat mengakibatkan cedera atau luka serius pada tangan operator.

Melalui penelitian ini, bertujuan untuk mengidentifikasi solusi inovatif yang dapat meningkatkan produktivitas proses pemasangan sekrup capstan pada *keyboard* dengan memprioritaskan faktor keselamatan kerja. Dengan demikian, kami berharap bahwa perencanaan mesin pemasangan sekrup capstan secara otomatis dari penelitian ini akan memberikan kontribusi positif dalam upaya perbaikan berkelanjutan di PT. Yamaha Indonesia dan sekaligus mendorong perkembangan industri manufaktur alat musik yang lebih aman dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka perlu dirumuskan masalah-masalah apa saja yang dipecahkan/diselesaikan pada penelitian ini.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan mesin pemasangan capstan screw otomatis terhadap peningkatan keselamatan operator di PT. Yamaha Indonesia?
2. Bagaimana melakukan analisis proses saat ini dalam pemasangan sekrup capstan terhadap sistem transmisi sehingga dapat meningkatkan produktivitas dengan menerapkan mesin otomatis?

1.3 Batasan Masalah

1. Data-data dalam tugas akhir ini diambil di PT. Yamaha Indonesia pada mesin *capstan insert screw* di departemen *assy up*, kelompok *first regulation UP*.
2. Batasan pada analisis pengaruh penggunaan mesin pemasangan sekrup capstan secara otomatis terhadap peningkatan produktivitas dan kualitas produksi di PT Yamaha Indonesia tanpa melakukan analisis elektrikal dan pemrograman khusus terkait dengan mesin otomatis.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

1. Untuk mengurangi interaksi fisik langsung antara operator dan mesin selama proses pemasangan sekrup capstan.
2. Untuk mengidentifikasi potensi peningkatan produktivitas melalui perbaikan proses pemasangan sekrup dengan mempertimbangkan penggunaan mesin otomatis.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

1. Menghilangkan potensi bahaya dari mesin manual dan meningkatkan produktifitas.
2. Hasil analisis dan identifikasi potensi peningkatan akan memberikan panduan bagi perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan mesin otomatis tanpa melibatkan aspek pemrograman.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penelitian tugas akhir ini diuraikan bab demi bab secara berurutan agar memudahkan dalam pembahasan pokok permasalahan selama penelitian yang dibagi menjadi lima bab, yaitu bab 1 berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian yang disertai sistematika penelitian laporan. Bab 2 kajian pustaka yang digunakan sebagai dasar dalam penyelesaian masalah. Langkah-langkah dan metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini terangkum pada bab 3. Bab 4 berisikan data dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan serta penjelasan mengenai hasil yang telah dicapai. Bab 5 merupakan bab penutup berisikan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari penelitian ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Manufaktur

Proses manufaktur merupakan bidang ilmu yang melibatkan serangkaian langkah dalam mengolah bahan mentah untuk menciptakan komponen dengan dimensi dan bentuk yang ditentukan, serta dalam merakit komponen-komponen tersebut untuk menghasilkan alat atau mesin yang diinginkan. Proses manufaktur mengubah bahan baku menjadi produk jadi dengan menggunakan teknologi dan keterampilan tenaga kerja manusia.

Tahap awal dalam proses manufaktur adalah desain produk, yang melibatkan perencanaan rinci mengenai bagaimana produk akan dibentuk, termasuk spesifikasi ukuran dan bentuk yang harus dicapai. Pemilihan material yang tepat juga sangat krusial dalam proses manufaktur, karena berbagai jenis material memiliki karakteristik yang berbeda seperti kekuatan, keawetan, dan kemampuan untuk dibentuk. Oleh karena itu, pemilihan material yang sesuai harus selalu mempertimbangkan persyaratan produk akhir.

Proses pembentukan komponen produk melibatkan berbagai metode, seperti pengecoran, pemotongan, pemintalan, atau pencetakan, tergantung pada jenis produk yang dibuat dan material yang digunakan. Teknologi modern telah menghadirkan kemajuan besar dalam hal efisiensi dan akurasi proses ini. Setelah komponen-komponen dibentuk, seringkali diperlukan tahap pemrosesan lebih lanjut, seperti penggilingan, pengeboran, atau pengecatan. Kemudian, komponen-komponen ini akan dirakit bersama untuk membentuk produk akhir. Kontrol kualitas merupakan bagian penting dalam setiap tahap proses manufaktur, dimana pengujian, inspeksi, dan tindakan perbaikan dilakukan secara cermat untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar yang telah ditetapkan (Sulistyarini et al., 2018).

2.2 Desain Produk

Perkembangan teknologi telah berperan besar dalam kemajuan desain produk. Dengan teknologi yang semakin berkembang, perusahaan sekarang memiliki kesempatan untuk mengikutsertakan konsumen dalam proses perancangan produk. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk merancang produk sesuai dengan preferensi tampilan dan nilai guna yang spesifik yang diinginkan oleh konsumen, yang sering disebut sebagai desain kustom (*custom designs*). Pendekatan ini memberikan keunggulan kompetitif bagi perusahaan dengan menciptakan identitas desain yang unik dan sulit ditiru oleh pesaing (Reven et al., 2017).

1. Bentuk: Banyak produk dapat dibedakan berdasarkan bentuknya, ukuran, dan model.
2. Fitur: Produk sebagian besar dapat disajikan dengan beragam fitur yang melengkapi fungsi dasarnya. Menjadi pelopor dalam memperkenalkan fitur baru yang dianggap bernilai adalah salah satu cara yang efektif untuk bersaing.
3. Mutu: Pembeli mengharapkan produk memenuhi standar dan spesifikasi yang tinggi. Mutu kesesuaian adalah tingkat kesesuaian dan pemenuhan semua unit yang diproduksi terhadap spesifikasi yang telah dijanjikan.
4. Daya Tahan: Ini mengacu pada umur yang diharapkan dari produk dalam kondisi penggunaan normal. Daya tahan adalah atribut penting bagi beberapa jenis produk.
5. Keandalan: Pembeli sering memilih produk yang dianggap lebih andal. Keandalan adalah ukuran keuntungan bahwa produk tertentu tidak akan mengalami kerusakan atau kegagalan dalam periode tertentu.
6. Kemudahan Perbaikan: Pembeli cenderung memilih produk yang mudah diperbaiki. Kemudahan perbaikan adalah ukuran seberapa mudah produk dapat diperbaiki ketika mengalami kerusakan.
7. Gaya (Style): Ini mencerminkan penampilan dan kesan yang ditimbulkan oleh produk pada pembeli (Citra & Trisna, 2013).

2.3 Automasi dalam Industri

Saat ini, sebagian besar perusahaan dalam industri produksi dan manufaktur mengadopsi sistem otomatisasi guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi sumber daya mereka, serta mencapai hasil yang maksimal. Otomatisasi adalah teknologi yang menggabungkan aplikasi berbagai sistem, termasuk mekanik, elektronik, dan komputerisasi, melalui proses yang diatur berdasarkan program instruksional. Teknologi ini sering disertai dengan umpan balik otomatis untuk memastikan pelaksanaan instruksi dengan akurat, yang berkontribusi pada peningkatan fleksibilitas dan efisiensi (Kuswanto, 2018).

Perkembangan teknologi otomasi telah melintasi berabad-abad, khususnya setelah penemuan komponen penting seperti cam dan governor. Pada tahun 1932, Nyquist mengembangkan metode sederhana untuk mengevaluasi stabilitas sistem loop tertutup berdasarkan respons loop terbuka. Selanjutnya, pada tahun 1934, Hajien memperkenalkan istilah mekanisme servo ke dalam sistem kontrol posisi, serta membahas konstruksi mekanisme servo relai yang mampu mengikuti perubahan input secara akurat. Dalam dekade 1940-1950, penggunaan sistem kontrol otomatis semakin meluas, dan di tahun 1960-an, banyak perangkat input dan output (seperti di pabrik) telah dikembangkan, memperkompleks sistem kontrol. Perkembangan berlanjut dengan pemanfaatan komponen elektronik seperti relay dan transistor. Lalu, setelah ditemukannya integrated circuits (IC) pada awal 1960-an, perkembangan semakin pesat. Mikroprosesor, yang muncul pada tahun 1973, memicu kemajuan signifikan dalam teknologi otomasi dan merambah berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam sektor manufaktur, dan produk-produk seperti mesin cuci modern, yang menggunakan sistem otomasi tertutup yang memungkinkan pemrograman proses pencucian dengan fleksibilitas yang tinggi (Junaidi, 2015).

Di Indonesia, perkembangan Industri 4.0 sangat didorong oleh Kementerian Industri. Menteri Industri menekankan bahwa untuk bersaing dengan negara-negara industri lainnya, Indonesia harus mengikuti tren. Ini mencakup Revolusi Industri 4.0 yang melibatkan penggunaan sistem kecerdasan buatan (AI) dalam produksi. Penelitian ini khususnya berfokus pada produksi mekanik, dan secara umum, sistem AI dapat diterapkan dalam berbagai konteks yang dibutuhkan (Anaam et al., 2022).

2.4 Sistem Pemasangan Sekrup

Perkembangan industri di Indonesia terus berkembang pesat setiap tahunnya, yang berdampak pada peningkatan produksi di perusahaan-perusahaan. Seiring dengan pertumbuhan ini, kebutuhan akan alat bantu untuk mengoptimalkan pekerjaan manusia. Salah satu alat bantu yang sangat penting dalam konteks ini adalah mesin pemasangan sekrup. Mesin pemasangan sekrup memegang peranan dalam menjaga kelancaran proses kerja, kualitas produk, dan kuantitas hasil produksi. Fungsinya tidak hanya sebatas memasang sekrup, tetapi juga memberikan tekanan yang diperlukan untuk memastikan bahwa sekrup terpasang dengan kuat (Dwi Saraswati, 2017).

1. Mesin pemasangan sekrup dengan sistem pneumatik



Gambar 2-1 Pemasang sekrup pneumatik

Sumber: (Amrie, 2019)

Jenis ini menggunakan tekanan udara dari kompresor sebagai sumber tenaga. Mesin ini dapat beroperasi secara kontinu selama pasokan udara mencukupi. Namun, satu kelemahan yang perlu diperhatikan adalah

kontrol yang sulit, yang bisa menyebabkan kerusakan pada sekrup yang terlalu ketat atau terlalu longgar.

2. Mesin pemasangan sekrup dengan sistem listrik



Gambar 2-2 Pemasang sekrup elektrik

Sumber: (Shandong Hanbang Tools CO., n.d.)

Mesin ini umumnya lebih besar daripada yang berbasis pneumatik karena membutuhkan ruang untuk motor listrik. Mesin ini memiliki tingkat efektivitas yang setara dengan yang berbasis pneumatik. Selain itu, mesin ini tidak memerlukan kompresor dan dapat beroperasi selama pasokan listrik tersedia. Jenis ini juga dapat dibagi menjadi dua, yaitu yang menggunakan listrik AC dan yang menggunakan daya baterai (DC) (Sakhal et al., 2017).

Penggunaan mesin pemasangan sekrup menjadi sangat penting dalam industri, membantu meningkatkan produktivitas, kualitas, dan efisiensi pekerjaan. Pemilihan jenis mesin yang tepat sangat tergantung pada kebutuhan dan kondisi lingkungan kerja masing-masing perusahaan.

2.5 Sekrup Capstan



Gambar 2-3 Pemasang sekrup elektrik

Sumber: PT. Yamaha Indonesia

Sekrup capstan pada piano adalah bagian kunci yang digunakan untuk mengatur ketinggian aksi atau bagian mekanik yang menghubungkan kunci dengan hammer yang memukul senar. Fungsi utama dari sekrup capstan adalah untuk mengontrol jarak antara hammer dan senar, sehingga mempengaruhi volume dan karakteristik bunyi yang dihasilkan oleh piano. Desain sekrup capstan yang dapat diputar dari samping dengan tuas untuk memasuki lubang pada kunci sehingga mempermudah penyesuaian ketinggian aksi pada piano.

Penggunaan aluminium sebagai bahan untuk sekrup capstan memiliki beberapa keuntungan. Pertama, aluminium adalah logam yang ringan, sehingga mengurangi massa total dari bagian tersebut. Hal ini dapat berkontribusi pada respons dan kecepatan aksi piano, karena massa yang lebih rendah memungkinkan bagian-bagian tersebut bergerak dengan lebih cepat.

2.6 Pemetaan Waktu Proses

Pemetaan waktu proses pada suatu mesin atau *flow process chart* adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memvisualisasikan langkah-langkah dalam suatu proses produksi atau operasi proses produksi. Ini membantu dalam pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana proses tersebut berjalan, di mana mungkin terjadi penundaan atau

masalah, dan bagaimana proses tersebut dapat ditingkatkan (Oktarianingrum et al., 2019).

Flow Process Chart adalah alat visual yang digunakan untuk merepresentasikan urutan langkah-langkah dalam suatu proses. Tiga simbol utama yang digunakan dalam FPC adalah:

1. Simbol Panah (*Arrow*) yaitu mewakili pergerakan barang atau informasi dari satu langkah ke langkah berikutnya.
2. Simbol Lingkaran (*Circle*) yaitu mewakili aktivitas atau operasi dalam proses.
3. Simbol Segi Empat (*Rectangle*) yaitu mewakili inspeksi atau pengujian dalam proses.

2.7 Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu kerja, yang sering disebut sebagai *time study*, adalah metode yang digunakan untuk menentukan durasi yang dibutuhkan oleh seorang operator yang terlatih dan memenuhi kualifikasi tertentu untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu pada tingkat kecepatan kerja normal dalam kondisi lingkungan kerja optimal saat itu (Sutalaksana, 2006). Teknik pengukuran waktu kerja dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung (Wignjosoebroto, 2006).

Pengukuran waktu kerja secara langsung mencakup penggunaan stopwatch *time study* dan *work sampling*. Di sisi lain, pengukuran waktu kerja secara tidak langsung mencakup penggunaan data waktu baku (*standard data*) dan sistem waktu gerakan yang telah ditentukan sebelumnya.

Frederick W. Taylor memperkenalkan metode pengukuran waktu kerja dengan stopwatch *time study* pada abad ke-19. Metode ini terutama efektif untuk pekerjaan-pekerjaan yang memiliki durasi singkat dan dilakukan secara berulang-ulang. Hasil dari pengukuran ini digunakan untuk menetapkan waktu baku yang akan digunakan sebagai standar penyelesaian pekerjaan untuk semua pekerja yang melakukan jenis pekerjaan yang sama (Yasra et al., 2021).

2.8 *Man Machine Chart*

Sebuah diagram digunakan untuk mencatat dan menggambarkan hubungan antara waktu kerja dan waktu menganggur dalam sebuah proses produksi selama periode tertentu yang terbatas dalam satu siklus. Dalam proses ini, interaksi antara operator manusia dan mesin sering kali terjadi bergantian, di mana mesin akan bekerja ketika operator tidak aktif, dan sebaliknya. Dalam konteks ini, ada empat kemungkinan kombinasi antara pekerja (operator) dan mesin:

1. Operator bekerja, mesin menganggur (*idle*).
2. Operator menganggur, mesin bekerja.
3. Operator bekerja, mesin bekerja.
4. Operator menganggur, mesin menganggur.

Penting untuk diingat bahwa waktu menganggur, baik pada pekerja maupun mesin, dianggap sebagai kerugian yang perlu dihindari atau setidaknya diminimalkan. Namun, perlu memperhatikan batasan kemampuan manusia dan mesin. Penggunaan diagram ini bertujuan untuk mengurangi waktu yang dihabiskan dalam kondisi menganggur. Kondisi ini lebih mudah diprediksi jika terjadi pada pekerja (operator) daripada siklus kerja mesin. Oleh karena itu, perbaikan dilakukan dengan memanfaatkan waktu operator yang tidak terpakai untuk melaksanakan pekerjaan lain selama menunggu operasi mesin selesai. Ini bisa berarti operator menjalankan mesin lain atau menyelesaikan tugas-tugas lain sesuai dengan waktu yang tersedia (Yasra et al., 2021).

Efektivitas pekerja yang menangani satu atau beberapa mesin rendah, dengan banyak waktu menganggur, sedangkan di tempat lain terdapat mesin yang menganggur, maka memberikan tugas tambahan kepada pekerja tersebut dapat meningkatkan efisiensi. Sebaliknya, jika seorang pekerja terlalu sibuk dengan tugasnya hingga tidak dapat beristirahat atau menyelesaikan tugas pribadi, dapat merugikan baik perusahaan maupun pekerja itu sendiri. Pekerja yang kelelahan cenderung membuat kesalahan, yang dapat menyebabkan kerusakan mesin atau penurunan kualitas produk. Jangka panjangnya, kelelahan berkepanjangan dapat membahayakan kesejahteraan pekerja dan merusak kondisi fisik mereka.

2.9 Sistem Transmisi

Sistem transmisi merupakan komponen yang esensial dalam beragam jenis mesin dan peralatan yang bertujuan untuk mengubah gerakan atau mentransfer daya mekanis dari satu komponen ke komponen lainnya. Dalam konteks ini, sistem transmisi berfungsi sebagai perantara yang memungkinkan pengendalian, modifikasi, atau pengarahannya untuk mencapai tujuan khusus dalam berbagai aplikasi industri, otomotif, manufaktur, dan sektor lainnya. Dengan kata lain, sistem transmisi memainkan peran kunci dalam mengaktifkan, mengatur, dan mengoptimalkan pergerakan dan daya dalam mesin dan peralatan yang beragam, dan oleh karena itu, memiliki peran penting dalam pengembangan teknologi dan industri modern.

2.9.1 *Ball Screw*



Gambar 2-4 *Ballscrew*

Sumber: (Apex Precision Mechatronix Private Limited, n.d.)

Ball screw adalah suatu mekanisme penggerak yang digunakan untuk mengendalikan pergerakan dalam tiga dimensi, yaitu x, y, dan z (sumbu x, y, dan z) pada peralatan seperti mesin CNC. Berbeda dengan mekanisme penggerak pada mesin manual yang sering menggunakan ulir trapesium, ulir persegi, atau ulir segitiga, ball screw memanfaatkan ulir dengan bola-bola besi atau gotri. Fungsi utama dari ball screw adalah mengubah gerakan rotasi dari poros motor menjadi gerakan translasi pada sumbu mesin CNC. Pendekatan konstruksi seperti ini memberikan beberapa keuntungan, salah satunya adalah menghasilkan gerakan

yang lebih halus dan presisi. Hal ini disebabkan oleh koefisien gesekan yang sangat rendah antara ulir dan nut pada ball screw (Khosim, 2018).

2.9.2 Kopling



Gambar 2-5 Kopling

Sumber: (dgtkungkung, n.d.)

Kopling adalah sebuah perangkat mekanis yang berperan penting dalam menghubungkan dua poros guna mentransmisikan daya atau gerakan. Kopling-kopling yang beragam digunakan sesuai dengan hubungan geometri antara dua poros tersebut, apakah mereka sejajar, berpotongan, tidak sejajar, atau tidak berpotongan. Fungsi utama kopling adalah menjadi penghubung antara dua poros pada kedua ujungnya dalam keadaan diam, dengan tujuan meneruskan putaran dan daya antara keduanya. Selain itu, kopling juga memiliki peran penting dalam meredam beban kejut atau beban berlebihan (Khosim, 2018).

Berbagai varian kopling tersebut banyak digunakan dalam berbagai proses produksi, permesinan, konstruksi, kendaraan bermotor, dan bidang lainnya. Kopling saat ini merupakan salah satu elemen krusial dan perangkat yang sangat diperlukan dalam berbagai aplikasi. Penggunaan kopling dalam proses permesinan memiliki beberapa tujuan, seperti menghubungkan poros penggerak dan poros gerak, memberikan perlindungan dari beban berlebihan, mengubah karakteristik getaran dari unit yang berputar, menyediakan kalibrasi ketika terjadi ketidaksejajaran antara dua poros, dan mengurangi transmisi beban kejut dari satu poros ke poros lainnya (Ramadhani et al., 2022).

2.9.3 Silinder Pneumatik



Gambar 2-6 Silinder pneumatic

Sumber: (SMC Corporation, n.d.)

Silinder pneumatik adalah sebuah aktuator atau perangkat mekanis yang memanfaatkan tekanan udara yang telah terkompresi untuk menghasilkan kekuatan yang menggerakkan piston secara linier dalam gerakan bolak-balik, yaitu gerakan masuk dan keluar. Terdapat dua jenis silinder pneumatik yang paling umum digunakan dalam industri:

1. *Single Acting Cylinder*

Jenis silinder ini memiliki satu port masukan udara bertekanan. Silinder kerja tunggal menggunakan tekanan udara untuk mendorong piston dalam satu arah, biasanya dalam gerakan keluar. Untuk mengembalikan piston ke posisi awal, silinder ini menggunakan pegas yang terletak di sisi yang berlawanan.

2. *Double Acting Cylinder*

Silinder kerja ganda memiliki dua port, satu untuk *in-stroke* (gerakan masuk) dan satu untuk *out-stroke* (gerakan keluar). Silinder jenis ini memanfaatkan tekanan udara untuk mendorong piston keluar dan juga untuk menarik piston kembali ke posisi awal. Oleh karena itu, silinder kerja ganda memerlukan lebih banyak udara dan katup pengontrol arah yang lebih kompleks dibandingkan dengan silinder kerja tunggal (Subhan & Satmoko, 2016)

Kedua jenis silinder ini memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi industri dan otomasi, tergantung pada kebutuhan spesifik dalam proses produksi atau sistem yang digunakan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

a. Observasi lapangan

Observasi dilakukan di PT. Yamaha Indonesia pada departemen *Assy UP* pada kelompok *first regulation*, pada kelompok tersebut dilakukan pengamatan proses kerja, model dan kabinet apa saja yang diproduksi sampai masalah yang muncul dari kondisi di lapangan. Pengambilan data sebagai penyusunan konsep penyelesaian permasalahan atau sebagai bentuk *improvement* yang ada pada kelompok tersebut.

b. Identifikasi dan perumusan masalah

Setelah observasi di lapangan dan mengolah data yang diperlukan, selanjutnya melakukan penyusunan konsep dan merumuskan permasalahan yang ada pada kelompok *first regulation*. Penyusunan konsep meliputi solusi dalam *improvement* yang akan diterapkan pada kelompok tersebut, yaitu menghilangkan potensi bahaya dan meningkatkan produktifitas dengan Perencanaan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan.

c. Perencanaan dan penyesuaian

Perencanaan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan dilakukan dengan menyesuaikan kondisi yang ada di lapangan yaitu dengan menentukan pemetaan waktu proses, penentuan komponen mekanik, dan dimensi mesin.

d. Presentasi ke pimpinan direksi

Diskusi presentasi dilakukan bersama dengan wakil pimpinan direktur, manajer departemen, manajer user, dan kepala kelompok. Diskusi tersebut bertujuan untuk memberitahu solusi penyelesaian yang telah direncanakan agar diberikan masukan perbaikan dan persetujuan untuk melakukan fabrikasi.

e. Penetapan desain dan anggaran akhir

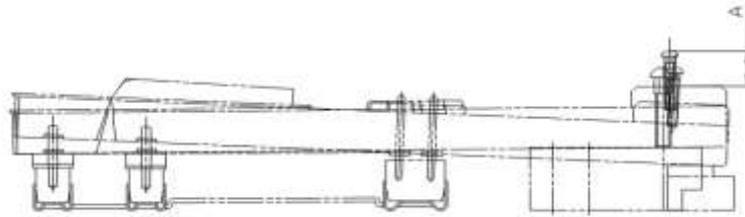
Setelah diberikan persetujuan oleh pimpinan direksi, kemudian dilakukan desain akhir yang nantinya akan dijadikan acuan untuk fabrikasi mesin dengan menyiapkan anggaran komponen apa saja dan keperluan biaya lainnya untuk perancangan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan.

Ilustrasi ringkasan seluruh tahapan penelitian dapat dilihat pada *flowchart* seperti pada gambar 3-1.



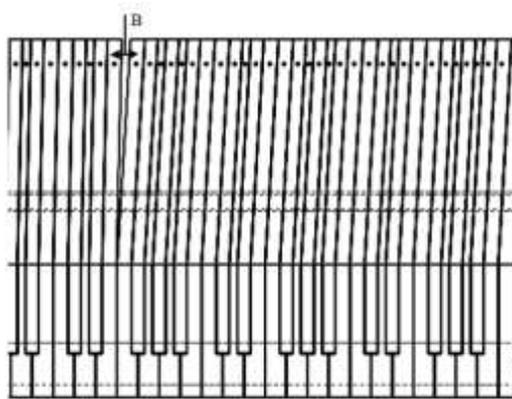
Gambar 3-1 *Flowchart* alur penelitian

3.2 Kabinet yang Diproses



Gambar 3-2 Struktur *keyboard* tampak depan

Sumber: (PT. Yamaha Indonesia)



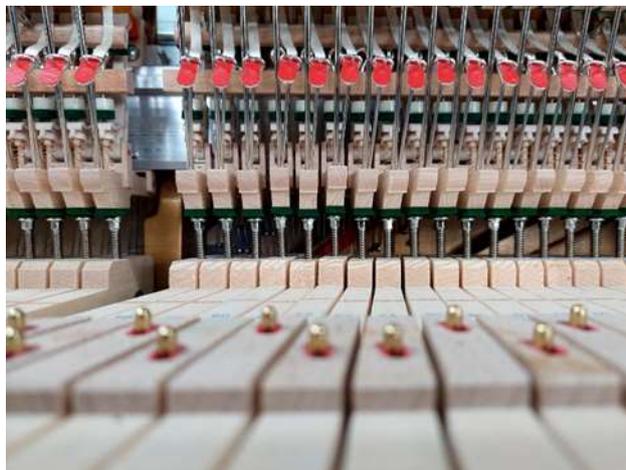
Gambar 3-3 Struktur *keyboard* tampak atas

Sumber: (PT. Yamaha Indonesia)

Kabinet yang diproses dari perencanaan ini adalah keyboard akustik dengan model UP yang akan diproses pada proses mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan. Dapat dilihat gambar 3-2 dengan keterangan (A = letak sekrup capstan) dan gambar 3-3 dengan keterangan (B = jarak lubang antar sekrup capstan). Diambil dari dokumen PT. Yamaha Indonesia untuk jarak lubang antar sekrup capstan adalah 14,40 mm.

Tabel 3-1 Jarak antar lubang capstan

Jarak	mm	Jarak	mm
1 . 2	14,4	23 . 24	14,4
2 . 3	14,4	24 . 25	14,4
3 . 4	14,4	25 . 26	14,4
4 . 5	14,4	26 . 27	14,4
5 . 6	14,4	27 . 28	14,4
6 . 7	14,4	28 . 29	14,4
7 . 8	14,4	29 . 30	14,4
8 . 9	14,4	30 . 31	14,4
9 . 10	14,4	31 . 32	32,9
10 . 11	14,4	32 . 33	13,8
11 . 12	14,4	33 . 34	13,8
12 . 13	14,4	34 . 35	13,8
13 . 14	14,4	35 . 36	14,2
14 . 15	14,4	36 . 37	13,46
15 . 16	14,4	37 . 38	14,34
16 . 17	14,4	38 . 39	14,3
17 . 18	14,4	39 . 40	14
18 . 19	14,4	40 . 41	14
19 . 20	14,4	41 . 42	13,9
20 . 21	14,4	42 . 43	13,8
21 . 22	14,4	43 . 44	14,1
22 . 23	14,4		



Gambar 3-4 Sekrup capstan yang sudah terpasang

3.3 Pengukuran Waktu Kerja

Tujuan utama dalam pengukuran waktu kerja yaitu mengidentifikasi waktu tunggu yang terjadi dalam proses produksi serta mengukur tingkat produktivitas pekerja. Metode yang diterapkan melibatkan pengamatan langsung dengan bantuan stopwatch sebagai alat pengukuran waktu yang akurat. Data waktu kerja yang diambil dengan satuan waktu dalam detik memberikan keakuratan yang tinggi dalam mengevaluasi efisiensi proses produksi. Dalam penelitian ini saya

mengambil data dari dua proses pemasangan sekrup capstan dan proses pemasangan *hammer* yang diringkas pada Tabel 3-1 dan Tabel 3-2.

Tabel 3-2 *Flow process* pemasangan sekrup capstan

Pasang Capstan Screw							
No	Isi Pekerjaan	Simbol					Waktu
		Kerja	Handling	Inspeksi	Diam	Simpan	
1	Ambil keyboard dari rak		1				7
2	Setting mesin	1					6
3	Ambil screw	1					1
4	Pasang Capstan Screw pada salah satu keyboard	1					3
5	Bawa keyboard ke piano		1				6
6	Ukur ketinggian cupstan screw pada piano		1				12
7	Bawa kembali keyboard ke meja cupstan		1				6
8	Pasang seluruh Capstan Screw	1					162
9	Bawa keyboard ke piano		1				7
10	Pasang keyboard ke piano		1				25
Total Waktu							235

Tabel 3-3 *Flow process* pemasangan *hammer*

Pemasangan Hammer							
No	Isi Pekerjaan	Simbol					Waktu
		Kerja	Handling	Inspeksi	Diam	Simpan	
1	Cek nomor hammer	1					25
2	Letakkan jig pasang hammer pada hammer assy	1					11
3	Ambil hammer assy dari action		1				9
4	Celupkan hammer assy pada lem Shinko TA 426	1					12
5	Letakkan hammer pada piano	1					34
6	Atur posisi hammer	1					185
7	Cek hassiri	1					25
8	Chek card dan masukan pada ziper bag			1			13
Total Waktu							314

3.4 *Man Machine Chart*

Kelompok *First Regulation* UP memiliki tiga jalur produksi yang berbeda. Operator 1 bertanggung jawab untuk pemasangan hammer dan pemasangan sekrup

capstan di jalur produksi 1, sementara Operator 2 menangani pemasangan sekrup capstan di jalur produksi 2 dan 3. Sehingga dilakukan analisis pada jalur produksi 1, dengan pemetaan satu orang operator dan dua mesin.

3.4.1 Man Machine Chart Kondisi Aktual

Dalam kondisi aktual, terdapat seorang operator yang bertanggung jawab atas proses pemasangan sekrup capstan dan pemasangan hammer pada jalur produksi 1 guna memastikan pasokan kebutuhan produksi pada jalur produksi tersebut terpenuhi.

Tabel 3-4 MM Chart kondisi aktual 1 operator dan 2 mesin

Aroni			Pasang Hammer			Mesin Cupstan Screw line 1		
Waktu (detik)	Simbol	Isi Pekerjaan	Waktu (detik)	Simbol	Isi Pekerjaan	Waktu (detik)	Simbol	Isi Pekerjaan
25	25	Cek nomor hammer						
36	11	Letakkan jig pasang hammer pada hammer assy						
45	9	Ambil hammer assy dari action						
57	12	Celupkan hammer assy pada lem Shinko TA 426						
91	34	Letakkan hammer pada piano						
276	185	Atur posisi hammer	314	314	Proses pasang hammer	321	321	Menunggu
301	25	Cek hassiri						
314	13	Chek card dan masukan pada zipper bag						
321	7	Ambil keyboard dari rak						
327	6	Setting mesin				327	6	Dandori
328	1	Ambil screw				328	1	Menunggu
331	3	Screw pada salah satu keyboard				331	3	Proses insert capstan
337	6	Bawa keyboard ke piano						
349	12	Ukur ketinggian cupstan screw pada piano				356	25	Menunggu
356	7	Bawa kembali keyboard ke meja cupstan						
520	164	Pasang seluruh cupstan screw	552	238	Menunggu	520	164	Proses insert capstan
527	7	Bawa keyboard ke piano				527	7	Menunggu
552	25	Pasang keyboard ke piano				552	25	Dandori

Keterangan:

Operator			
Simbol	Waktu	%	Rincian Kerja
	477	86%	Operation
	75	14%	Handling
	0	0%	Menunggu
Total	552	100%	

Pasang hammer			
Simbol	Waktu	%	Rincian Kerja
	314	57%	Operation
	238	43%	Menunggu
Total	552	100%	

Pasang capstan screw			
Simbol	Waktu	%	Rincian Kerja
	198	36%	Operation
	354	64%	Menunggu
Total	552	100%	

Berdasarkan analisis dari tabel MM Chart kondisi aktual dengan satu operator dan dua mesin yang disajikan di atas, proses pemasangan hammer dilakukan secara manual dan memerlukan waktu sekitar 314 detik, kemudian

operator bisa melanjutkan proses pemasangan sekrup capstan. Dengan demikian, total waktu yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit sekrup capstan terpasang dan hammer yang terpasang adalah sekitar 552 detik, setara dengan 9,2 menit. Terdapat waktu tunggu 321 detik, sehingga menjadi acuan waktu untuk proses otomatis pada pemasangan sekrup capstan, setidaknya sama dengan atau kurang dari waktu proses pemasangan hammer.

3.4.2 Man Machine Chart Hasil Perencanaan

Dari kondisi aktual, kita dapat mengambil informasi yang diperlukan untuk merencanakan waktu yang diinginkan untuk proses pemasangan sekrup capstan dan pemasangan *hammer*. Dengan memahami struktur operasional yang melibatkan satu operator dan dua mesin, kita dapat mengoptimalkan dengan perencanaan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan.

Tabel 3-5 MM Chart hasil perencanaan 1 operator dan 2 mesin

Aeroni			Pasang Hammer			Auto Insert Cupetan Screw		
Waktu (detik)	Simbol	Isi Pekerjaan	Waktu (detik)	Simbol	Isi Pekerjaan	Waktu (detik)	Simbol	Isi Pekerjaan
7	7	Ambil keyboard dari rak	52	52	Menunggu	7	7	Menunggu
17	10	Memposisikan keyboard				52	45	Dandori
37	20	Ukur ketinggian capstan						
52	15	Setting program mesin						
77	25	Cek nomor hammer	97	45	Dandori	352	300	Proses auto insert capstan
88	11	Letakkan jig pasang hammer pada hammer assy						
97	9	Ambil hammer assy dari action						
109	12	Celupkan hammer assy pada lem Shinko TA 426						
143	34	Letakkan hammer pada piano	366	269	Proses pasang hammer	373	21	Menunggu
328	185	Atur posisi hammer						
353	25	Cek hassiri						
366	13	Chek card dan masukan pada ziper bag						
373	7	Ambil & bawa keyboard ke piano	398	32	Menunggu	398	25	Dandori
398	25	Pasang keyboard ke piano						

Keterangan:

Simbol	Waktu	%	Rincian Kerja
Yellow	337	85%	Operation
Green	61	15%	Handling
Red	0	0%	Menunggu
Total	398	100%	

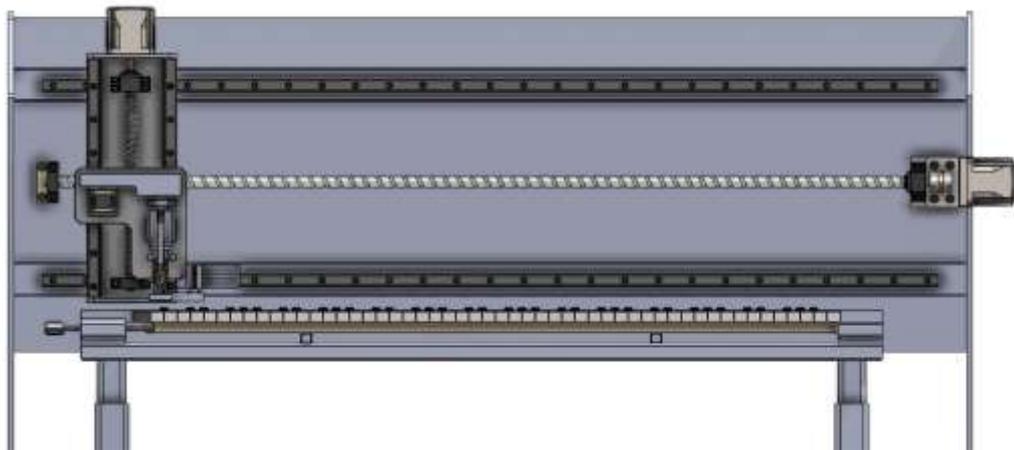
Simbol	Waktu	%	Rincian Kerja
Yellow	314	79%	Operation
Red	84	21%	Menunggu
Total	398	100%	

Simbol	Waktu	%	Rincian Kerja
Yellow	370	93%	Operation
Red	28	7%	Menunggu
Total	398	100%	

Berdasarkan analisis tabel *MM Chart* hasil perencanaan satu operator dan dua mesin yang telah disajikan, penggunaan mesin pemasangan sekrup capstan secara otomatis telah menghasilkan peningkatan signifikan. Sehingga waktu

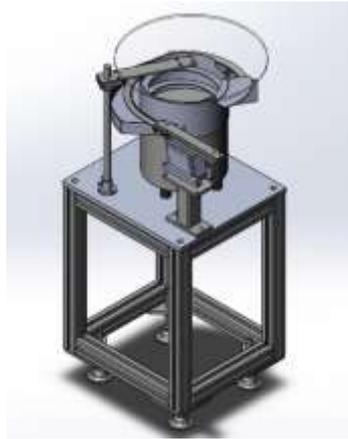
tunggu operator untuk melakukan proses pemasangan sekrup capstan menjadi sekitar 28 detik. Dengan demikian, waktu total yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit sekrup capstan terpasang dan hammer yang terpasang menjadi sekitar 398 detik atau setara dengan 6,6 menit. Hal ini menunjukkan peningkatan dalam produktivitas dan efisiensi produksi.

3.5 Desain Produk



Gambar 3-5 Desain tampak depan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan dengan satu head driver

Dimensi keseluruhan dari mesin dengan meja kerja dengan, panjang 1900 mm, lebar 1100 mm, dan tinggi 1400 mm. mesin pemasang sekrup capstan secara otomatis telah dilengkapi dengan auto feeder sekrup capstan untuk menyuplai sekrup secara efisien selama proses pemasangan. Mekanisme kerja mesin ini mencakup penyajian sekrup capstan satu per satu, diorientasikan ke satu arah, menuju mesin perakitan atau jalur pemrosesan. Sistem jalur yang menggunakan selang dan ditiup dengan udara bertekanan digunakan untuk memastikan sekrup mencapai tempat penampung sebelum diletakan pada chuck spindel.



Gambar 3-6 Desain *bowl feeder*

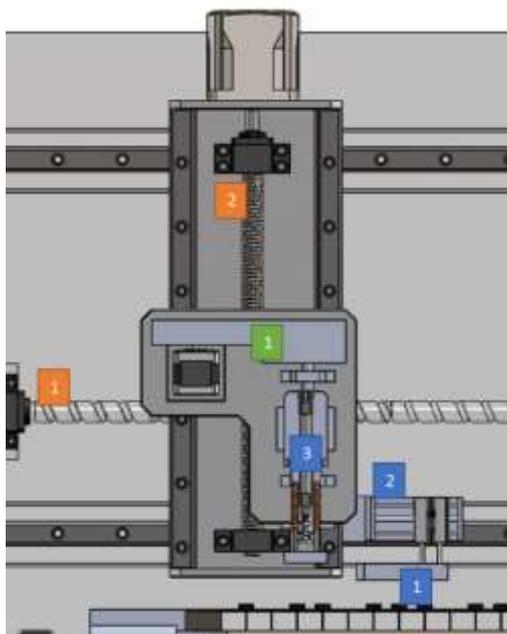
Mesin pemasang sekrup ini memiliki head dan driver sebagai fungsi dari pemasangan sekrup capstan. Bagian dari head dan driver dilengkapi komponen mekanik yang direncanakan yaitu:

- *Ballscrew* dengan arah gerak X dengan dilengkapi motor servo sebagai penggerakannya.
- *Ballscrew* dengan arah Z dengan dilengkapi motor servo sebagai penggerakannya.
- Silinder pneumatik arah X dan arah Z yang berfungsi sebagai auto feed sekrup capstan.
- Silinder pneumatik arah Z yang berfungsi mencengkram sekrup capstan
- pada spindel.

3.6 Perencanaan Pemetaan Waktu Proses Mesin

Mesin ini beroperasi dengan menggunakan program yang sesuai dengan ukuran dan lokasi 88 lubang sekrup capstan pada keyboard. Waktu proses pemesinan secara otomatis yang telah direncanakan untuk menyelesaikan pemasangan sekrup capstan pada seluruh keyboard adalah 300 detik, yang sama dengan waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk mengerjakan proses pemasangan hammer yang didapatkan dari hasil *MM Chart*. Hal ini tidak ada selisih waktu tunggu antara operator dan mesin dalam menjalankan proses produksi secara bergantian. Dengan demikian, proses produksi berjalan efisien dan terkoordinasi, meminimalkan waktu idle dan meningkatkan produktivitas keseluruhan.

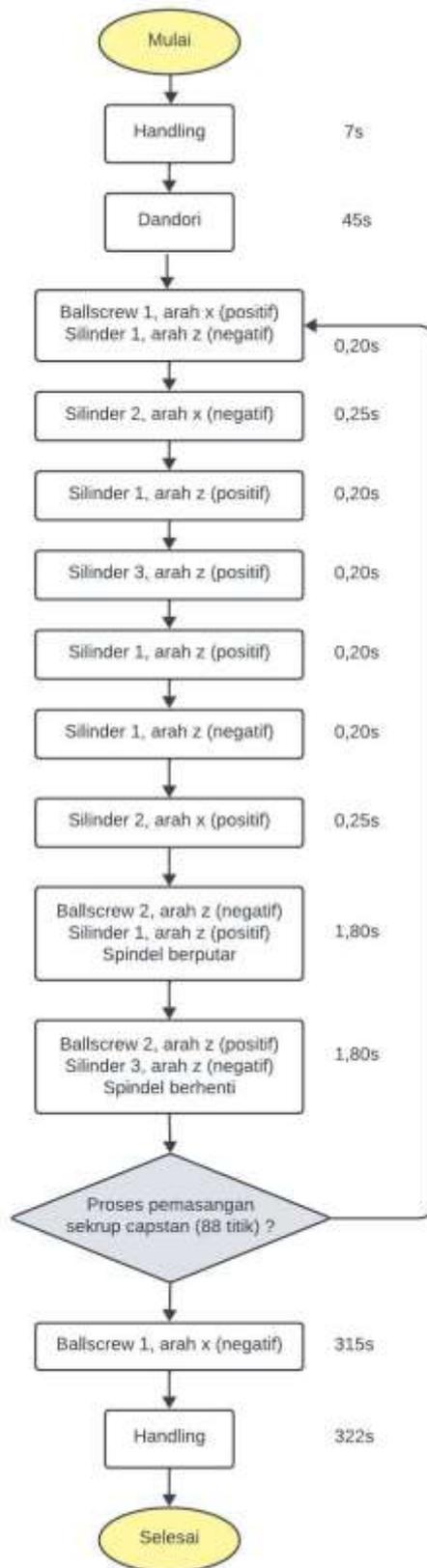
Proses mesin dimulai dengan *head* dan *driver* bergerak dari titik awal (0) ke arah kanan (positif) dengan arah sumbu x hingga mencapai posisi di mana spindel tegak lurus terhadap lubang capstan pada keyboard. Pada titik berhenti, spindel turun (negatif) dengan arah sumbu z hingga capstan masuk dengan presisi ke dalam lubang keyboard yang telah ditentukan. Setelah itu, spindel kembali naik (positif) ke posisi semula, dan mesin bergerak ke arah kanan (positif) dengan arah sumbu x untuk menuju lubang selanjutnya. Proses ini diulang sebanyak 88 kali untuk memasang sekrup capstan pada semua lubang yang ada di keyboard.



Keterangan:

1	: Silinder 1
2	: Silinder 2
3	: Silinder 3
1	: Ballscrew 1
2	: Ballscrew 2
1	: Motor Spindel

Gambar 3-7 Bagian *head driver a*



Gambar 3-8 *Flow process chart 1 head driver*

3.7 Komponen Sistem Transmisi yang Direncanakan

komponen mekanik yang diperlukan untuk mendukung perancangan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan pada *keyboard*.

3.7.1 Ballscrew

Spesifikasi mekanik *ballscrew* yang diperlukan dalam perancangan ini didasarkan pada data yang diambil dari katalog THK, dan spesifikasinya disesuaikan dengan desain perencanaan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan pada *keyboard*, sebagai berikut:

Ballscrew 1

- Diameter shaft = 16 mm
- Panjang shaft = 1400 mm
- Lead = 5 mm

Ballscrew 2

- Diameter shaft = 10 mm
- Panjang shaft = 350 mm
- Lead = 4 mm

3.7.2 Silinder Pneumatik

Spesifikasi mekanik silinder pneumatik yang diperlukan dalam perancangan ini didasarkan pada data yang diambil dari katalog FESTO, dan spesifikasinya disesuaikan dengan desain perencanaan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan pada *keyboard*, sebagai berikut:

Silinder 1

- Diameter piston = 32 mm
- Piston rod = M8
- Panjang stroke = 30 mm

Silinder 2

- Diameter piston = 20 mm
- Piston rod = M8
- Panjang stroke = 25 mm

Silinder 3

- Diameter piston = 16 mm
- Piston rod = M6
- Panjang stroke = 40 mm

3.8 Menentukan Kecepatan Gerak Sistem Transmisi

3.8.1 Menghitung Kecepatan fluida yang Dibutuhkan

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Keterangan:

A : Luas penampang

d : Diameter

$$v = \frac{s}{t}$$

Keterangan:

v : Velocity

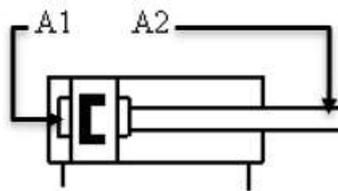
s : Stroke

t : Waktu

$$Q = A \times v$$

Keterangan:

Q : Flow rate fluida



Gambar 3-9 Ilustrasi Parameter pada Silinder Pneumatik

Sumber: (Furqon, n.d.)

Silinder Pneumatik 1

$$d1 = 32 \text{ mm}$$
$$0,032 \text{ m}$$

$$d2 = 10 \text{ mm}$$
$$0,01 \text{ m}$$

$$A1 = \frac{\pi \cdot d1^2}{4}$$
$$\frac{\pi \cdot 0,032^2}{4}$$
$$8,04 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{\pi \cdot d2^2}{4}$$
$$\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4}$$
$$7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$s = 30 \text{ mm}$$
$$0,03 \text{ m}$$

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$
$$\frac{0,03}{0,2}$$
$$0,15 \text{ m/s}$$

$$Q1 = v \times A$$
$$0,15 \times (8,04 \times 10^{-4})$$
$$1,206 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q2 = v \times A$$
$$0,15 \times (7,53 \times 10^{-5})$$
$$1,178 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Silinder Pneumatik 2

$$d1 = 30 \text{ mm} \\ 0,03 \text{ m}$$

$$d2 = 10 \text{ mm} \\ 0,01 \text{ m}$$

$$A1 = \frac{\pi \cdot d1^2}{4} \\ \frac{\pi \cdot 0,03^2}{4} \\ 7,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{\pi \cdot d2^2}{4} \\ \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \\ 7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$s = 25 \text{ mm} \\ 0,025 \text{ m}$$

$$t = 0,25 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t} \\ \frac{0,025}{0,25} \\ 0,1 \text{ m/s}$$

$$Q1 = v \times A \\ 0,1 \times (7,07 \times 10^{-4}) \\ 7,069 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= v \times A \\
 &= 0,1 \times (7,85 \times 10^{-5}) \\
 &= 7,854 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Silinder Pneumatik 3

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 16 \text{ mm} \\
 &= 0,016 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= 8 \text{ mm} \\
 &= 0,008 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \\
 &= \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} \\
 &= 2,01 \times 10^{-4} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \\
 &= \frac{\pi \cdot 0,008^2}{4} \\
 &= 5,03 \times 10^{-5} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= 40 \text{ mm} \\
 &= 0,04 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{s}{t} \\
 &= \frac{0,04}{0,2} \\
 &= 0,2 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q1 &= v \times A \\
 &= 0,2 \times (2,01 \times 10^{-4}) \\
 &= 4,02 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q2 &= v \times A \\
 &= 0,2 \times (5,03 \times 10^{-5}) \\
 &= 1,01 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Dari spesifikasi mekanik silinder pneumatik yang diperlukan dalam perancangan ini untuk pemilihan perangkat instalasi pneumatik, hasil perhitungan dari tiga silinder pneumatik adalah sebagai berikut:

1. Silinder pertama menunjukkan kecepatan fluida untuk gerak advance sebesar $1,206 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, sementara untuk gerakan return sebesar $1,178 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Silinder kedua menunjukkan kecepatan fluida untuk gerak advance sebesar $7,069 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, sementara untuk gerakan return sebesar $7,854 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Silinder ketiga menunjukkan kecepatan fluida untuk gerak advance sebesar $4,02 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, sementara untuk gerakan return sebesar $1,01 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

Hasil perhitungan ini sangat penting dalam memastikan pemilihan perangkat instalasi pneumatik yang sesuai dengan kebutuhan serta mencapai efisiensi yang diinginkan dalam penggunaannya.

3.8.2 Menghitung Kecepatan Putar *Shaft Ballscrew*

$$V = \frac{s}{t}$$

Keterangan:

- v : Kecepatan
 s : Jarak antar lubang
 t : Waktu

$$F = \frac{v}{lead} \times 60$$

Keterangan:

F : Kecepatan berputar rotasi per menit

$lead$: lead ball screw

Ballscrew 1

$$s = \begin{array}{l} 14,4 \text{ mm} \\ 0,0144 \text{ m} \end{array}$$

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t} \\ \frac{0,0144}{0,2} \\ 0,072 \text{ m/s}$$

$$lead = \begin{array}{l} 5 \text{ mm} \\ 0,005 \text{ m} \end{array}$$

$$F = \frac{v}{lead} \times 60 \\ \frac{0,072}{0,005} \times 60 \\ 864 \text{ rpm}$$

Ballscrew 2

$$s = \begin{array}{l} 120 \text{ mm} \\ 0,12 \text{ m} \end{array}$$

$$t = 1,8 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$\frac{0,12}{0,83}$$

$$0,067 \text{ m/s}$$

$$lead = 4 \text{ mm}$$

$$0,004 \text{ m}$$

$$F = \frac{v}{lead} \times 60$$

$$\frac{0,067}{0,004} \times 60$$

$$1000 \text{ rpm}$$

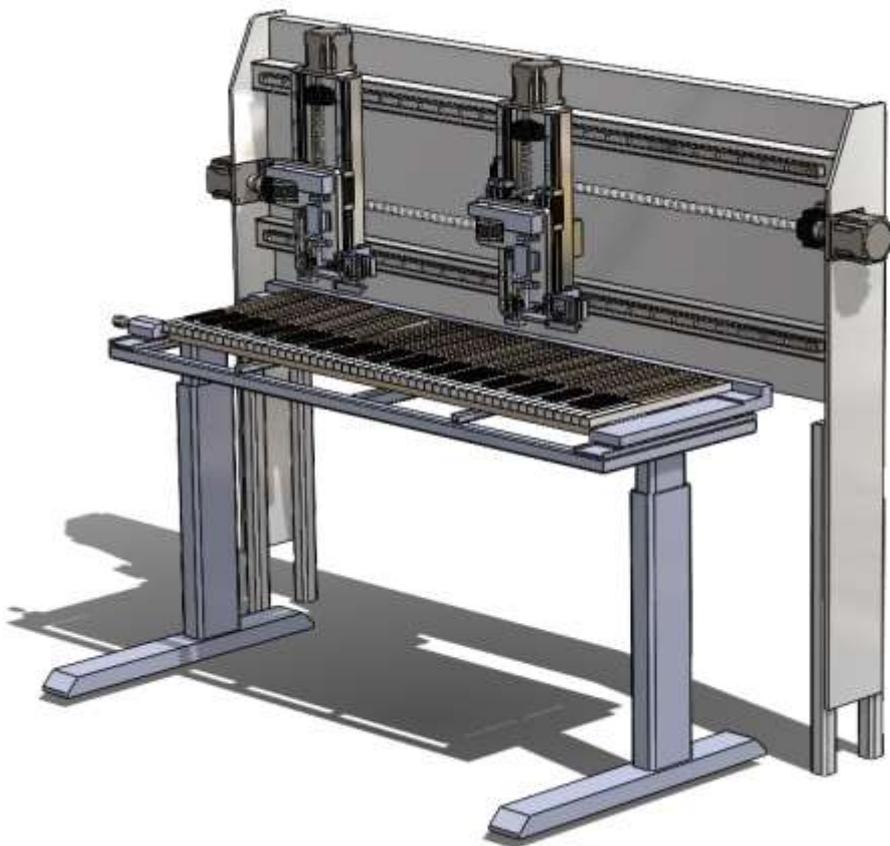
Jadi, kecepatan berputar yang dibutuhkan *ballscrew* 1 adalah 864 rpm, dan *ballscrew* 2 adalah 1000 rpm. Dari data perhitungan yang didapat *ballscrew* tersebut dimungkinkan bergetar saat berputar dikarenakan nilai rotasi per menit yang tinggi sehingga proses pemasangan sekrup capstan tidak stabil.

BAB 4

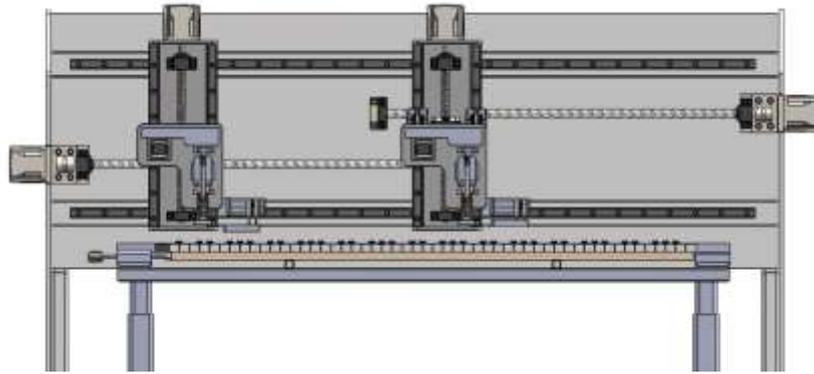
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menentukan Kontruksi Mesin

Modifikasi pada sistem ballscrew dengan menambahkan satu head driver untuk membuatnya menjadi dua head driver dalam satu mesin dapat memberikan perbaikan sehingga stabilitas sistem tersebut.



Gambar 4-1 Desain mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan dengan dua head-driver



Gambar 4-2 Desain tampak depan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan dengan dua *head driver*

Penambahan *head driver* memerlukan penyesuaian kecepatan dan percepatan pergerakan pada ballscrew. Perubahan spesifikasi dan penambahan jumlah unit, sehingga spesifikasi *ballscrew* yang dibutuhkan sebagai berikut:

Ballscrew 1:

- Diameter shaft : 16 mm
- Panjang shaft : 700 mm
- Lead : 5 mm

Ballscrew 2:

- Diameter shaft : 10 mm
- Panjang shaft : 350 mm
- Lead : 4 mm

Perubahan ini dirancang untuk mengatasi permasalahan nilai rotasi per menit yang tinggi pada ballscrew, dengan harapan dapat menghasilkan kinerja yang lebih stabil dalam aplikasi mesin ini.

4.1.1 Menghitung Kecepatan Putar *Shaft Ballscrew*

Ballscrew 1

$$s = 14,4 \text{ mm}$$
$$0,0144 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$
$$\frac{0,0144}{1}$$
$$0,0144 \text{ m/s}$$

$$\text{lead} = 5 \text{ mm}$$
$$0,005 \text{ m}$$

$$F = \frac{v}{\text{lead}} \times 60$$
$$\frac{0,0144}{0,005} \times 60$$
$$173 \text{ rpm}$$

Ballscrew 2

$$s = 120 \text{ mm}$$
$$0,12 \text{ m}$$

$$t = 3,5 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$
$$\frac{0,12}{3,5}$$
$$0,03 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{lead} &= 4 \text{ mm} \\ &0,004 \text{ m} \end{aligned}$$

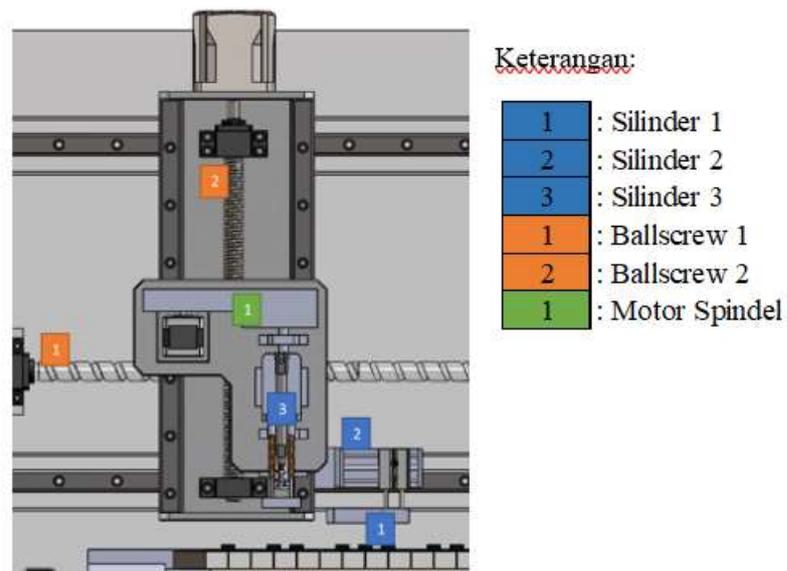
$$\begin{aligned} F &= \frac{v}{\text{lead}} \times 60 \\ &\frac{0,03}{0,004} \times 60 \\ &514 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jadi, kecepatan putar yang dibutuhkan *ballscrew* 1 adalah 173 rpm, dan *ballscrew* 2 adalah 514 rpm.

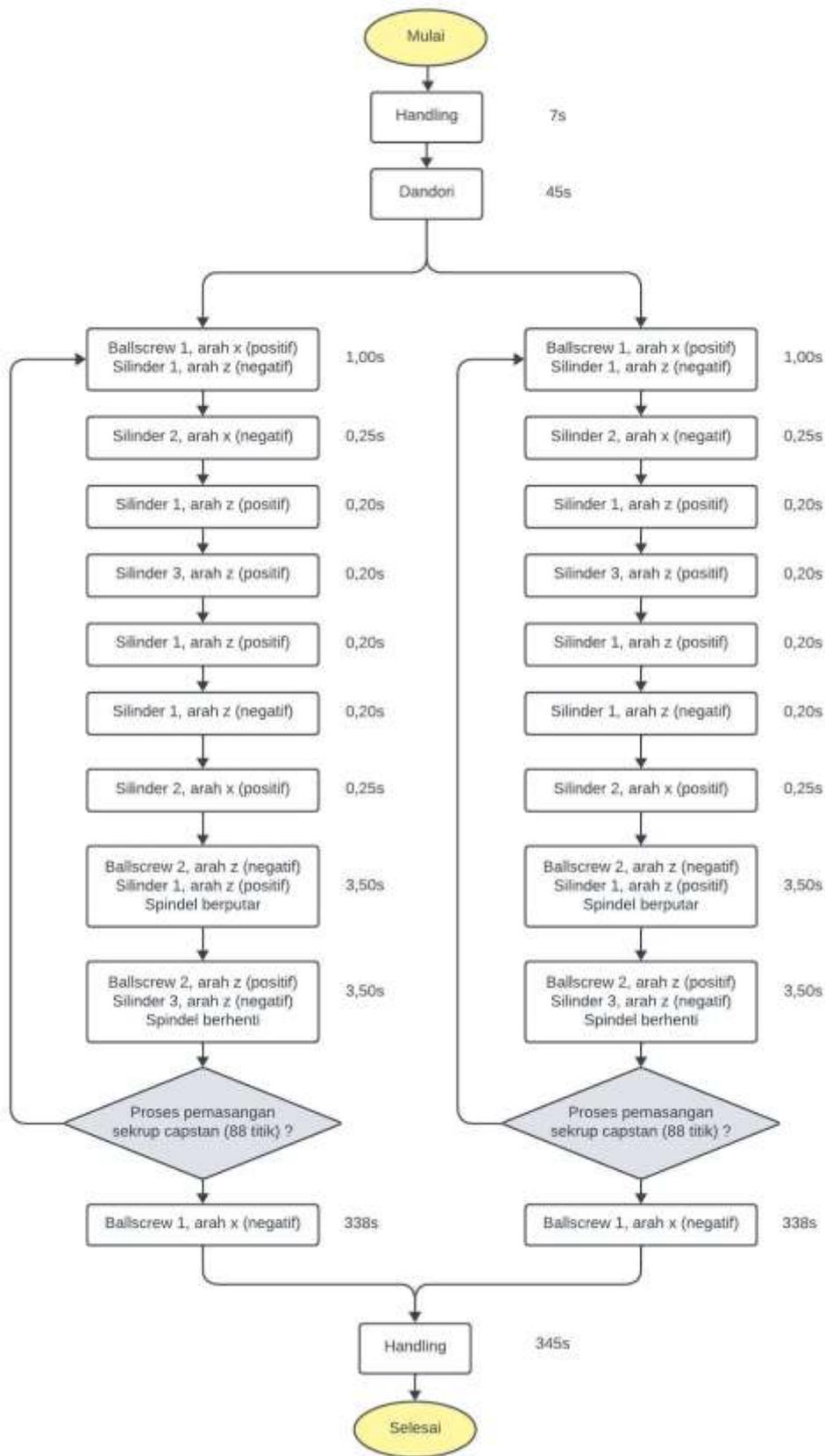
4.2 Pemetaan Waktu Proses Mesin dengan Dua *Head Driver*

Perubahan kontruksi mesin tidak mempengaruhi waktu yang signifikan dalam penyelesaian proses pemasangan sekrup capstan. Proses mesin dimulai dengan dua *head* dan *driver* yang bergerak bersama dengan dari titik awal dan akhir yang berbeda. *Head driver* satu dimulai dengan titik awal 0 dan berakhir di titik ke 44, sedangkan *head driver* dua dimulai dengan titik awal adalah 44 dan berakhir di titik ke 88.

Gerakan *head driver* dari titik awal ke arah kanan (positif) dengan arah sumbu x hingga mencapai posisi di mana spindel tegak lurus terhadap lubang capstan pada keyboard. Pada titik berhenti, spindel turun (negatif) dengan arah sumbu z hingga capstan masuk dengan presisi ke dalam lubang *keyboard* yang telah ditentukan. Setelah itu, spindel kembali naik (positif) ke posisi semula, dan mesin bergerak ke arah kanan (positif) dengan arah sumbu x untuk menuju lubang selanjutnya. Proses ini diulang sebanyak 44 kali setiap head driver untuk memasang sekrup capstan pada semua lubang yang ada di *keyboard*.



Gambar 4-3 Bagian *head driver b*



Gambar 4-4 Flow process chart 2 head driver

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menguraikan proses perancangan mesin otomatis untuk pemasangan sekrup capstan pada *keyboard* di PT. Yamaha Indonesia, dengan fokus pada kelompok *first regulation UP*. Berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

- Perbaikan proses pemasangan sekrup dengan menggunakan mesin otomatis merupakan langkah untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi risiko operator berinteraksi langsung dengan mesin selama proses tersebut.
- Penggunaan menggunakan *2 head driver* pada mesin pemasang sekrup otomatis lebih *reliable* dari pada hanya menggunakan *1 head driver*.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan hasil penelitian ini, berikut beberapa saran yang dapat diberikan:

- Perlu dilakukan langkah-langkah implementasi mesin otomatis yang telah dirancang ke dalam proses produksi sehari-hari di PT. Yamaha Indonesia. Ini melibatkan instalasi mesin, pelatihan operator, dan pemantauan kinerja mesin.
- Setelah implementasi, penting untuk melakukan pengujian dan pemantauan rutin terhadap mesin otomatis untuk memastikan bahwa itu berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dan memperbaiki masalah yang mungkin timbul.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrie, M. (2019). *9 Macam Power Tools Beserta Fungsi dan Cara Penggunaannya*. AutoExpose. <https://www.autoexpose.org/2019/11/9-macam-power-tools-beserta-fungsi-dan.html>
- Anaam, I. K., Hidayat, T., Pranata, R. Y., Abdillah, H., Yhuto, A., & Putra, W. (2022). *Pengaruh Trend Otomasi Dalam Dunia Manufaktur dan Industri*. 46–50.
- Apex Precision Mechatronix Private Limited. (n.d.). *Zuazo Ground Ball Screws*. IndiMART. <https://m.indiamart.com/proddetail/zuazo-ground-ball-screws-26287570233.html>
- Citra, K. P., & Trisna, I. N. (2013). ANALISIS PENGARUH HARGA, DESAIN PRODUK, DAN CITRA MEREK TERHADAP KEPUTUSAN PEMBELIAN (STUDI PADA PRODUK YAMAHA MIO DI KOTA CILEGON). *Analisis Pendapatan Dan Tingkat Kesejahteraan Rumah Tangga Petani*, 53(9), 1689–1699.
- dgkukung. (n.d.). *304 Diaphragm Flexible Coupling Servo Motor Shaft Coupler CNC Running D26 - D87*. Ebay. <https://www.ebay.com/itm/175081344253>
- Dwi Saraswati, I. (2017). *Perancangan Hand Grip Tahan Getaran Pada Mesin Impact Wrench*.
- Furqon, A. (n.d.). *Cara Menentukan Besarnya Ukuran Cylinder Pneumatik*. Rekayasalistrik.Wordpress.Com. <https://rekayasalistrik.wordpress.com/tag/pneumatic/>
- Junaidi, A. (2015). Internet of things, sejarah, teknologi dan penerapannya. *Teknol. Infomasi Terapapan*, 1.
- Khosim, A. (2018). *ANALISIS PERBANDINGAN CNC SHOE LAST FINISHING MACHINE (BYD-DSJ) DENGAN CNC NEWLAST DONZELLI (OD-FN7) DALAM PRODUKSI SHOE LAST DI PT . JASLIM*.
- Kuswanto, A. (2018). Peningkatan Menggunakan Metode Project Based Learning Di Smk. *Pendidik. Tek. Otomotif*, 12.
- Oktarianingrum, Dias, D., Purwaningsih, & Ratna. (2019). Kebutuhan Mesin pada Produksi Final Assy Box Speaker Type Pas 68 (B). *Journal of Industrial*

Engineering, 7(4).

- Ramadhani, D. N., Widodo, A., Prahasto, T., Jurusan, M., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2022). *Analisis kinematika mekanisme kopling oldham*. 10(3), 399–404.
- Reven, D., Ferdinand, T., & Manajemen, J. (2017). ANALISIS PENGARUH DESAIN PRODUK, KUALITAS PRODUK, HARGA KOMPETITIF, DAN CITRA MEREK TERHADAP KEPUTUSAN PEMBELIAN (Studi Pada Pelanggan Nesty Collection Jakarta). *Diponegoro Journal of Management*, 6(3), 1–13. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/management>
- Sakhal, Y., Usman, M. K., & R, S. A. (2017). *ANALISA TEKANAN UDARA TERHADAP DAYA TORSI PADA AIR IMPACT WRENCH KITS AT-A11733*. 71.
- Shandong Hanbang Tools CO., L. (n.d.). *Obeng Listrik Profesional Mini Obeng Listrik*. Alibaba.Com. <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/electric-screwdriver-mini-Professional-Electric-Screwdriver-60383704183.html>
- SMC Corporation. (n.d.). *Air Cylinders*. Smcin.Com. <https://www.smcin.com/content/product-category/air-cylinders>
- Subhan, M., & Satmoko, A. (2016). *PENENTUAN DIMENSI DAN SPESIFIKASI SILINDER PNEUMATIK UNTUK PERGERAKAN TOTE IRADIATOR GAMMA MULTIGUNA BATAN*. 10(1978), 50–61.
- Sulistyarini, D. H., Novareza, O., & Darmawan, Z. (2018). Pengantar Proses Manufaktur untuk Teknik Industri. In *UB Press*. https://books.google.co.id/books?id=3taJDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=manufaktur&hl=id&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjZPT-sP8AhULALcAHYPvCxgQ6wF6BAgGEAU#v=onepage&q=manufaktur&f=false

- Sutalaksana, I. Z. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*.
- Wignjosoebroto, S. (2006). *Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*.
- Yasra, R., Putri, N. T., & Rozaq, M. (2021). *Perbaikan Metode Kerja Pada Proses Set Up Untuk Meningkatkan Produktivitas Machining Gate Valve*. 9(1), 60–73.

LAMPIRAN



PT. YAMAHA INDONESIA
Jl. Rawagelam I/5, Kawasan Industri Pulogadung
Jakarta 13930 Indonesia, PO. Box. 1190/JAT
Telp. : (62 - 21) 4619171 (Hunting) Fax. : 4602864, 4607077

Confident

SURAT KETERANGAN

No. : 468 /YI/ PKL /II/2023

Kami yang bertandatangan dibawah ini, Bagian Human Resource Development (HRD) PT. YAMAHA INDONESIA dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : MUHAMMAD NUR FAUZI
Nomor Induk Mahasiswa : 18525125
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknologi Industri
Alamat : UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA –YOGYAKARTA

Telah melakukan program Internship melalui penelitian dan pengamatan untuk penyusunan Tugas Akhir dengan Judul "*Analisis mekanis X-Axis pada auto insert capstan screw di PT Yamaha Indonesia Section First Regulation*".

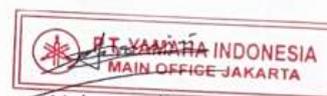
Program ini dilaksanakan mulai Tanggal 5 September 2022 sampai dengan Tanggal 28 Februari 2023. Kami mengucapkan terima kasih atas usaha dan partisipasi yang telah diberikan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 28 Februari 2023

HRD Department

PT. YAMAHA INDONESIA



Muhammad Isnaini
Manager HRD

CC: - Arsip

Table15 Maximum Length of the Precision Ball Screw by Accuracy Grade

Unit: mm

Screw shaft outer diameter	Overall screw shaft length					
	C0	C1	C2	C3	C5	C7
4	90	110	120	120	120	120
6	150	170	210	210	210	210
8	230	270	340	340	340	340
10	350	400	500	500	500	500
12	440	500	630	680	680	680
13	440	500	630	680	680	680
14	530	620	770	870	890	890
15	570	670	830	950	980	1100
16	620	730	900	1050	1100	1400
18	720	840	1050	1220	1350	1600
20	820	950	1200	1400	1600	1800
25	1100	1400	1600	1800	2000	2400
28	1300	1600	1900	2100	2350	2700
30	1450	1700	2050	2300	2570	2950
32	1600	1800	2200	2500	2800	3200

Table18 Standard Combinations of Screw Shaft and Lead (Precision Ball Screw)

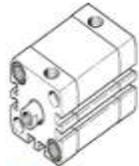
Unit: mm

Screw shaft outer diameter	Lead																						
	1	2	4	5	6	8	10	12	15	16	20	24	25	30	32	36	40	50	60	80	90	100	
4	●																						
5	●																						
6	●																						
8	●	●					●	○															
10		●	●				●		○														
12		●		●		●																	
13											○												
14		●	●	●		●																	
15							●			●			○				○						
16			○	●	○		○			●													
18							●																
20			○	●	○	○	●	○		●							○		○				
25			○	●	○	○	●	○		○	●		○					○					
28				○	●	○	○																
30																			○			○	
32			○	●	●	○	●	○			○						○						
36					○	○	●	○		○	○	○					○						
40				○	○	○	●	●		○	○						○				○		
45					○	○	○	○		○	○												
50				○		○	●	○		○	○						○		○				○
55								○	○		○	○					○		○				
63								○	○		○	○											
70								○	○		○	○											
80								○	○		○	○											
100											○												
120											○												

●: Standardized Screw Shafts (Unfinished Shaft Ends/Finished Shaft Ends)
○: Semi-standard stock

compact cylinder
ADN-32-30-I-P-A

Part number: 534283
★ Core product range



Data sheet

Feature	Value
Stroke	30 mm
Piston diameter	32 mm
Piston rod thread	M8
Cushioning	P: Flexible cushioning rings/plates at both ends
Assembly position	Any
Conforms to standard	ISO 21287
Piston-rod end	Female thread
Position detection	For proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Operating pressure	0.6 ... 10 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 (7-4.4)
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	2 - Moderate corrosion stress
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Impact energy in end positions	0.4 J
Theoretical force at 6 bar, return stroke	415 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	483 N
Moving mass with 0 mm stroke	60 g
Additional weight per 10 mm stroke	30 g
Basic weight for 0 mm stroke	265 g
Additional mass factor per 10 mm of stroke	3 g
Mounting type	Optional with through hole with internal (female) thread with accessories
Pneumatic connection	G1/8
Materials note	Conforms to RoHS
Material cover	Aluminium Anodised
Material seals	TPE-U(PUR)
Material piston rod	High alloy steel
Material cylinder barrel	Wrought Aluminium alloy Smooth anodised

FESTO

ISO cylinder
DSNU-20-25-P-A

Part number: 15008
★ Core product range



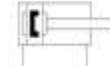
Data sheet

Feature	Value
Stroke	25 mm
Piston diameter	20 mm
Piston rod thread	M8
Cushioning	P: Flexible cushioning rings/plates at both ends
Assembly position	Any
Conforms to standard	CETOP RP 22 P ISO 6432
Piston-rod end	Male thread
Design structure	Piston Piston rod Cylinder barrel
Position detection	For proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Operating pressure	1 ... 10 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 (7-4.4)
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	2 - Moderate corrosion stress
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Maritime classification	see certificate
Impact energy in end positions	0.2 J
Theoretical force at 6 bar, return stroke	168.3 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	188.5 N
Moving mass with 0 mm stroke	44 g
Additional weight per 10 mm stroke	7.2 g
Basic weight for 0 mm stroke	188.8 g
Additional mass factor per 10 mm of stroke	4 g
Mounting type	with accessories
Pneumatic connection	G1/8
Materials note	Conforms to RoHS
Material cover	Wrought Aluminium alloy neutral anodisation
Material seals	NBR; TPE-U(PU)
Material piston rod	High alloy steel, non-corrosive
Material cylinder barrel	High alloy steel, non-corrosive

FESTO

ISO cylinder
DSNU-16-70-P-A

Part number: 1908264
★ Core product range



Data sheet

Feature	Value
Stroke	70 mm
Piston diameter	16 mm
Piston rod thread	M6
Cushioning	P: Flexible cushioning rings/plates at both ends
Assembly position	Any
Conforms to standard	CETOP RP 52 P ISO 6432
Piston-rod end	Male thread
Design structure	Piston Piston rod Cylinder barrel
Position detection	For proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Operating pressure	1 ... 10 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 (7-4.4)
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	2 - Moderate corrosion stress
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Maritime classification	see certificate
Impact energy in end positions	0.15 J
Theoretical force at 6 bar, return stroke	103.7 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	120.6 N
Moving mass with 0 mm stroke	23 g
Additional weight per 10 mm stroke	4.6 g
Basic weight for 0 mm stroke	89.9 g
Additional mass factor per 10 mm of stroke	2 g
Mounting type	with accessories
Pneumatic connection	M5
Materials note	Conforms to RoHS
Material cover	Wrought Aluminium alloy neutral anodisation
Material seals	NBR TPE-U(PU)
Material piston rod	High alloy steel, non-corrosive
Material cylinder barrel	High alloy steel, non-corrosive

FESTO