

**PERANCANGAN *AUTOMATIC DRILLING MACHINE* UNTUK  
KABINET *FALL CENTER PIANO UPRIGHT*  
DI PT. YAMAHA INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Difka Sabila Rasyad**

**No. Mahasiswa : 17525045**

**NIRM : 2017030246**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PERANCANGAN *AUTOMATIC DRILLING MACHINE* UNTUK  
KABINET *FALL CENTER PIANO UPRIGHT*  
DI PT. YAMAHA INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Difka Sabila Rasyad**  
**No. Mahasiswa : 17525045**  
**NIRM : 2017030246**

Yogyakarta, 5 Mei 2021

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PERANCANGAN *AUTOMATIC DRILLING MACHINE* UNTUK  
KABINET *FALL CENTER PIANO UPRIGHT*  
DI PT. YAMAHA INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Difka Sabila Rasyad**  
**No. Mahasiswa : 17525045**  
**NIRM : 2017030246**

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng

Ketua



Tanggal : 7 September 2021

Arif Budi Wicaksono, ST, M.Eng.

Anggota I



Tanggal : 1 September 2021

Rahmat Riza, ST, MSc. ME.

Anggota II



Tanggal : 6 September 2021

Mengetahui

Kepala Jurusan Teknik Mesin



  
Dr. Eng. Risdiono, S.T., M.Eng.

## PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 26 Agustus 2021



Difka Sabila Rasyad

17525045

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Jugas akhir saya persembahkan kepada bapak dan ibu tercinta yang selalu mencurahkan dukungan dan doa dalam segala kondisi.*

*Untuk adik dan kakak saya sebagai penghibur ketika pikiran sudah mulai penat.*

*Dosen pembimbing Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng yang telah memberikan arahan dan motivasi hidup sehingga membuka wawasan yang lebih luas.*

*Semua teman-teman siswa latih batch XI dan dosen pembimbing lapangan yang tidak henti-hentinya memberikan support dan berbagi pengalaman*

*Semoga semuanya selalu dalam lindungan dan karunia Allah SWT.*

## HALAMAN MOTTO

“Ubahlah pikiranmu sehingga kamu dapat mengubah duniamu.”

Norman Vincent Peale

*“So be patient. Indeed, the promise of Allah is truth”*

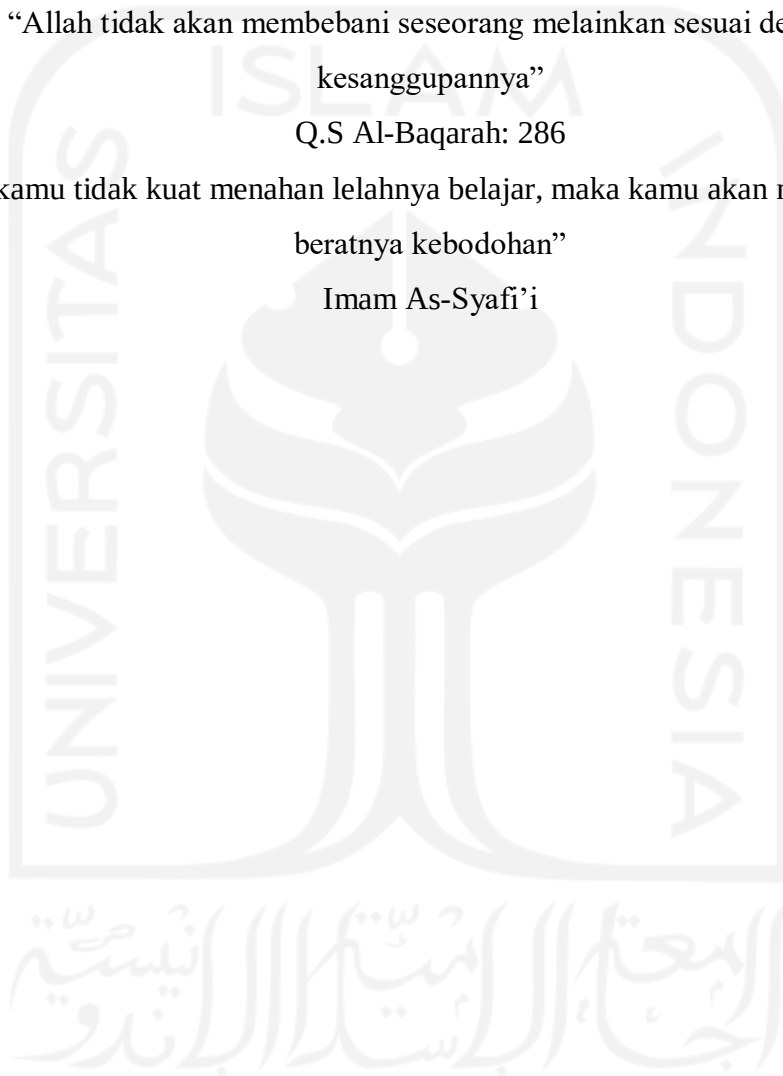
Q.S Ar-Rum: 60

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

Q.S Al-Baqarah: 286

“Bila kamu tidak kuat menahan lelahnya belajar, maka kamu akan menanggung beratnya kebodohan”

Imam As-Syafi’i



## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan berkat taufiq, rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Perancangan *Automatic Drilling Machine* untuk Kabinet *Fall Center* Piano *Upright* di PT. Yamaha Indonesia”. Sholawat serta salam tidak lupa penulis sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabat beliau yang telah membawa umat manusia dari zaman *jahiliyah* ke zaman yang berilmu seperti saat ini.

Adapun Tugas Akhir ini disusun dengan maksud sebagai syarat untuk memperoleh gelar Strata-1. Dalam menyusun laporan ini, tentunya penulis mendapatkan banyak dukungan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas segala berkah dan rahmatnya kami masih diberikan kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga kami atas kasih sayang, dukungan, dan doanya sehingga kami tetap dapat melaksanakan tugas akhir dengan baik.
3. Bapak H. Syamsuddin D.S selaku Wakil Presiden Direktur PT. Yamaha Indonesia dan jajarannya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melaksanakan tugas akhir di PT. Yamaha Indonesia.
4. Bapak Faizin, Bapak Muhammad Syah Fatahillah dan rekan kerjanya lainnya dalam satu kantor yang telah membantu, membimbing serta berbagi pengalamannya selama penulis menjadi siswa latihan di PT. Yamaha Indonesia.
5. Bapak Dr.Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
6. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah memberi banyak bantuan dan saran kepada penulis agar dapat menyelesaikan laporan tugas akhir di PT. Yamaha Indonesia.

7. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII yang telah banyak mengajarkan ilmunya yang sangat bermanfaat.
8. Kepada Arif, Fauzan, Syafira, Mellya, Annisa dan Najib sebagai rekan kerja seperjuangan yang telah banyak membantu dalam Menyusun laporan ini.

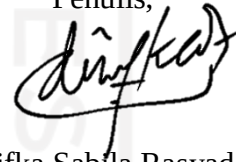
Penyusunan laporan Tugas Akhir ini diusahakan sebaik-baiknya dan sebenar-benarnya, namun karena adanya keterbatasan yang memungkinkan masih terjadi kesalahan maupun kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Harapan besar dengan adanya laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

*“Wabillahaufiq walhidayah,*

*“Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh”*

Yogyakarta, Juli 2021

Penulis,



Difka Sabila Rasyad

17525045

## ABSTRAK

Perancangan *automatic drilling machine* merupakan proyek *kaizen* di PT. Yamaha Indonesia periode 198. Mesin ini dirancang untuk mengganti proses pekerjaan operator untuk membuat lubang pada kabinet *fall center* piano *upright* yang sebelumnya masih menggunakan *hand bore* dan jig. Ada variasi jumlah lubang dan jarak antar lubang untuk model kabinet *fall center* yang dikerjakan saat ini. Sehingga perancangan mesin ini menggunakan sistem otomatis yang dikontrol menggunakan PLC (*programmable logic control*).

Penggunaan mesin ini dapat mengurangi waktu kerja yang dilakukan operator, mengurangi beban kerja operator dan juga meminimalisir terjadinya perbedaan jarak antar lubang, sehingga tidak perlu lagi dilakukan *repair* kabinet yang membuat waktu kerja operator menjadi lebih lama.

**Kata kunci:** *Kaizen, Automatic Drilling, kabinet fall center*

## **ABSTRACT**

*The design of an automatic drilling machine is a kaizen project at PT. Yamaha Indonesia period 198. This machine is designed to replace the operator's work process to make holes in the upright piano fall center cabinet which previously still used hand bores and jigs. There are variations in the number of holes and the spacing between holes for the current fall center cabinet models. So that the design of this machine uses an automatic system that is controlled using a PLC (programmable logic control).*

*The use of this machine can reduce the working time of the operator, reduce the operator's workload and also minimize the difference between holes, so there is no need to repair the cabinet which makes the operator's working time longer.*

**Keywords:** *Kaizen, Automatic Drilling, fall center cabinet*

## DAFTAR ISI

|                                                       |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| Halaman Judul .....                                   | i    |
| Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....              | ii   |
| Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....                 | iii  |
| PERNYATAAN KEASLIAN .....                             | iv   |
| Abstrak .....                                         | ix   |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                 | x    |
| Daftar Isi .....                                      | xi   |
| Daftar Tabel .....                                    | xiii |
| Daftar Gambar .....                                   | xiv  |
| Daftar Notasi .....                                   | xv   |
| Bab 1 Pendahuluan .....                               | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                              | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                             | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                             | 2    |
| 1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....          | 2    |
| 1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....         | 3    |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                       | 3    |
| Bab 2 Tinjauan Pustaka .....                          | 4    |
| 2.1 Kajian Pustaka .....                              | 4    |
| 2.2 Dasar Teori .....                                 | 5    |
| 2.2.1 Break Even Point .....                          | 5    |
| 2.2.2 Kaizen .....                                    | 5    |
| 2.2.3 Perancangan .....                               | 6    |
| 2.2.4 Sistem Otomasi .....                            | 6    |
| 2.2.5 <i>Linear Guideway</i> .....                    | 6    |
| 2.2.6 <i>Ballscrew</i> .....                          | 7    |
| 2.2.7 Menentukan Waktu Pemotongan <i>Drill</i> .....  | 9    |
| 2.2.8 Menentukan <i>Air Cylinder Centering</i> .....  | 9    |
| 2.2.9 Menentukan kecepatan dan daya motor servo ..... | 11   |
| Bab 3 Metode Penelitian .....                         | 13   |

|                |                                                     |    |
|----------------|-----------------------------------------------------|----|
| 3.1            | Alur Penelitian .....                               | 13 |
| 3.2            | Peralatan dan Bahan .....                           | 14 |
| 3.3            | Observasi Lapangan dan Pengumpulan Data .....       | 14 |
| 3.3.1          | Kabinet Fall Center .....                           | 14 |
| 3.3.2          | Jig .....                                           | 16 |
| 3.3.3          | Alur dan Waktu Proses Kerja Operator.....           | 17 |
| 3.3.4          | Target Produksi.....                                | 20 |
| 3.3.5          | Layout Kerja .....                                  | 20 |
| 3.3.6          | Sumber Daya Manusia .....                           | 21 |
| 3.4            | Konsep Perancangan Automatic Drilling Machine ..... | 21 |
| 3.5            | Konsep Perhitungan Automatic Drilling Machine ..... | 22 |
| 3.5.1          | Menentukan Waktu Pemotongan <i>Drill</i> .....      | 22 |
| 3.5.2          | Menentukan <i>Air Cylinder Centering</i> .....      | 23 |
| 3.5.3          | Menentukan Motor Servo.....                         | 24 |
| Bab 4          | Hasil dan Pembahasan .....                          | 27 |
| 4.1            | Hasil Perancangan Automatic Drilling Machine .....  | 27 |
| 4.1.1          | Mekanisme alat .....                                | 28 |
| 4.2            | Analisis dan Pembahasan .....                       | 32 |
| 4.2.1          | Perbandingan waktu kerja operator.....              | 32 |
| 4.2.2          | Rencana Penempatan Mesin.....                       | 34 |
| 4.2.3          | Analisa Break Even Point.....                       | 34 |
| Bab 5          | Penutup .....                                       | 37 |
| 5.1            | Kesimpulan.....                                     | 37 |
| 5.2            | Saran atau Penelitian Selanjutnya .....             | 37 |
| Daftar Pustaka | .....                                               | 38 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2-1 Metode pemasangan ballscrew beserta aplikasinya .....                      | 8  |
| Tabel 2-2. Nilai koefisien gesekan statis dan kinetik untuk beberapa permukaan ..... | 10 |
| Tabel 3-1 Peralatan Perancangan .....                                                | 14 |
| Tabel 3-2 Dimensi <i>Fall center</i> dengan 2 engsel penghubung (mm).....            | 15 |
| Tabel 3-3 Dimensi <i>Fall center</i> dengan 3 engsel penghubung (mm) .....           | 16 |
| Tabel 3-4 Alur dan waktu proses kerja operator.....                                  | 17 |
| Tabel 3-5 Target produksi harian periode 198.....                                    | 20 |
| Tabel 3-6. Beban komponen.....                                                       | 25 |
| Tabel 4-1 Tebal jig berdasarkan model kabinet dan jarak ke sisi atas kabinet.....    | 29 |
| Tabel 4-2 Waktu kerja operator sebelum <i>kaizen</i> .....                           | 32 |
| Tabel 4-3 Rencana waktu kerja operator setelah <i>kaizen</i> .....                   | 33 |
| Tabel 4-4 Ringkasan estimasi biaya pembuatan.....                                    | 35 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2-1 Posisi music desk pada kabinet fall center .....                           | 4  |
| Gambar 2-2. Konstruksi <i>linear guideways</i> .....                                  | 7  |
| Gambar 2-3. Gaya yang bekerja pada kabinet di meja kerja .....                        | 9  |
| Gambar 2-4. pembebanan pada motor .....                                               | 11 |
| Gambar 3-1 Alur Penelitian .....                                                      | 13 |
| Gambar 3-2 <i>drawing assembly</i> fall board dengan 2 engsel penghubung .....        | 15 |
| Gambar 3-3 <i>drawing assembly</i> fall board dengan 3 engsel penghubung .....        | 15 |
| Gambar 3-4 jig model U1J dan B3 .....                                                 | 16 |
| Gambar 3-5 Penambalan lubang yang tidak presisi dengan lubang engsel .....            | 19 |
| Gambar 3-6 Layout proses <i>drilling fall center</i> .....                            | 20 |
| Gambar 3-7. Gaya yang bekerja pada kabinet .....                                      | 23 |
| Gambar 3-8. pemodelan pergerakan head drill .....                                     | 25 |
| Gambar 4-1 Hasil Perancangan <i>Automatic Drilling Machine</i> .....                  | 27 |
| Gambar 4-2 Desain 3D mekanisme <i>drill</i> .....                                     | 28 |
| Gambar 4-3 Susunan gear pada mekanisme <i>drill</i> .....                             | 29 |
| Gambar 4-4 <i>drawing</i> kabinet <i>fall center</i> .....                            | 29 |
| Gambar 4-5 posisi <i>stoper</i> dengan mata bor .....                                 | 30 |
| Gambar 4-6 mekanisme <i>centering</i> kabinet .....                                   | 31 |
| Gambar 4-7 Pergerakan <i>Head drill</i> untuk model <i>fall center</i> 3 engsel ..... | 31 |
| Gambar 4-8 Pergerakan <i>Head drill</i> untuk model <i>fall center</i> 2 engsel ..... | 32 |
| Gambar 4-9 Rencana layout setelah <i>kaizen</i> .....                                 | 34 |
| Gambar 4-10 BEP automatic drilling machine .....                                      | 35 |

## DAFTAR NOTASI

|                  |                                              |
|------------------|----------------------------------------------|
| $V$              | = Kecepatan Potong (m/min)                   |
| $d$              | = Diameter drill (mm)                        |
| $n_{in}$         | = Putaran poros input (rpm)                  |
| $n_{out}$        | = Putaran poros output (rpm)                 |
| $V_s$            | = Kecepatan Makan (mm/min)                   |
| $S$              | = Gerak Makan (mm/rev)                       |
| $Z$              | = Jumlah Mata Potong                         |
| $I_{Total}$      | = total langkah pemakanan (mm)               |
| $I_w$            | = Panjang Pemotongan (mm)                    |
| $I_v$            | = Langkah awal (mm)                          |
| $k_f$            | = Point Angle/2                              |
| $I_w$            | = Panjang Pemotongan (mm)                    |
| $T_c$            | = Waktu Potong (menit)                       |
| $T_h$            | = Thrust Force atau gaya dorong (kgf)        |
| $K$              | = Material Factor                            |
| $N$              | = Gaya normal (N)                            |
| $W$              | = Gaya berat (N)                             |
| $F$              | = Gaya dorong (N)                            |
| $f_s$            | = Gaya gesek kabinet dengan meja kerja (N)   |
| $\mu_s$          | = Koefisien Gesek                            |
| $P_{Kompressor}$ | = Tekanan Kompresor (N/m <sup>2</sup> )      |
| $D$              | = Diameter Piston                            |
| $N$              | = Jumlah putaran permenit (Rpm)              |
| $Ph$             | = Pitch Ballscrew (mm)                       |
| $L$              | = panjang yang ditempuh eretan (mm)          |
| $T$              | = Torsi (Kg.Cm)                              |
| $W$              | = Beban (Kg)                                 |
| $B$              | = Jarak beban terhadap pusat perputaran (Cm) |
| $P$              | = Daya yang bekerja (Hp)                     |

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Setiap perusahaan manufaktur dituntut untuk selalu cepat dan efisien dalam proses produksi agar target produksi bisa dipenuhi. Hal tersebut juga berlaku di PT. Yamaha Indonesia yang merupakan perusahaan manufaktur asal Jepang yang bergerak dalam bidang pembuatan piano. Penerapan budaya *kaizen* yang dilakukan oleh PT. Yamaha Indonesia ini bertujuan untuk mendukung perbaikan pada setiap kegiatan produksi dengan menghilangkan pemborosan, peningkatan kualitas produk dan menghilangkan beban kerja berlebih (Fatkhurrohman & Subawa, 2016)

Pada kelompok kerja *Sub Assy Case UP* yang dinaungi *department Assembling* bertanggung jawab terhadap proses *assembly* bagian-bagian (kabinet) dari *case* piano *upright*. Salah satunya adalah proses *assembly* kabinet *fall center* dan *music desk* dengan perantara engsel. Oleh karena itu, kabinet *fall center* harus dilubangi terlebih dahulu sebelum pemasangan engsel dengan *screw*. Karena model kabinet *fall center* yang berbeda, penggunaan engsel juga bervariasi. Kabinet *fall center* model B1, B2, B3 dan P116 menggunakan 2 engsel, sedangkan *fall center* model U1 dan P121 menggunakan 3 engsel. Yang mana satu engsel terdiri dari 6 lubang dengan perincian 3 lubang disambung ke kabinet *fall center*, dan 3 lainnya disambungkan ke *music desk*.

Proses pelubangan kabinet *fall center* saat ini masih manual menggunakan *hand bore* dan juga *jig*, yang mengakibatkan sering terjadi jarak antar lubang yang berbeda beberapa milimeter. Hal tersebut menyebabkan kabinet harus dilakukan *repair* sehingga waktu proses pelubangan kabinet menjadi lebih lama. Selain itu operator harus berulang kali mengganti *jig* sesuai dengan model kabinet yang diproses, sehingga terdapat beban kerja berlebih.

Berkaca pada permasalahan tersebut, diperlukan tindakan perbaikan dari proses produksi pembuatan lubang pada kabinet *fall center* dengan merancang mesin otomatis. Tujuannya untuk mengurangi waktu proses dan beban kerja operator. Maka dari itu penulis mengangkat topik tugas akhir yang berjudul “

Perancangan *Automatic Drilling Machine* untuk Kabinet *Fall Center* di PT. Yamaha Indonesia”. Semoga dengan adanya perancangan mesin ini bisa bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di PT. Yamaha Indonesia khususnya pada kelompok *sub assy case up*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian yang ada pada latar belakang, maka rumusan permasalahan dalam perancangan ini adalah:

1. Bagaimana membuat sistem otomatis sehingga operator dapat melakukan pekerjaan lain secara bersamaan?
2. Bagaimana cara untuk mengurangi beban kerja operator dalam melakukan pelubangan kabinet *fall center*?
3. Bagaimana cara membuat sistem otomatis yang memberi keuntungan untuk PT. Yamaha Indonesia

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar lingkup pembahasan penelitian menjadi jelas dan terarah. Maka batasan masalah dalam perancangan ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di kelompok kerja *sub assy case UP* PT. Yamaha Indonesia.
2. Perancangan mesin hanya sebatas desain dengan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* 2018.
3. Tidak membahas analisa rangka, rangkaian listrik dan program.
4. Pembuatan mesin dilakukan oleh vendor.

## **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan perancangan sebagai berikut:

1. Merancang *automatic drilling machine* agar operator dapat melakukan pekerjaannya yang lain secara bersamaan.
2. Mengurangi waktu kerja operator dan mengubah jig dengan yang lebih ringan.

3. Merancang *automatic drilling machine* dengan *break even point* tidak melebihi 3 tahun.

### **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

1. Mengefisien dan menjaga kestabilan kerja operator.
2. Menghilangkan proses *repair* lubang yang sering terjadi pada kelompok kerja *sub assy case UP*.
3. Membuka peluang untuk pengembangan mesin *automatic drilling* selanjutnya.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bagian yang dimaksudkan untuk mempermudah pemahaman terhadap laporan tugas akhir ini. Penulisan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab. Bab 1 meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan laporan. Bab 2 membahas mengenai tinjauan pustaka dan beberapa teori sebagai dasar penyelesaian masalah. Bab 3 mencakup alur kerja perancangan, alat dan bahan, dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan desain akhir. Bab 4 berisi hasil yang diperoleh dari perancangan dan pembahasan. Sedangkan Bab 5 berisi kesimpulan dari hasil proyek dan saran penelitian

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

*Fall center* adalah salah satu kabinet penyusun *fall board* yang berfungsi sebagai penutup *key* (tuts) piano. Pada *fall center* ini terdapat *music desk* yang disambungkan menggunakan engsel.



**Gambar 2-1 Posisi music desk pada kabinet fall center**

Adapun engsel yang digunakan berjumlah 2 atau 3 buah, tergantung model pianonya. Penggunaan engsel tentunya memerlukan lubang pada kabinet *fall center*. Engsel memiliki 3 lubang yang akan disambungkan ke kabinet *fall center*. Sehingga lubang yang diperlukan berjumlah 6 atau 9. Proses pelubangan diawali dengan pembuatan titik menggunakan *hand bore* dan *jig* untuk pemberian tanda, setelah itu dilakukan proses pelubangan dengan *hand bore*.

Proses ini cukup memakan waktu karena proses pelubangan masih dilakukan persatu lubang, dan operator perlu mengganti *jig* yang memiliki berat sekitar 6 kg untuk kabinet model piano yang berbeda sehingga menguras tenaga operator, serta jarak antar lubang yang dihasilkan dengan metode ini sering tidak presisi sehingga mengakibatkan perlunya dilakukan *repair* lubang yang memerlukan waktu tambahan. Sedangkan disisi lain operator masih memiliki banyak pekerjaan yang harus dikerjakan. Pemborosan waktu ini yang perlu dihilangkan karena tidak disukai oleh PT. Yamaha Indonesia, maka dari itu perlu

dilakukan *kaizen* dengan membuat *automatic drilling machine* agar operator bisa melakukan pekerjaan lainnya secara bersamaan.

## **2.2 Dasar Teori**

Dalam merancang *automatic drilling machine*, penulis mengambil beberapa teori sebagai referensi untuk memecahkan permasalahan

### **2.2.1 Break Even Point**

Perusahaan membutuhkan suatu rumus analitis yang dapat menentukan hubungan antara biaya, volume dan laba, kemudian digunakan *Break Even Point* sebagai rumus tersebut. *Break Even Point* (BEP) adalah suatu metode yang digunakan oleh manajer perusahaan untuk memeriksa apakah volume produksi perusahaan tidak mengalami kerugian dan tidak menguntungkan. (Choiriyah, Dzulkirom, Ulfathu, & Rustam, 2016)

### **2.2.2 Kaizen**

*Kaizen* adalah budaya yang sudah sangat melekat untuk masyarakat Jepang. *Kaizen* berasal dari 2 kata Jepang yaitu “*kai*” artinya perubahan dan “*zen*” artinya baik. Jadi *kaizen* dapat diartikan sebagai perubahan kearah yang lebih baik. (Musman, 2019)

Dalam penerapannya di perusahaan, *Kaizen* memasukkan pengertian perbaikan berkelanjutan yang melibatkan seluruh karyawan, baik level manajemen tingkat atas maupun manajemen bawah (Takeda, 2006). *Kaizen* atau perbaikan berkelanjutan selalu sejalan dengan *Total Quality Management* (TQM). Bahkan sebelum filosofi TQM diterapkan atau sebelum sistem mutu dapat diterapkan di sebuah perusahaan, maka filosofi ini tidak akan dapat dilaksanakan sehingga perbaikan secara terus menerus (*Just in time*) yang merupakan upaya yang melekat dalam filosofi TQM itu sendiri. Sehingga *Kaizen* juga dapat menjadi sudut pandang yang komprehensif dan terintegrasi yang memiliki karakteristik berorientasi pelanggan, kendali mutu keseluruhan (*Total Quality Management*), robotika, kelompok kendali mutu, sistem saran, otomasi, disiplin kerja, pemeliharaan produktivitas, kanban, perbaikan dan peningkatan kualitas, tepat waktu, tanpa

cacat, kegiatan kelompok kecil, hubungan kerjasama antara manajer dan karyawan dan pengembangan produk baru.

### **2.2.3 Perancangan**

Perancangan adalah serangkaian kegiatan terencana, progresif dan didefinisikan dengan memberikan perlakuan ke unit eksperimen untuk menjawab masalah yang diteliti melalui pengujian hipotesis dengan menggunakan analisis statistik. (Malau, 2005)

Tahapan-tahapan dalam merancang dan mengembangkan produk antara lain: (1) Fase Perencanaan (2) Fase Pengembangan Konsep (3) Fase Perancangan Tingkat Sistem (4) Fase Perancangan Detail (5) Fase Pengujian dan Perbaikan (6) Fase Produksi. Ruang lingkup dari perancangan produk mencakup permasalahan yang berhubungan dengan fasilitas kebutuhan manusia. Sehingga seorang desainer dituntut untuk dapat memprediksi masa depan, mengembangkan desain dan teknologi dengan mempertimbangkan segala peluang dan resiko yang muncul. (Luthfianto & Siswiyanti, 2008)

### **2.2.4 Sistem Otomasi**

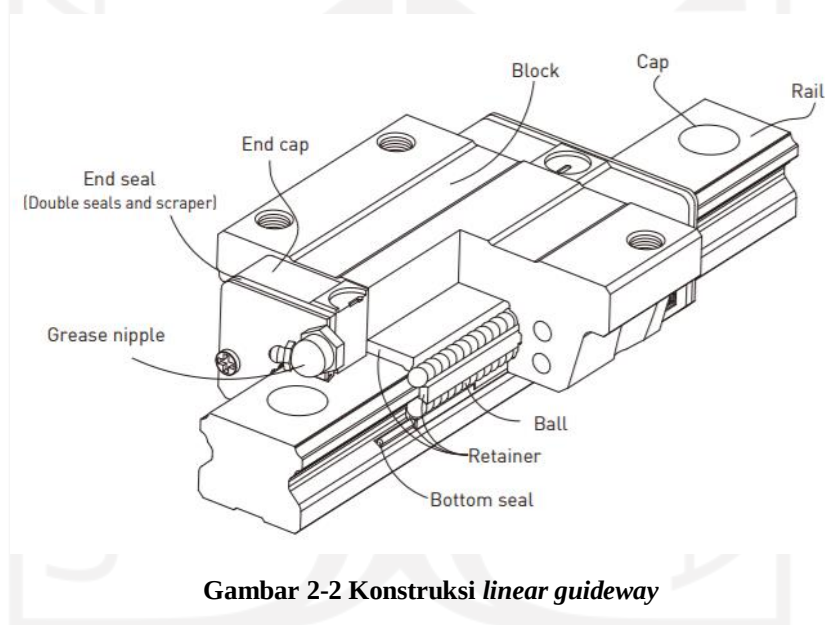
Teknik otomasi adalah teknik dalam penggunaan mesin, sistem kendali dan teknologi informasi untuk mengoptimalkan produksi dan pengiriman barang dan jasa. Otomasi hanya dilakukan jika hasilnya lebih cepat, lebih baik secara kuantitas atau kualitas dari pada penggunaan tenaga manusia (Syamara, 2019).

Dalam dunia industri otomasi merupakan kelanjutan dari mekanisasi, dimana mekanisasi masih membutuhkan manusia sebagai operator selama mesin tersebut beroperasi. Jadi otomatisasi berperan untuk menghemat tenaga manusia. Terutama penempatan yang menguntungkan dari elemen servis adalah untuk mengurangi jumlah gerakan tangan seminimal mungkin. Dengan demikian produktivitas dan efisiensi kerja sangat meningkat (Krist, 1979).

### **2.2.5 Linear Guideway**

*Linear guideway* adalah komponen mekanis untuk gerakan linier suatu sistem. *Linear guideway* memungkinkan jenis gerakan linier yang menggunakan

elemen bergulir seperti bola atau rol. Dengan menggunakan resirkulasi elemen bergulir antara rel dan blok, *linear guideway* dapat menghasilkan gerakan linier yang sangat presisi. Koefisien gesekan *linear guideway* hanya 1/50 bila dibandingkan dengan *slider* tradisional. Karena efek penahan antara rel dan blok, jalur *linear guideway* dapat membawa beban ke atas/bawah dan kiri/kanan. Karena fitur-fitur ini, *linear guideway* dapat secara signifikan meningkatkan akurasi gerakan, terutama jika dikombinasikan dengan *ballscrew* yang presisi (Corp, 2018). Dalam perancangan mesin ini dan proses produksi di PT Yamaha Indonesia, mereka sering menggunakan *linear guideway* dengan keluaran seri EG dari HIWIN. Untuk konstruksi *linear guideway* seri EG dari HIWIN dapat dilihat pada Gambar 2-2 dibawah ini.



**Gambar 2-2 Konstruksi *linear guideway***

(Sumber: (HIWIN, 2014))

### 2.2.6 *Ballscrew*

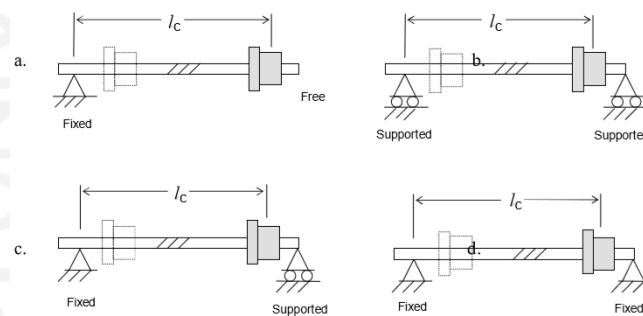
*Ballscrew* adalah sistem gerakan mekanis yang mengubah gerakan berputar menjadi gerakan linier dengan gesekan minimal. *Ballscrew* terdiri dari spindel sekrup dan mur yang terintegrasi dengan bantalan bola dan pipa mekanisme pengembalian bola bantalan berupa *return tubes* atau *return cap*.

Ketika beban transmisi diperoleh, beban akan dilanjutkan ke bantalan bola, dan beban akan ditransfer dari sekrup ke bola, dari bola ke mur, dan kemudian dari mur ke peralatan dorong atau penggerak, jadi bergulirnya bola di antara poros

sekrup dan mur bertujuan untuk mencapai efisiensi yang tinggi. Dibandingkan dengan sekrup biasa, *ballscrew* hanya membutuhkan sepertiga dari torsi sekrup biasa, dan sekrup bola tidak hanya dapat mengubah gerakan putar menjadi gerakan linier, tetapi juga mengubah gerakan linier menjadi gerakan berputar, yang memiliki stabilitas, reversibilitas dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan sekrup biasa (HIWIN, 2014).

*Ball screw* hanya didesain untuk menahan beban aksial, baik tarik ataupun tekan. jika terjadi beban arah lateral atau radial, maka akan ditahan oleh *linear motion guide*. Kondisi tekukan pada *ballscrew* tentunya tidak diperbolehkan, karena dapat merusak komponen didalamnya dan akan menurunkan performanya. Maka dari itu diperlukan perhitungan beban tekan-aksial yang diizinkan (*allowable compression-axial load* =  $P_{ca}$ ), yaitu 70% dari beban kritis (sesuai rekomendasi pabrikan: THK). Walaupun nantinya *ballscrew* akan mengalami variasi beban tekan dan beban tarik, namun yang diperhatikan hanyalah beban tekannya (Hadiputranto, 2010).

Ada beberapa metode pemasangan *ballscrew* pada mesin. Untuk lebih jelasnya bisa melihat Gambar 2-3 berikut:



**Gambar 2-3 Alternatif metoda pemasangan ballscrew**

Pada tumpuan *fixed* menggunakan angular *contact ball bearing*. Sedangkan tumpuan *supported* digunakan *deep groove ball bearing*. Untuk aplikasinya dapat dilihat pada Tabel berikut :

**Tabel 2-1 Metode pemasangan ballscrew beserta aplikasinya**

| No | Metode Pemasangan            | Aplikasi                              |
|----|------------------------------|---------------------------------------|
| a  | <i>Fixed – Free</i>          | • Kecepatan rendah • Poros pendek     |
| b  | <i>Supported – Supported</i> | • Kecepatan menengah                  |
| c  | <i>Fixed – Supported</i>     | • Kecepatan menengah • Akurasi tinggi |

|   |                      |                                     |
|---|----------------------|-------------------------------------|
| d | <i>Fixed – Fixed</i> | • Kecepatan tinggi • Akurasi tinggi |
|---|----------------------|-------------------------------------|

### 2.2.7 Menentukan Waktu Pemotongan *Drill*

1. Menemukan kecepatan pemakanan drill

$$V_s = s \cdot n_{out} \cdot Z$$

Dimana:

$V_s$  = Kecepatan Makan (mm/min)

$s$  = Gerak Makan (mm/rev)

$Z$  = Jumlah Mata Potong

$n_{out}$  = Putaran poros output (rpm)

2. Waktu pemotongan

$$T_c = \frac{I_{Total}}{V_s}$$

Dimana:

$$I_{Total} = I_v + I_w + I_n$$

$$I_v = I_n$$

$$I_n \geq \frac{d/2}{\tan k_f}$$

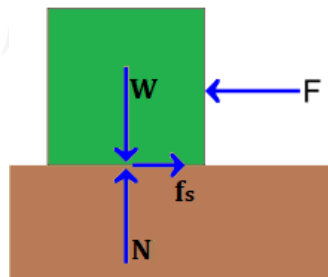
$k_f$  = Point Angle/2

$I_w$  = Panjang Pemotongan (mm)

$T_c$  = Waktu Potong (menit)

### 2.2.8 Menentukan *Air Cylinder Centering*

1. Mengetahui arah gaya yang bekerja pada kabinet Top Board



Gambar 2-4. Gaya yang bekerja pada kabinet di meja kerja

Dimana :

N = Gaya normal (N)

W = Gaya berat (N)

F = Gaya dorong (N)

$f_s$  = Gaya gesek kabinet dengan meja kerja(N)

Setelah mengetahui arah gaya yang bekerja pada kabinet *fall center*, langkah selanjutnya adalah menghitung gaya normal menggunakan persamaan berikut:

$$N = W$$

$$W = m \cdot g$$

Dimana:

m = Massa (Kg)

g = Gaya Gravitasi ( $m/s^2$ )

2. Mencari gaya gesek statis pada kabinet yang bersentuhan dengan meja kerja, cara menentukannya adalah nilai gaya normal dikali dengan koefisien gesek statis, berikut persamaannya:

$$f_s = N \times \mu_s$$

$f_s$  = Gaya Gesek (N)

N = Gaya Normal (N)

$\mu_s$  = Koefisien Gesek

**Tabel 2-2. Nilai koefisien gesekan statis dan kinetik untuk beberapa permukaan**

| Permukaan                   | Koefisien gesekan statis $\mu_s$ | Koefisien gesekan kinetik $\mu_k$ |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Kayu pada kayu              | 0.4                              | 0.2                               |
| Es pada es                  | 0.1                              | 0.03                              |
| Logam pada logam            | 0.15                             | 0.07                              |
| Baja pada baja              | 0.7                              | 0.6                               |
| Karet pada beton kering     | 1.0                              | 0.8                               |
| Karet pada beton basah      | 0.7                              | 0.5                               |
| Teflon pada Teflon di udara | 0.04                             | 0.04                              |
| Teflon pada baja di udara   | 0.04                             | 0.04                              |

(Sumber (Winingsih & Hidayati, 2017))

3. Mencari gaya dorong minimal untuk menggeser kabinet

$$F = f_s$$

4. Mencari diameter silinder piston dengan persamaan sebagai berikut

$$F = P_{Kompresor} \times A_{Silinder}$$

$$A_{Silinder} = \frac{F}{P_{Kompresor}}$$

$$\frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{F}{P_{Kompresor}}$$

$$D^2 = \frac{F}{P_{Kompresor} \times \frac{1}{4}\pi}$$

Dimana:

$P_{Kompresor}$  = Tekanan Kompresor (N/m<sup>2</sup>)

D = Diameter Piston

## 2.2.9 Menentukan kecepatan dan daya motor servo

1. Menentukan kecepatan motor servo

$$N = \frac{L}{P_h \times t}$$

Dimana :

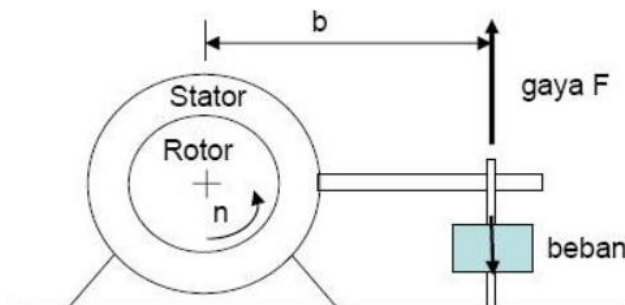
N = Jumlah putaran permenit (Rpm)

Ph = Pitch Ballscrew (mm)

L = panjang yang ditempuh eretan (mm)

t = Waktu (Menit)

2. Menghitung torsi yang bekerja



**Gambar 2-5. pembebanan pada motor**

Sumber (Firdatia, 2018)

Untuk menghitung torsi yang bekerja pada mesin berdasarkan pembebanan menggunakan rumus:

$$T = W \times b$$

Dimana

T = Torsi (kg.cm)

W = Beban (kg)

b = Jarak beban terhadap pusat perputaran (cm)

3. Menentukan daya motor yang dibutuhkan

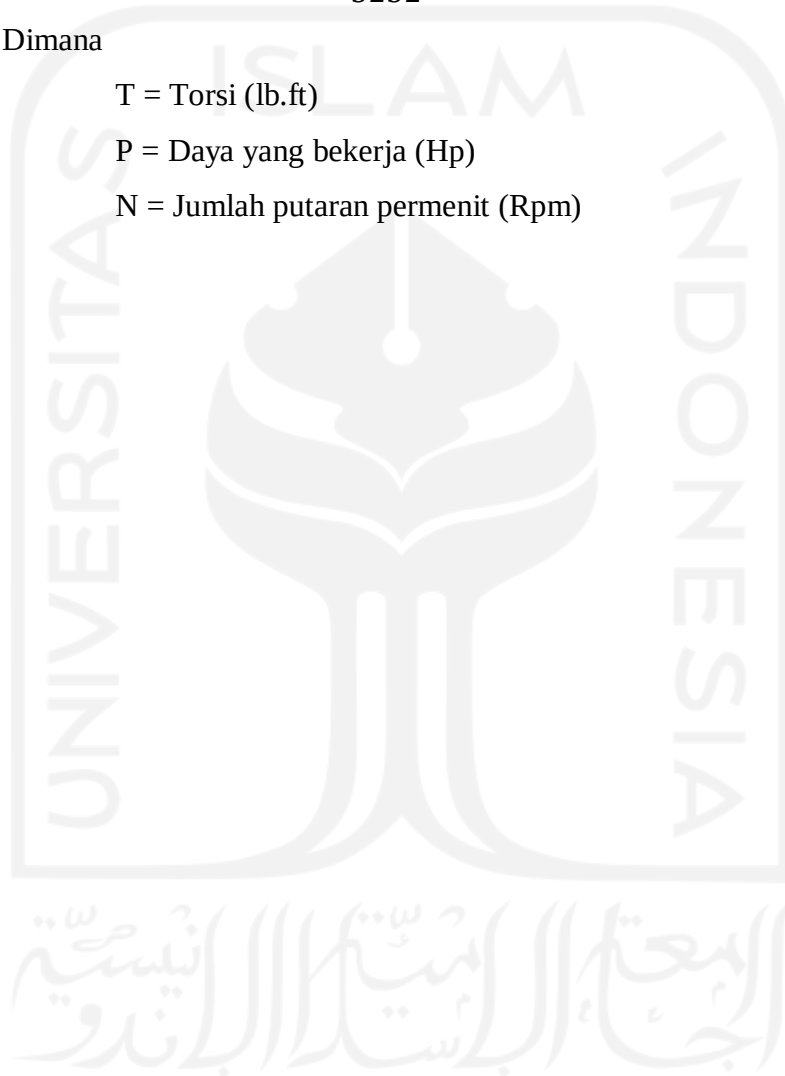
$$P = \frac{T \times N}{5252}$$

Dimana

T = Torsi (lb.ft)

P = Daya yang bekerja (Hp)

N = Jumlah putaran permenit (Rpm)

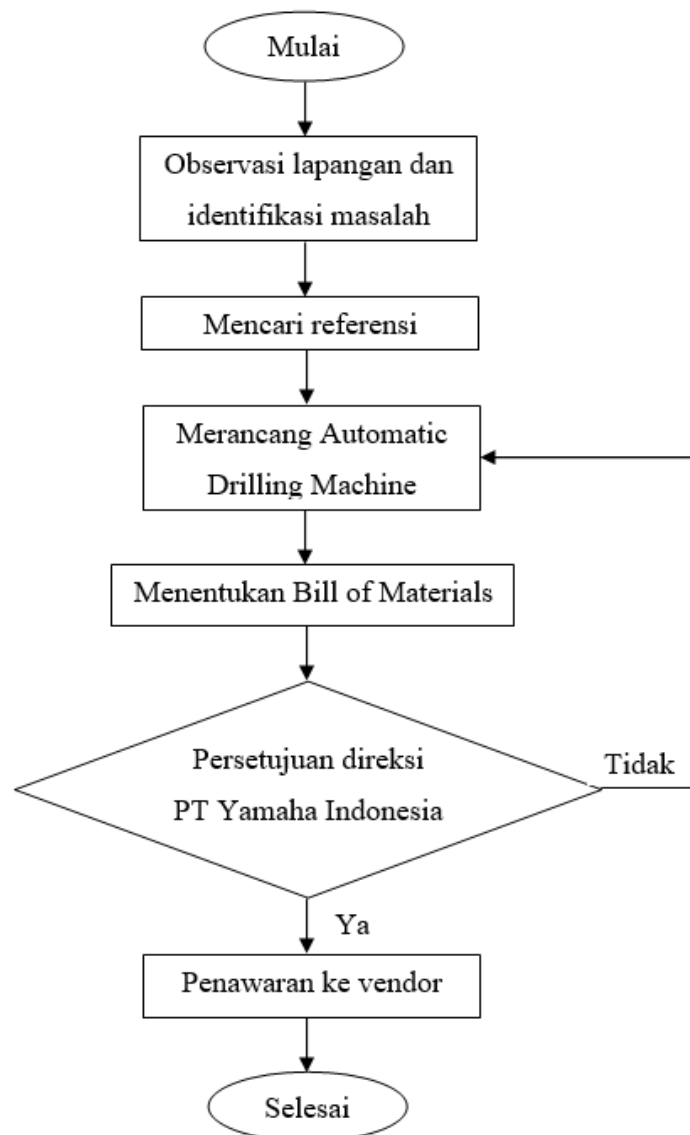


## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Diagram alir dari tahapan-tahapan perancangan yang dilakukan oleh penulis dapat ditunjukkan pada Gambar 3-1 Alur penelitian berikut:



**Gambar 3-1 Alur Penelitian**

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Dalam melakukan perancangan pembuatan tugas akhir ini diperlukan peralatan dan bahan sebagai faktor pendukung. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan ini dapat dilihat pada Tabel 3-1

Tabel 3-1 Peralatan Perancangan

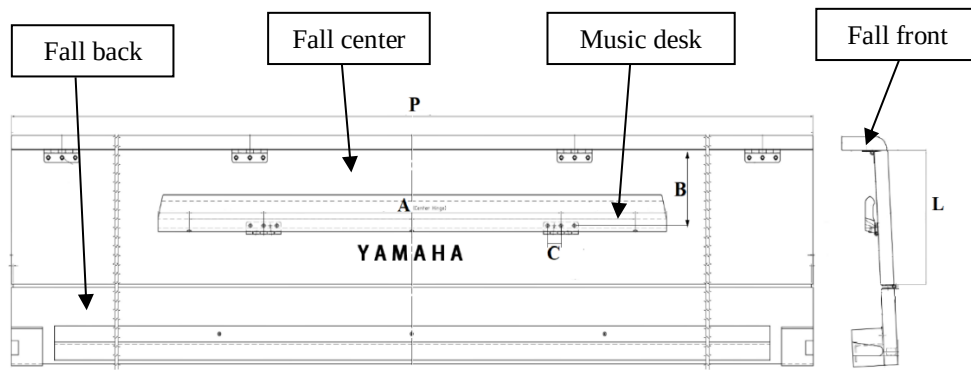
| No | Nama Alat          | Fungsi Alat                                                                        |
|----|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Laptop             | Untuk melakukan perancangan desain menggunakan Solidworks 2018 dan pengolahan data |
| 2  | Kamera             | Untuk mengambil foto dan video sebagai dokumentasi dan data analisis               |
| 3  | Meteran dan Mistar | Untuk melakukan pengukuran layout, kabinet dan jig                                 |

### 3.3 Observasi Lapangan dan Pengumpulan Data

Observasi lapangan dimaksudkan untuk mengumpulkan data penelitian yang selanjutnya diidentifikasi permasalahannya guna menentukan konsep desain mesin. Proses pengumpulan data pada proses pelubangan kabinet *fall center* dilakukan dengan proses perekaman video, wawancara dengan operator, ketua kelompok, dan asisten manajer.

#### 3.3.1 Kabinet Fall Center

*Fall center* merupakan salah satu komponen dari *assembly fall board*. *Assembly fall board* terdiri dari beberapa kabinet seperti *fall front*, *fall center*, *fall back* dan *music desk*. Untuk studi kasus ini terfokus pada *asseembly fall center* dan *music desk* dengan penghubung engsel. Jenis engsel yang digunakan sama, yang berbeda hanya jumlah penggunaannya tergantung pada model pianonya. Dibutuhkan 2 engsel untuk model piano B1, B2, B3 dan P116 seperti ditunjukkan pada gambar 3.2 dan dimensi bisa dilihat pada Tabel 3.2



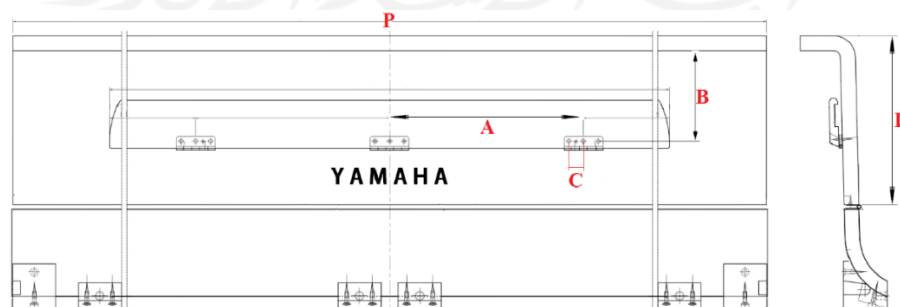
Gambar 3-2 drawing assembly fall board dengan 2 engsel penghubung

Tabel 3-2 Dimensi *fall center* dengan 2 engsel penghubung (mm)

| NO | MODEL              | P           | L     | A   | B       | C  |
|----|--------------------|-------------|-------|-----|---------|----|
| 1  | B1 PE, PM, PW, PWH | 1372        | 168,5 | 380 | 96,225  | 17 |
| 2  | B1 SATIN, OPDW     | 1373        | 169,5 | 380 | 97,225  | 17 |
| 3  | B2 OPDW, SATIN     | 1373        | 162   | 380 | 92,725  | 17 |
| 4  | B2 PE, PM, PW, PWH | 1372        | 161   | 380 | 91,725  | 17 |
| 5  | B3 PE              | 1388        | 168,7 | 380 | 99,425  | 17 |
| 6  | B3 PWH, SE         | 1389        | 169   | 380 | 99,725  | 17 |
| 7  | B3 PM, PW, SATIN   | 1389        | 169   | 380 | 99,725  | 17 |
| 8  | P116 PE            | 1399        | 170,8 | 380 | 109,525 | 17 |
| 9  | P116 PWH           | <b>1401</b> | 171,8 | 380 | 110,525 | 17 |

Walaupun dimensi panjang dan lebar dari model kabinet *fall center* yang menggunakan 2 engsel penghubung berbeda-beda, tetapi dimensi jarak antar engsel dan jarak antar lubang engsel yang diwakilkan dengan huruf A dan C memiliki dimensi yang sama.

Sedangkan model piano P121 dan U1J membutuhkan 3 engsel untuk *assembly fall center* dengan *music desk* seperti gambar 3.3 dan dimensinya bisa dilihat pada tabel 3.3



Gambar 3-3 Drawing assembly fall board dengan 3 engsel penghubung

**Tabel 3-3 Dimensi *fall center* dengan 3 engsel penghubung (mm)**

| NO | MODEL             | P    | L            | A     | B              | C  |
|----|-------------------|------|--------------|-------|----------------|----|
| 1  | P121 PE, PWH      | 1389 | <b>189,4</b> | 335   | <b>117,125</b> | 17 |
| 2  | U1J PE, PM, SATIN | 1390 | 185          | 334,5 | 111,025        | 17 |
| 3  | U1J PWH           | 1389 | 183,5        | 334,5 | 109,525        | 17 |

Model kabinet *fall center* yang memiliki panjang paling besar adalah P116 PWH, sedangkan untuk lebar kabinet dan jarak lubang engsel ke sisi atas yang paling besar adalah model P121 PE dan PWH.

### 3.3.2 Jig

Jig adalah alat penjepit benda kerja produksi yang digunakan untuk mereplikasi komponen secara akurat. Pada proses pelubangan *fall center*, jig digunakan untuk pemberian titik sebelum dilakukan proses *drilling* dengan *hand bore*. Jig yang digunakan saat ini ada 3 macam dan penggunaannya pun bergantian, yang pertama untuk model kabinet *fall center* B1 dan B2, yang kedua untuk model B3 dan P116, yang ketiga untuk model U1J dan P121. Jig ini memiliki berat kurang lebih 6 kg, sehingga operator cukup terbebani pada saat berganti jig untuk mengerjakan proses pelubangan kabinet model yang berbeda. Bisa dilihat pada Gambar 3-5



**Gambar 3-4 jig model U1J dan B3**

### 3.3.3 Alur dan Waktu Proses Kerja Operator

Proses pelubangan kabinet yang dilakukan oleh operator memiliki alur dan waktu yang berbeda antara model kabinet dengan 2 engsel dan 3 engsel. Karena meja kerja dan operator yang mengerjakan juga berbeda. Berikut ini merupakan alur dan waktu proses pelubangan kabinet *fall center*:

**Tabel 3-4 Alur dan waktu proses kerja operator**

| No | Gambar                                                                              | Deskripsi Proses                                                                   | Waktu Proses kabinet 2 engsel (detik) | Waktu Proses kabinet 3 engsel (detik) |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1  |   | Mengambil kabinet dan meletakkan ke jig                                            | 7,5                                   | 7,5                                   |
| 2  |  | Menutup jig dan mengambil <i>hand bore</i>                                         | 5,1                                   | 4,9                                   |
| 3  |  | Pembuatan 6 atau 9 titik sebagai tanda dengan menggunakan <i>hand bore</i> dan jig | 9,2                                   | 13,8                                  |

|   |                                                                                     |                                            |      |      |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------|------|
| 4 |    | Menyimpan <i>hand bore</i> dan melepas jig | 4,6  | 4,3  |
| 5 |    | Menyimpan kabinet di rak                   | 6,4  | -    |
| 6 |   | Mengambil <i>hand bore</i>                 | 4,9  | 5    |
| 7 |  | Proses pelubangan 6 titik                  | 17,5 | 26,2 |
| 8 |  | Menyimpan <i>hand bore</i>                 | 4,2  | 4,1  |

|                  |                                                                                   |                          |      |     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------|-----|
| 9                |  | Menyimpan kabinet di rak | -    | 6,2 |
| Total Waktu/Unit |                                                                                   |                          | 59,4 | 72  |

Berdasarkan Tabel 3-4 sebelum proses pelubangan, diperlukan pemberian titik dengan menggunakan *hand bore* dan jig yang bertujuan sebagai tanda posisi lubang. Proses pemberian titik dan proses pelubangan kabinet yang menggunakan 2 engsel dikerjakan dengan oleh operator yang berbeda, sehingga kabinet perlu ditransport ke meja yang berbeda.

Dengan metode pengerjaan yang seperti ini sering sekali terjadi *human error* pada saat proses pelubangan menggunakan *hand bore*. Yaitu, mata bore sedikit bergeser beberapa *milimeter* dari tanda yang sudah dibuat sebelumnya. Hal tersebut mengakibatkan lubang yang dihasilkan tidak sesuai dengan lubang engsel, sehingga perlu dilakukan *repair* oleh operator dengan cara menambal lubang menggunakan kayu lidi dan melakukan proses *drilling* ulang. Kemungkinan terjadi kesalahan ini sekitar 60% dari total produksi.



**Gambar 3-5 Penambalan lubang yang tidak presisi dengan lubang engsel**

Oleh sebab itu diperlukan *kaizen* dengan tujuan untuk menghilangkan proses pemberian titik, meningkatkan kepresisian jarak antar lubang yang dihasilkan dan mengubah proses kerja manual menjadi otomatis.

### 3.3.4 Target Produksi

Target produksi diambil berdasarkan data periode 198 di PT. Yamaha Indonesia. Setiap kabinet memiliki target produksi berbeda-beda, target produksi bisa dilihat pada Tabel 3-5

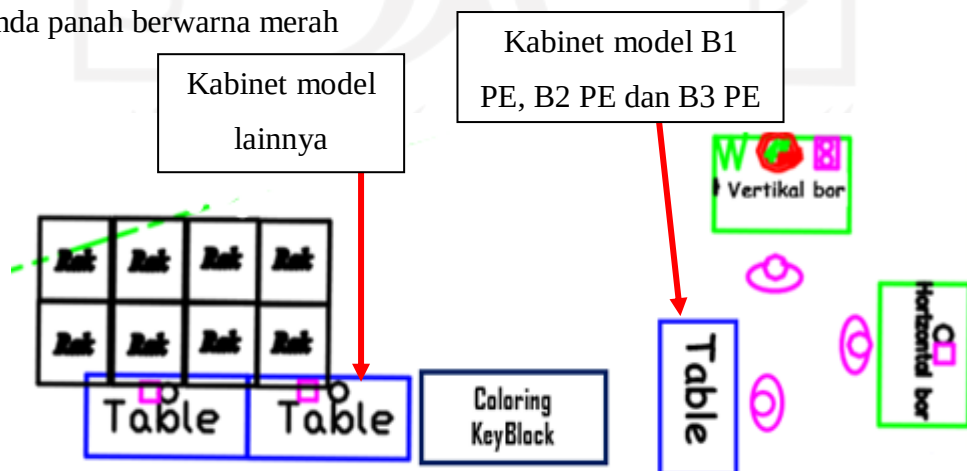
**Tabel 3-5 Target produksi harian periode 198**

| MODEL        | TARGET HARIAN<br>(Periode 198) | PENGUNAAN ENGSEL |
|--------------|--------------------------------|------------------|
| B1 ALL       | 34                             | 2                |
| B2 ALL       | 20                             |                  |
| B3 ALL       | 44                             |                  |
| P116 ALL     | 2                              |                  |
| U1J ALL      | 10                             | 3                |
| P121 ALL     | 6                              |                  |
| <b>TOTAL</b> | <b>116</b>                     |                  |

Berdasarkan Tabel 3-5 total target produksi kabinet yang menggunakan 2 engsel sebesar 100 unit/hari, sedangkan kabinet yang menggunakan 3 engsel memiliki target produksi 16 unit/hari.

### 3.3.5 Layout Kerja

Proses pelubangan kabinet *fall center* untuk *assembly* dengan *music desk* dilakukan dibagian *sub assy case* UP. Tempat pembuatan lubang ditunjukan oleh tanda panah berwarna merah



**Gambar 3-6 Layout proses *drilling fall center***

Pemisahan meja kerja untuk proses *drilling* kabinet ini berdasarkan pembagian target harian, dimana model B1 PE, B2 PE dan B3 PE memiliki target harian yang paling banyak.

### 3.3.6 Sumber Daya Manusia

Kelompok kerja *sub assy case* UP terdiri dari 6 operator yang memiliki tanggung jawab masing-masing terhadap proses produksi yang dilakukan. Selain bertanggung jawab pada proses produksi yang dikerjakan, kepala kelompok bertugas untuk mengakomodir operator yang ada di kelompoknya serta mengawasi keluar masuknya barang produksi agar target produksi bisa tercapai.

## 3.4 Konsep Perancangan Automatic Drilling Machine

Pada saat mengembangkan konsep desain untuk merancang *automatic drilling machine*, ada 2 langkah yang harus diikuti, yaitu:

### 1. Identifikasi Masalah

Beberapa masalah muncul setelah dilakukan observasi lapangan. Beberapa masalah yang muncul ini berpotensi menghambat proses kerja yang ada di PT. Yamaha Indonesia. Berikut ini beberapa permasalahan yang muncul setelah melakukan observasi lapangan:

- a. Operator melakukan pergantian jig pada saat memproses kabinet model yang berbeda.
- b. Jig memiliki berat  $\pm 6$  kilogram sehingga mengganggu kestabilan kerja operator.
- c. Dengan metode pengerjaan yang ada, hasil kepresisian jarak antar lubang kurang baik. Sehingga perlu dilakukan penambalan lubang dan proses pelubangan ulang yang membuat waktu kerja operator menjadi lebih lama.
- d. Operator masih memiliki tanggungan pekerjaan pada mesin dan proses yang berbeda sehingga operator dituntut bekerja lebih cepat.
- e. Target produksi kabinet fall center dalam sehari sebesar 116 unit.

### 2. Deskripsi Perancangan

Setelah mengamati dan mengidentifikasi permasalahan di lapangan, langkah selanjutnya adalah membuat deskripsi desain mesin yang akan dibuat dengan

memperhatikan prinsip-prinsip desain mesin dan poin-poin penting yang diinginkan oleh manajemen. Berikut deskripsi mesin yang akan dirancang:

- a. Mesin bekerja secara otomatis.
- b. Mesin tidak boleh membebani atau mempersulit operator.
- c. Mesin yang akan dirancang dapat melubangi 3 titik dalam sekali *drill*.
- d. Mesin yang dapat mengerjakan semua model kabinet yang ditentukan.
- e. Mesin yang dapat bekerja secara aman sesuai kaidah K3.
- f. Dimensi mesin tidak boleh melebihi 2000 mm x 1000 mm berdasarkan layout yang tersedia.

### 3.5 Konsep Perhitungan Automatic Drilling Machine

#### 3.5.1 Menentukan Waktu Pemotongan *Drill*

1. Menghitung kecepatan pemakanan *drill*

Mata pahat drill yang digunakan memiliki diameter 2 mm, besarnya gerak makan untuk mata pahat *drill* berdiameter 2 mm adalah 0,05 mm/rev (Pratama, 2017), dengan jumlah mata sayat 2. sedangkan putaran poros output dihasilkan dari motor induksi dengan kecepatan putar 3000 rpm berdasarkan standar yang ditetapkan oleh PT. Yamaha Indonesia.

$$V_s = s \cdot n_{out} \cdot Z$$

$$V_s = 0,05 \times 3000 \times 2$$

$$V_s = 300 \text{ mm/min}$$

2. Waktu pemotongan

Kedalaman potong yang akan dilakukan terhadap kabinet sebesar 12 mm dengan *point angle* dari mata pahat adalah  $60^\circ$  ( $k_f = 30^\circ$ ). Pertama mencari panjang langkah terlebih dahulu.

$$I_v \geq \frac{d/2}{\tan k_f}$$

$$I_v \geq \frac{2/2}{\tan 30^\circ}$$

$$I_v \geq 1,73 \text{ mm}$$

$$I_{\text{Total}} = I_v + I_w$$

$$I_{\text{Total}} = 1,73 + 10$$

$$I_{\text{Total}} = 11,73 \text{ mm}$$

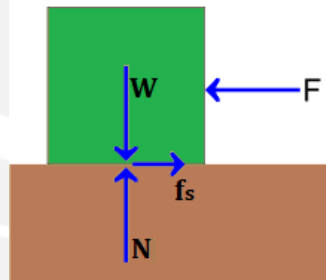
$$T_c = \frac{I_{\text{Total}}}{V_s}$$

$$T_c = \frac{11,73 \text{ mm}}{300 \text{ mm/min}}$$

$$T_c = 2,35 \text{ detik}$$

Maka didapatkanlah waktu yang ideal untuk proses *drill* pada kabinet *fall center* sebesar 2,35 detik.

### 3.5.2 Menentukan Air Cylinder Centering



Gambar 3-7. Gaya yang bekerja pada kabinet

Kabinet yang digunakan pada percobaan kali ini menggunakan kabinet P121 PE karena memiliki massa kabinet paling besar yaitu 7,5 kg. Langkah pertama untuk menghitung gaya dorong kabinet yang dibutuhkan dengan cara menentukan gaya normal yang terjadi pada kabinet menggunakan rumus berikut:

$$N = W$$

$$W = m \cdot g$$

$$N = 7,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$N = 73,5 \text{ Newton}$$

Pada posisi kabinet berada di meja kerja terdapat gaya gesek statis yang akan menahan posisi kabinet, sehingga untuk mendorong kabinet dibutuhkan gaya yang lebih besar dari gaya gesek statisnya. Karena kabinet terbuat dari kayu maka diasumsikan koefisien geseknya adalah 0,4 berdasarkan Tabel 2-2. Maka gaya gesek statisnya dapat ditentukan sebagai berikut:

$$f_s = N \times \mu_s$$

$$f_s = 73,5 \text{ N} \times 0,4$$

$$f_s = 29,4 \text{ Newton}$$

Sehingga gaya minimal untuk mendorong kabinet *fall center*:

$$F = f_s$$

$$F = 29,4 \text{ N}$$

Selanjutnya adalah menghitung diameter yang dibutuhkan, untuk besar tekanan udara yang digunakan PT. Yamaha Indonesia adalah 4 bar atau setara dengan 400.000 N/m<sup>2</sup>

$$\frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{F}{P_{\text{kompressor}}}$$

$$D^2 = \frac{29,4 \text{ N}}{400.000 \text{ N/m}^2 \times \frac{1}{4}\pi}$$

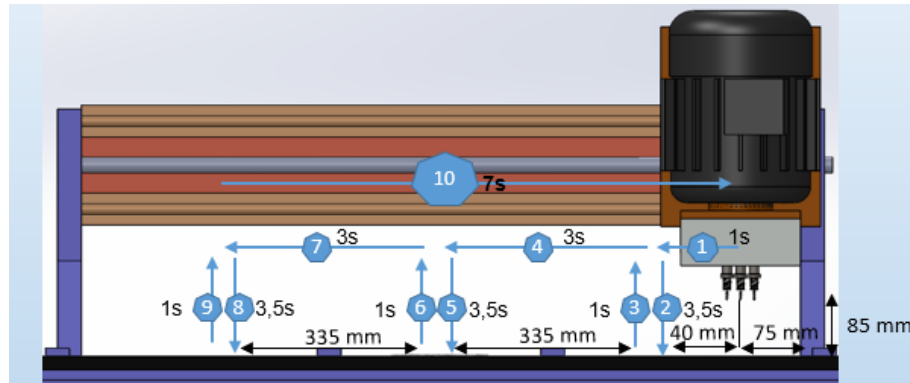
$$D = \sqrt{0,0000936}$$

$$D = 0,009 \text{ m} = 9 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka diameter *air cylinder* dibutuhkan minimal 9 mm. Dikarenakan adanya pertimbangan faktor keamanan yang telah ditentukan sebesar 3 kali. Maka dipilihlah *air cylinder* merk SMC model MB series dengan diameter 32 mm dan panjang *stroke* 100 mm. Untuk detail bisa dilihat katalognya pada lampiran 9.

### 3.5.3 Menentukan Motor Servo

Langkah pertama adalah menentukan kecepatan motor yang diperlukan untuk pergerakan *head drill* berdasarkan waktu yang telah ditentukan, jarak tempuh *head drill* dan besarnya *pitch ballscrew* yang digunakan. *Ballscrew* yang digunakan dari merk THK model BNT 2806-2.6 dengan besar *pitch* 6 mm dan diameter 28 mm. Sedangkan untuk waktu yang dibutuhkan diambil dari waktu tercepat pada pemodelan pergerakan *head drill* untuk menempuh jarak yang ditentukan.



**Gambar 3-8. pemodelan pergerakan head drill**

Berdasarkan pemodelan Gambar 3-8 maka model pergerakan *head drill* nomer 4 dan 7 yang memiliki kecepatan paling besar. Sehingga untuk menentukan kecepatan putar motor yang diperlukan sebagai berikut:

$$N = \frac{L}{P_h \times T}$$

$$N = \frac{335 \text{ mm}}{6 \text{ mm} \times 0,05 \text{ menit}}$$

$$N = 1116,7 \text{ Rpm}$$

Selanjutnya menentukan torsi yang bekerja pada mesin yang didapatkan dari beban komponen dan jarak beban ke titik putar. Untuk jarak beban ke titik putar menggunakan dimensi  $\frac{1}{2}$  diameter *ballscrew* , sedangkan beban diasumsikan sebagai berikut:

**Tabel 3-6. Beban komponen**

| No | Nama Benda                             | Massa (kg) |
|----|----------------------------------------|------------|
| 1  | Motor Induksi, long gear               | 12         |
| 2  | Mounting                               | 6          |
| 3  | Ballscrew, Motor Servo dan nut sumbu Z | 7          |

Sehingga dapat dihitung torsi yang bekerja pada mesin adalah:

$$T = W \times b$$

$$T = 25 \text{ kg} \times 1,4 \text{ cm}$$

$$T = 35 \text{ kg.cm} = 2,6 \text{ lb.ft}$$

Setelah mendapatkan torsi yang bekerja dan kecepatan putar motor yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah menghitung daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan *head drill*.

$$P = \frac{T \times N}{5252}$$

$$P = \frac{2,6 \text{ lb.ft} \times 1116,7 \text{ Rpm}}{5252}$$

$$P = 0,553 \text{ Hp} = 412 \text{ watt}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dan *safety factor* yang ditetapkan oleh PT. Yamaha Indonesia dengan rentang 1,5 sampai 2 kali, maka dipilihlah motor servo dari merk Delta dengan model ECMA-C20807RS dengan output power 750 watt.



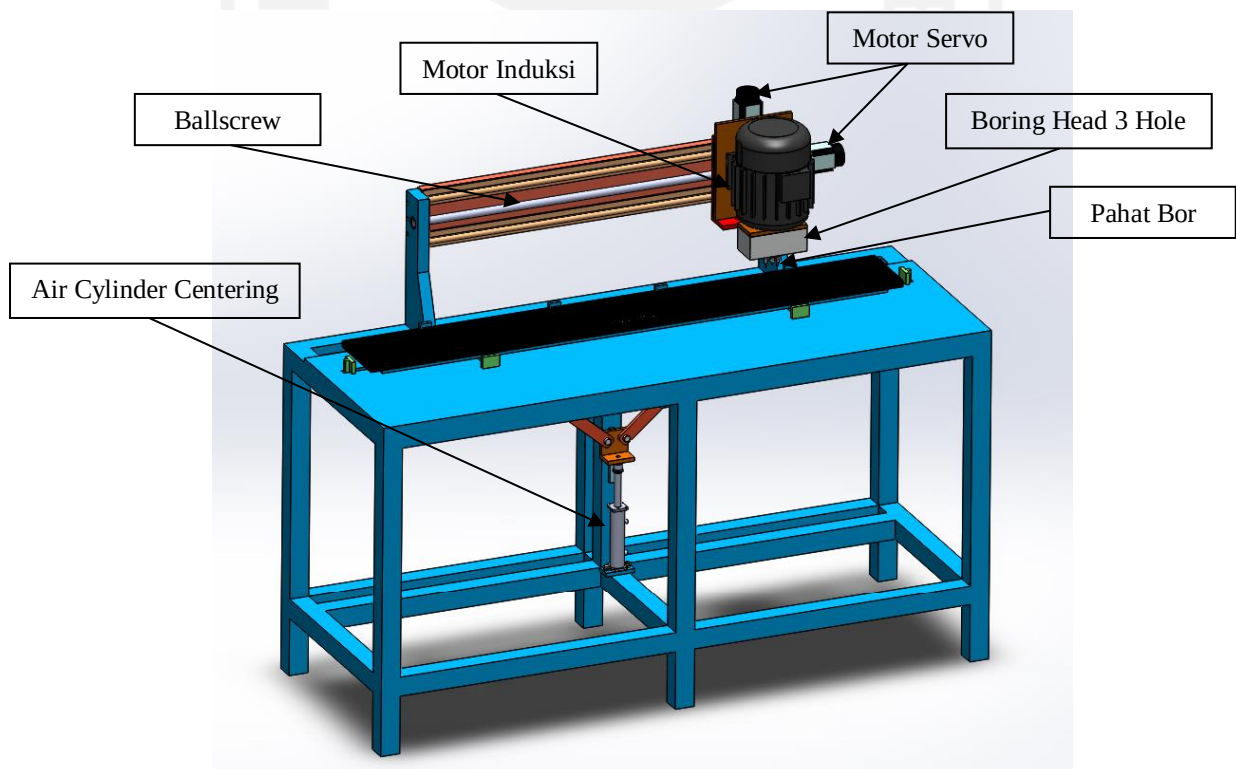
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perancangan *Automatic Drilling Machine*

Hasil perancangan *Automatic Drilling Machine* untuk kelompok kerja *sub assy case UP* di PT. Yamaha Indonesia telah melalui beberapa tahapan diskusi dengan berbagai pihak perusahaan. Diskusi yang melibatkan kepala kelompok, *assistant manager assembling*, *manager production engineering*, hingga *vice president* PT. Yamaha Indonesia. Sebelum melakukan diskusi dengan pihak manajemen, dilakukan diskusi internal terlebih dahulu untuk membahas hasil perancangan yang sudah dibuat. Secara konsep dan ide perancangan sudah diterima oleh pihak manajemen, hanya saja dalam penempatan mesin perlu dilakukan pengkajian untuk didapatkan pengurangan langkah handling kabinet dari mesin ke meja kerja berikutnya.

Gambar hasil desain perancangan mesin *automatic drilling* dapat dilihat pada Gambar 4-1 Hasil Perancangan.



**Gambar 4-1 Hasil Perancangan *Automatic Drilling Machine***

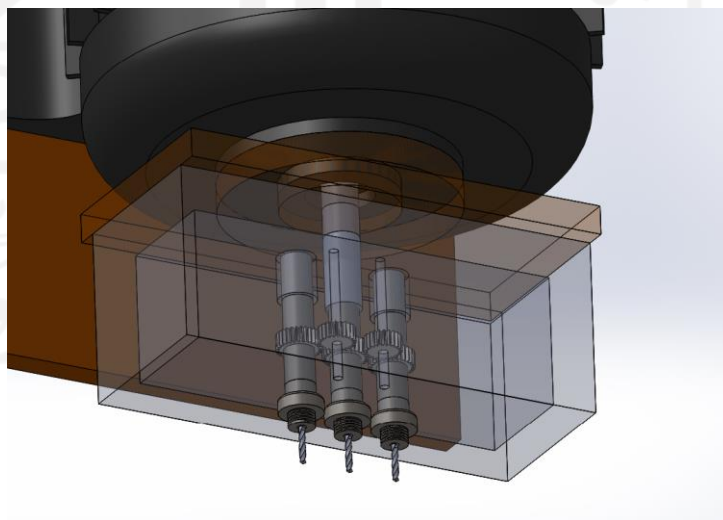
Keterangan :

1. Motor Servo berfungsi sebagai aktuator untuk menggerakkan *head drill* pada *axis Y* dan *axis Z*.
2. Motor Induksi berfungsi sebagai sumber daya menggerakkan *spindle* pahat bor.
3. *Ball screw* adalah transmisi ulir untuk mengubah gerak rotasi menjadi gerak linear pada *head drill*.
4. *Boring head 3 hole* berfungsi untuk mentransmisikan daya dari motor induksi ke putaran pahat bor.
5. *Air cylinder centering* sebagai aktuator untuk memposisikan kabinet berada ditengah.
6. Pahat bor untuk membuat lubang pada kabinet

Dengan adanya *automatic drilling machine*, proses pemberian titik dan pelubangan kabinet tidak lagi dikerjakan oleh operator. Operator cukup melakukan *setting* kabinet pada mesin, sehingga ketika mesin mulai beroperasi secara otomatis maka operator dapat mengerjakan proses kerja lainnya.

#### 4.1.1 Mekanisme alat

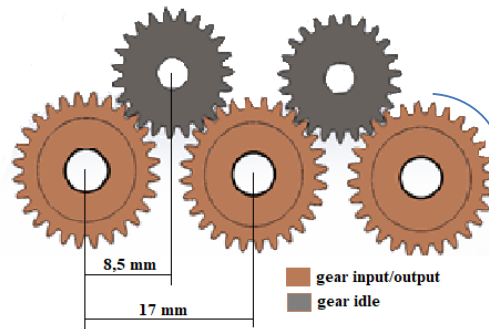
1. Mekanisme *Drill*



**Gambar 4-2 Desain 3D mekanisme *drill***

Mekanisme drill dibuat dengan memanfaatkan motor induksi 3 fasa sebagai penggerak 3 *twist drill*, sedangkan untuk mentransmisikan daya dari motor induksi

ke *twist drill* menggunakan *shaft* dan *gear*. Terdapat 2 jenis gear dengan rasio yang berbeda.

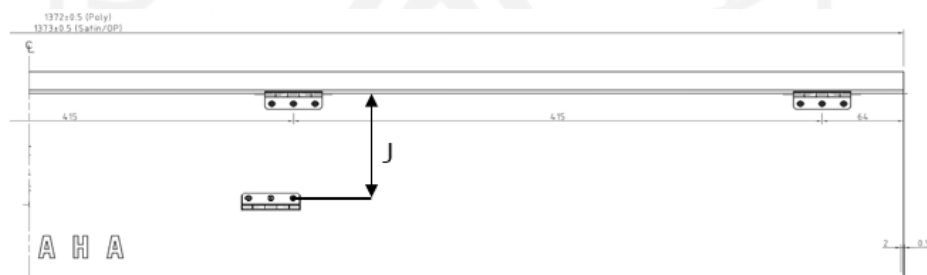


**Gambar 4-3 Susunan gear pada mekanisme *drill***

Berdasarkan desain yang dibuat, besarnya rasio kedua jenis gear tersebut adalah 2:3. Akan tetapi rasio tersebut tidak mutlak dan diserahkan ke vendor dengan perhatian jarak antar gear input dan output harus 17 mm. Penggunaan gear *idle* dimaksudkan untuk menyamakan arah putaran gear output sesuai dengan arah putar motor induksi.

## 2. Pemasangan jig

Dikarenakan dimensi dari kabinet *fall center* yang berbeda-beda tentunya menjadi perhatian dalam perancangan ini. Maka dari itu diperlukan tambahan jig (*spacer*) yang akan diletakkan pada bagian *stoper* meja. Jig ini terbuat dari triplek kayu berbentuk persegi panjang dengan ukuran 1350 mm x 18 mm untuk panjang dan lebarnya. Sedangkan untuk lebarnya berbeda-beda menyesuaikan model kabinetnya.



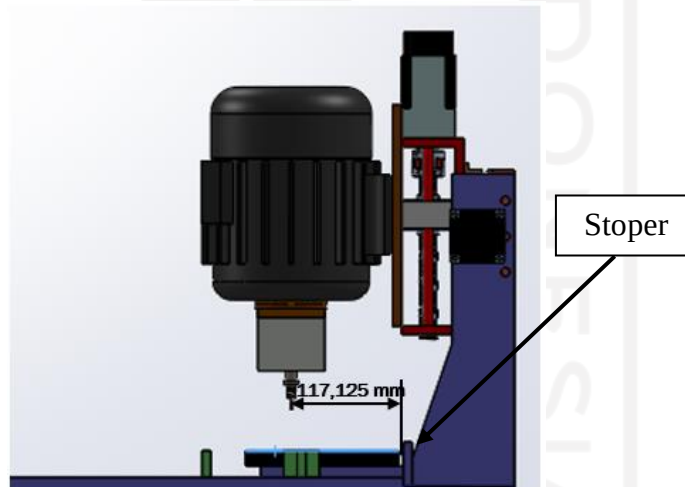
**Gambar 4-4 *drawing* kabinet *fall center***

**Tabel 4-1 Tebal jig berdasarkan model kabinet dan jarak ke sisi atas kabinet**

| No | MODEL              | J (mm) | Tebal Jig (mm) |
|----|--------------------|--------|----------------|
| 1  | B1 PE, PM, PW, PWH | 96,225 | 20,9           |
| 2  | B1 SATIN & OP      | 97,225 | 19,9           |
| 3  | B2 OP & SATIN      | 92,725 | 24,4           |

|    |                               |                |          |
|----|-------------------------------|----------------|----------|
| 4  | B2 PE , PM, PW, PWH           | 91,725         | 25,4     |
| 5  | B3 PE, PM, PW, PWH, SATIN, OP | 99,725         | 17,4     |
| 6  | P116 PE                       | 109,525        | 7,6      |
| 7  | P116 PWH                      | 110,525        | 6,6      |
| 8  | <b>P121 PE &amp; PWH</b>      | <b>117,125</b> | <b>0</b> |
| 9  | U1J PE, PM, SATIN             | 111,025        | 6,1      |
| 10 | U1J PWH                       | 109,525        | 7,6      |

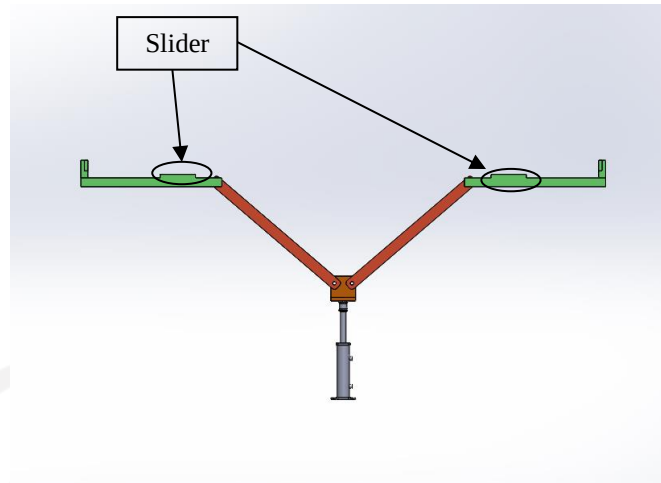
Berdasarkan Tabel 4-1, model kabinet yang memiliki dimensi jarak dari sisi atas ke lubang kabinet paling besar adalah model P121 PE dan PWH yang akan menjadi acuan jarak dari *stoper* meja terhadap titik tengah mata bor. Sedangkan untuk model lainnya menggunakan jig sesuai tebal yang diperlukan.



Gambar 4-5 posisi *stoper* dengan mata bor

### 3. Mekanisme *centering* kabinet

Mekanisme *centering* dimaksudkan untuk memposisikan kabinet berada pada posisi *center* terhadap pergerakan *head drill*, sehingga operator tidak perlu mengatur posisi kabinet dengan presisi. Penggunaan *air cylinder* sebagai aktuator untuk menarik dan mendorong batang penghubung (*link*) sehingga dapat menahan kabinet dari sisi kanan dan kiri.

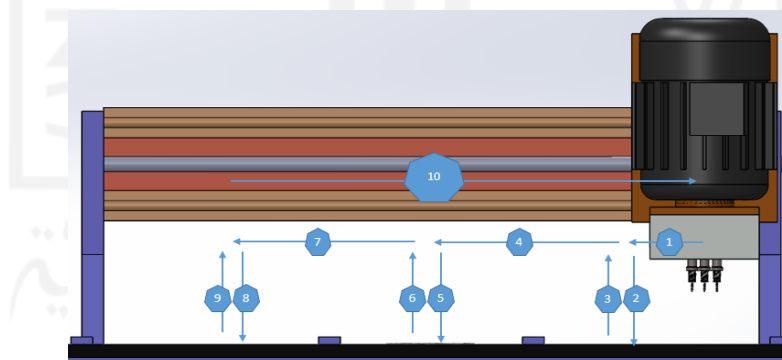


**Gambar 4-6 mekanisme *centering* kabinet**

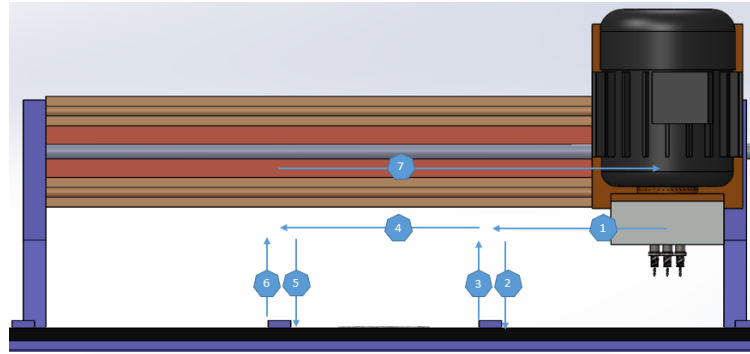
Penggunaan *slider* selain bertujuan sebagai lintasan pergerakan batang penghubung, dimaksudkan juga untuk mengubah gerakan translasi arah vertikal dari *air cylinder* menjadi gerakan translasi arah horizontal.

#### 4. Pergerakan otomatis *head drill*

Perpindahan *head drill* pada *axis Z* maupun *axis Y* digerakkan menggunakan motor servo yang dikontrol oleh PLC dan kemudian ditransmisikan oleh *ballscrew* agar *head drill* dapat bergerak translasi. Untuk menunjang perpindahan *head drill* digunakan *linear guideway* sebagai tumpuan pada *axis Y* dan sebagai lintasan pada *axis Y* maupun *Z*.



**Gambar 4-7 Pergerakan *head drill* untuk model *fall center* 3 engsel**



**Gambar 4-8 Pergerakan *Head drill* untuk model *fall center* 2 engsel**

Berdasarkan Gambar 4-7 dan Gambar 4-8 , setelah melakukan proses *drill* kabinet sesuai dengan modelnya *head drill* akan kembali ke posisi *home* yang berada di sisi sebelah tumpuan kanan. Penentuan posisi *home* didekat tumpuan bertujuan untuk menghindari terjadi lengkungan pada kerangka yang disebabkan karena beban lelah (*fatigue*), meskipun jarak perpindahan yang harus ditempuh *head drill* akan lebih banyak.

## 4.2 Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan pada perancangan mesin ini berkaitan mengenai perbandingan waktu kerja operator sebelum dan sesudah adanya *automatic drilling machine*, rencana penempatan mesin berdasarkan ruang yang tersedia pada layout kelompok kerja *sub assy case* UP dan perhitungan *break event point*.

### 4.2.1 Perbandingan waktu kerja operator

Perbandingan waktu kerja operator untuk proses pelubangan kabinet *fall center* sebelum dan sesudah adanya *automatic drilling machine* bertujuan untuk mengestimasi besarnya *saving time* yang diperoleh. Dengan mengetahui besarnya *saving time* yang diperoleh, maka dapat ditemukan *break event point* dari pengadaan *automatic drilling machine*.

**Tabel 4-2 Waktu kerja operator sebelum *kaizen***

| No | Deskripsi Proses | Waktu Proses kabinet 2 engsel (detik) | Waktu Proses kabinet 3 engsel (detik) |
|----|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|    |                  |                                       |                                       |

|       |                                                                                    |      |      |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| 1     | Mengambil kabinet dan meletakkan ke jig                                            | 7,5  | 7,5  |
| 2     | Menutup jig dan mengambil <i>hand bore</i>                                         | 5,1  | 4,9  |
| 3     | Pembuatan 6 atau 9 titik sebagai tanda dengan menggunakan <i>hand bore</i> dan jig | 9,2  | 13,8 |
| 4     | Menyimpan <i>hand bore</i> dan melepas jig                                         | 4,6  | 4,3  |
| 5     | Menyimpan kabinet di rak                                                           | 6,4  | -    |
| 6     | Mengambil <i>hand bore</i>                                                         | 4,9  | 5    |
| 7     | Proses pelubangan 6 titik                                                          | 17,5 | 26,2 |
| 8     | Menyimpan <i>hand bore</i>                                                         | 4,2  | 4,1  |
| 9     | Menyimpan kabinet di rak                                                           | -    | 6,2  |
| TOTAL |                                                                                    | 59,4 | 72   |

**Tabel 4-3 Rencana waktu kerja operator setelah *kaizen***

| No    | Deskripsi Proses                    | Waktu Proses kabinet 2 engsel (detik) | Waktu Proses kabinet 3 engsel (detik) |
|-------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | Mengambil kabinet dan setting mesin | 15                                    | 15                                    |
| 2     | <i>Drilling</i> kabinet otomatis    | -                                     | -                                     |
| 3     | Lepas jig dan centering             | 3,8                                   | 3,8                                   |
| 4     | Menyimpan kabinet di rak            | 6,2                                   | 6,2                                   |
| TOTAL |                                     | 25                                    | 25                                    |

Pada Tabel 4-3 , proses *drilling* kabinet tidak diberi waktu karena operator sudah tidak mengerjakan prosesnya, yang dihitung hanyalah waktu operator melakukan *setting* kabinet dan mesin. Berdasarkan kedua tabel diatas, didapatkan *saving time* 34,4 detik untuk model yang menggunakan 2 engsel, dan 47 detik

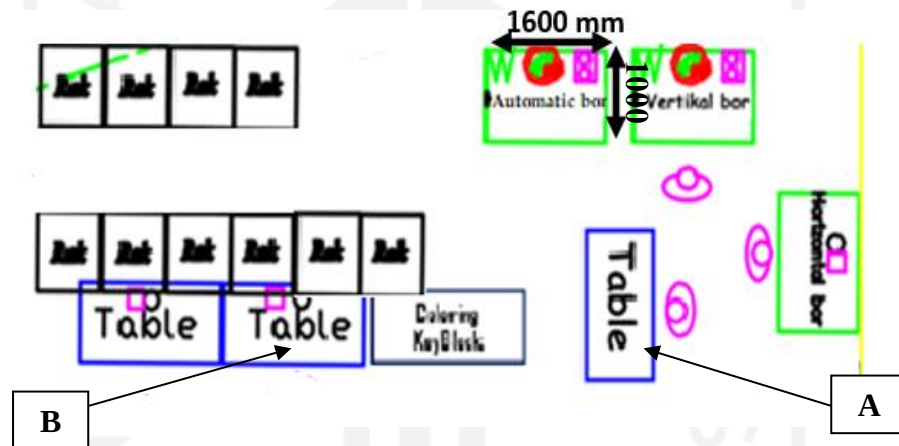
untuk model yang menggunakan 3 engsel. Sehingga bila dikalikan dengan target produksi harian didapatkan *saving time* dalam perhari yaitu:

*Saving time* fall center 2 engsel = 34,4 detik x 100 unit = 3440 detik/hari

*Saving time* fall center 3 engsel = 47 detik x 16 unit = 752 detik/hari

#### 4.2.2 Rencana Penempatan Mesin

Tentunya dengan adanya penambahan mesin baru, perlu mempertimbangkan rencana penempatannya. Sehingga didapatkan efisiensi yang baik untuk perpindahan kabinet dari proses sebelum dan proses sesudahnya. Selain itu, rencana penempatan mesin juga menjadi pertimbangan pihak direksi perusahaan dalam merealisasikan mesin.



Gambar 4-9 Rencana layout setelah kaizen

Rencana penempatan *automatic drilling machine* berada di samping mesin *vertical bore*. Pertimbangan pertama yaitu dari dimensi mesin 1600 mm x 1000 mm masih ada ruang tersisa untuk meletakkan mesin. Pertimbangan kedua dari proses sebelumnya, kabinet *fall center* melalui mesin *horizontal bore* dan *vertikal bore*. sehingga proses transport kabinet akan berdekatan dan berurutan. Pertimbangan ketiga dari proses setelahnya, yaitu proses *assembly* dengan *music desk* dan kabinet *fall back* yang dilakukan di meja A untuk *fall center* B1 PE, B2 PE dan B3 PE, sedangkan meja B untuk *fall center* model lainnya.

#### 4.2.3 Analisa Break Even Point

Sebelum menghitung *break even point*, perlu dilakukan perhitungan estimasi biaya pembuatan untuk mengetahui besarnya investasi yang dilakukan

perusahaan. Komponen-komponen yang dipilih tentunya harus memiliki spesifikasi untuk penggunaan industri, walaupun dengan harga yang lebih mahal namun memiliki ketahanan yang tinggi. Ringkasan dari estimasi biaya pembuatan ditunjukkan pada Tabel 4-4 , sedangkan untuk detail komponen yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 8.

**Tabel 4-4 Ringkasan estimasi biaya pembuatan**

| No. | Part Name                | Estimation Price      |
|-----|--------------------------|-----------------------|
|     |                          | Total                 |
| 1   | Electical part           | Rp26.017.098          |
| 2   | Mechanical part          | Rp42.388.000          |
| 3   | Machining part           | Rp14.048.000          |
|     | Jasa dan Instalasi mesin | Rp8.245.810           |
|     | <b>TOTAL</b>             | <b>Rp. 90.698.408</b> |

Setelah mendapatkan estimasi biaya pembuatan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *break even point* dengan mengonversi *saving time* yang didapat menjadi kurs dolar berdasarkan upah rata-rata karyawan PT. Yamaha Indonesia.

| Waktu Kerja (menit)              | Sebelum Perbaikan | Sesudah Perbaikan | Target Produksi/hari | Hasil Kaizen | Total \$ / Bulan |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------|------------------|
| Fall Center 2 Engsel             | 0,99              | 0,42              | 100,00               | 57,33        | 101,32           |
| Fall Center 3 Engsel             | 1,20              | 0,42              | 16,00                | 12,53        | 22,15            |
| Repair Lubang                    | 0,54              | 0,00              | 34,80                | 18,80        | 33,22            |
| Total Cost Saving ( \$ ) / Bulan |                   |                   |                      |              | <b>156,68</b>    |

| Break Event Point                |         | Efek & Keuntungan Lain ( Intangible )                                                                                                                             |
|----------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Harga Mesin ( \$ )               | 5686,4  |                                                                                                                                                                   |
| Instalasi Mesin                  | 1506,9  |                                                                                                                                                                   |
| Total                            | 7193,3  |                                                                                                                                                                   |
| Hasil Kaizen                     |         | 1. Menghilangkan proses repair lubang<br>2. Mempercepat waktu proses<br>3. Menjaga kestabilan kerja Operator<br>4. Proses menjadi lebih ringan secara beban fisik |
| Pengurangan Waktu ( \$ ) / tahun | 1880,20 |                                                                                                                                                                   |
| BEP                              | 2,27    |                                                                                                                                                                   |

**Gambar 4-10 BEP automatic drilling machine**

Perhitungan BEP

A = Waktu hasil kaizen/hari = 88,66 menit

B = Hari efektif tiap bulan = 21 hari

C = Gaji karyawan dalam menit = \$ 0,16112 /menit

Harga mesin = \$5696,4

$$\begin{aligned}
 \text{Cost saving perbulan} &= A \times B \times C \times 0,5 \\
 &= 88,66 \times 21 \times 0,16112 \times 0,5 \\
 &= \$156,68 \text{ /bulan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cost saving pertahun} &= \text{Cost saving perbulan} \times 12 \\
 &= 156,68 \times 12 \\
 &= \$1880,2 \text{ /tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{Harga mesin} - (\text{Harga mesin} \times 25\%)}{\text{Cost Saving pertahun}} \\
 &= \frac{5696,4 - (5696,4 \times 25\%)}{1880,2} \\
 &= 2,27 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *break even point* (BEP) ini sangatlah penting untuk mendapatkan persetujuan dari pihak direksi perusahaan, mengingat perusahaan hanya akan melakukan realisasi mesin bila angka BEP dibawah 3 tahun. Dengan *break even point* dari *automatic drilling machine* adalah 2,27 tahun maka perancangan sudah memenuhi salah satu persyaratan yang ditetapkan oleh PT. Yamaha Indonesia.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan deskripsi pada bagian hasil dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Dengan adanya *automatic drilling machine* proses pelubangan kabinet *fall center* dapat dilakukan secara otomatis, sehingga operator dapat melakukan pekerjaannya yang lain.
2. Dengan adanya *automatic drilling machine* beban kerja operator menjadi lebih ringan karena waktu kerja operator untuk proses pelubangan berkurang yang awalnya untuk kabinet *fall center* dengan 2 engsel memerlukan waktu kerja operator 59,4 detik menjadi 25 detik saja, begitu pula dengan kabinet *fall center* dengan 3 engsel yang mulanya memerlukan waktu kerja operator 72 detik menjadi 25 detik saja. Dan juga perubahan penggunaan jig yang sebelumnya memiliki berat sekitar 6 kg, sekarang hanya menggunakan spacer berupa papan triplek yang beratnya tidak sampai 1 kg.
3. Estimasi investasi yang diperlukan untuk membuat *automatic drilling machine* sebesar Rp. 90.698.408,- dengan alokasi waktu kembali modal 2,27 tahun.

#### **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

1. Perlunya pengambilan data hasil pengujian mesin terhadap waktu kerja operator dibagian produksi.
2. Perlunya pengembangan mekanisme *centering* untuk variasi model kabinet *fall center* sehingga operator tidak perlu lagi mengganti *spacer/jig*, cukup diatur melalui PLC.

## DAFTAR PUSTAKA

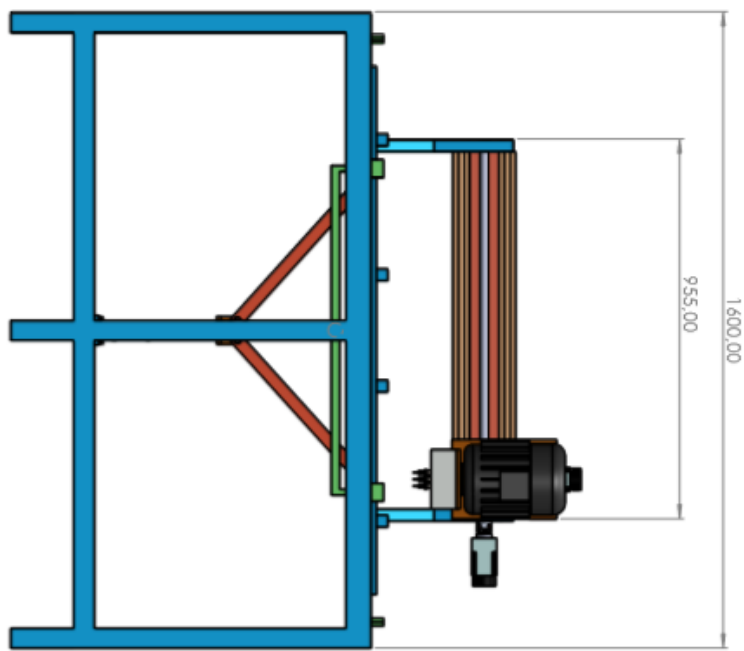
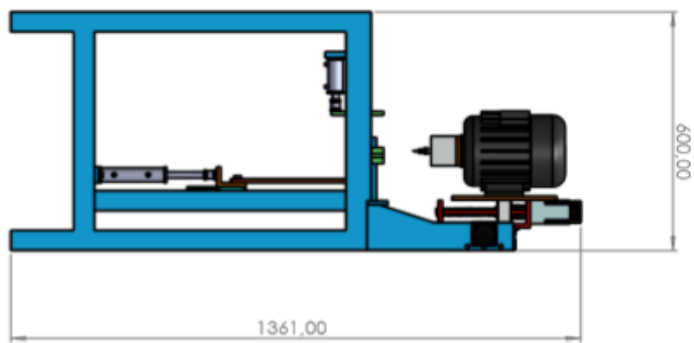
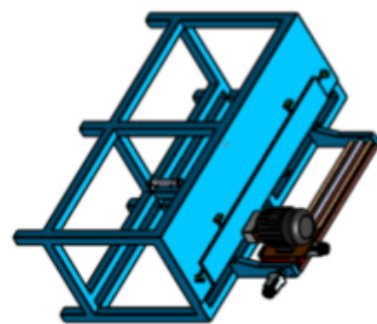
- Choiriyah, Dzulkirom, M., Ulfathu, V., & Rustam, R. (2016). Analisis Break Even Point Sebagai Alat Perencanaan Penjualan pada Tingkat Laba yang diharapkan. *Jurnal administrasi bisnis*, 196--206.
- Corp, H. T. (2018). *Linear Guideway Technical Information*. Taiwan.
- Fatkhurrohman, & Subawa. (2016). Penerapan Kaizen Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Kualitas Produk Pada Bagian Banbury PT Bridgestone Tire Indonesia. *Jurnal Administrasi Kantor*.
- Firdatia, D. (2018, 12 10). Cara Menghitung Daya Motor Listrik Yang Dibutuhkan. *Motor*.
- Hadiputranto, R. (2010). ANALISIS KEKUATAN BALL SCREW AKSIS Z TERHADAP BEBAN TEKAN AKSIAL PADA VERTICAL MACHINING CENTER PINDAD-FANUC MC 07-PF . *TRANSMISI*, 241 -- 248.
- HIWIN. (2014). *Ballscrew Technical Information*. Minsk.
- Krist, D. G. (1979). *Fundamentale Pneumatiek*. Verlag, Wusburg: Vogel.
- Luthfianto, S., & Siswiyanti. (2008). Pengujian Ergonomi Dalam Perancangan Desain Produk. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008*. Sleman.
- Malau, D. I. (2005). *Perancangan Percobaan*. Medan: Universitas HKBP Nommensen.
- Musman, A. (2019). *Kaizen For life kunci sukses Continuous Improvement di era 4.0* .
- Pratama, S. (2017). *PENGARUH FEEDRATE DAN JUMLAH MATA SAYAT PISAU FRAIS TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN BAJA EMS 45*. Semarang: UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG.
- Syahrizal, N. (2021). *PERANCANGAN MESIN AUTOMATIC HORIZONTAL DRILL PADA PROSES ASSEMBLY TOP BOARD GRAND PIANO DI PT. YAMAHA INDONESIA*. Yogyakarta: Universitas islam Indonesia.
- Syamara, A. R. (2019). *PERANCANGAN MESIN EDGE TRIMMER UNTUK KABINET PPR STUDI KASUS DI PT YAMAHA INDONESIA* . Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Takeda, H. ( 2006). *The Change Management Handbook*. New York: Irwing Professional.

Winingsih, P. H., & Hidayati. (2017). EKSPERIMEN GAYA GESEK UNTUK MENGUJI NILAI KOEFISIEN GESEKAN. *Science Tech Vol. 3*.

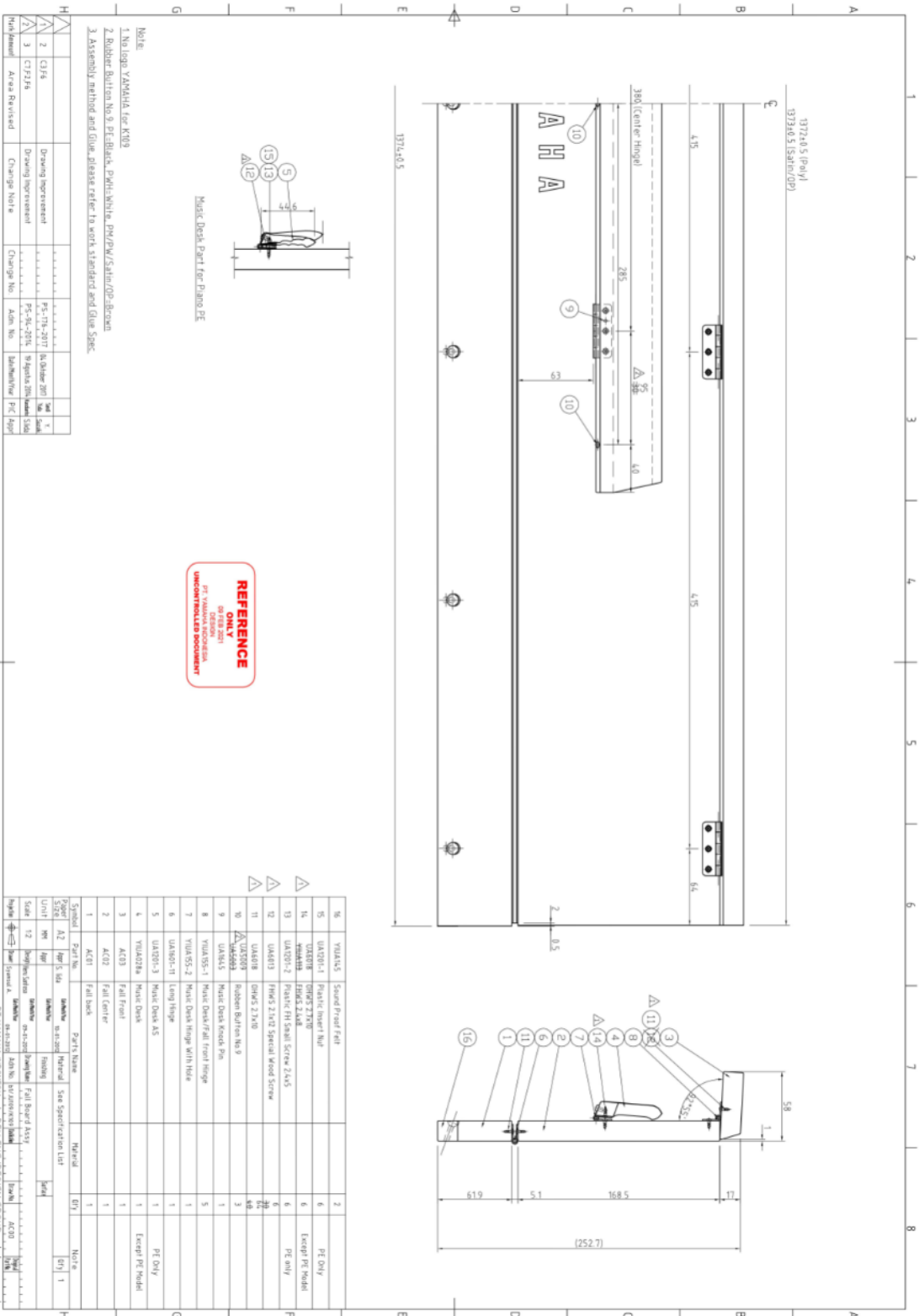


# LAMPIRAN 1 DESAIN AUTOMATIC DRILLING MACHINE

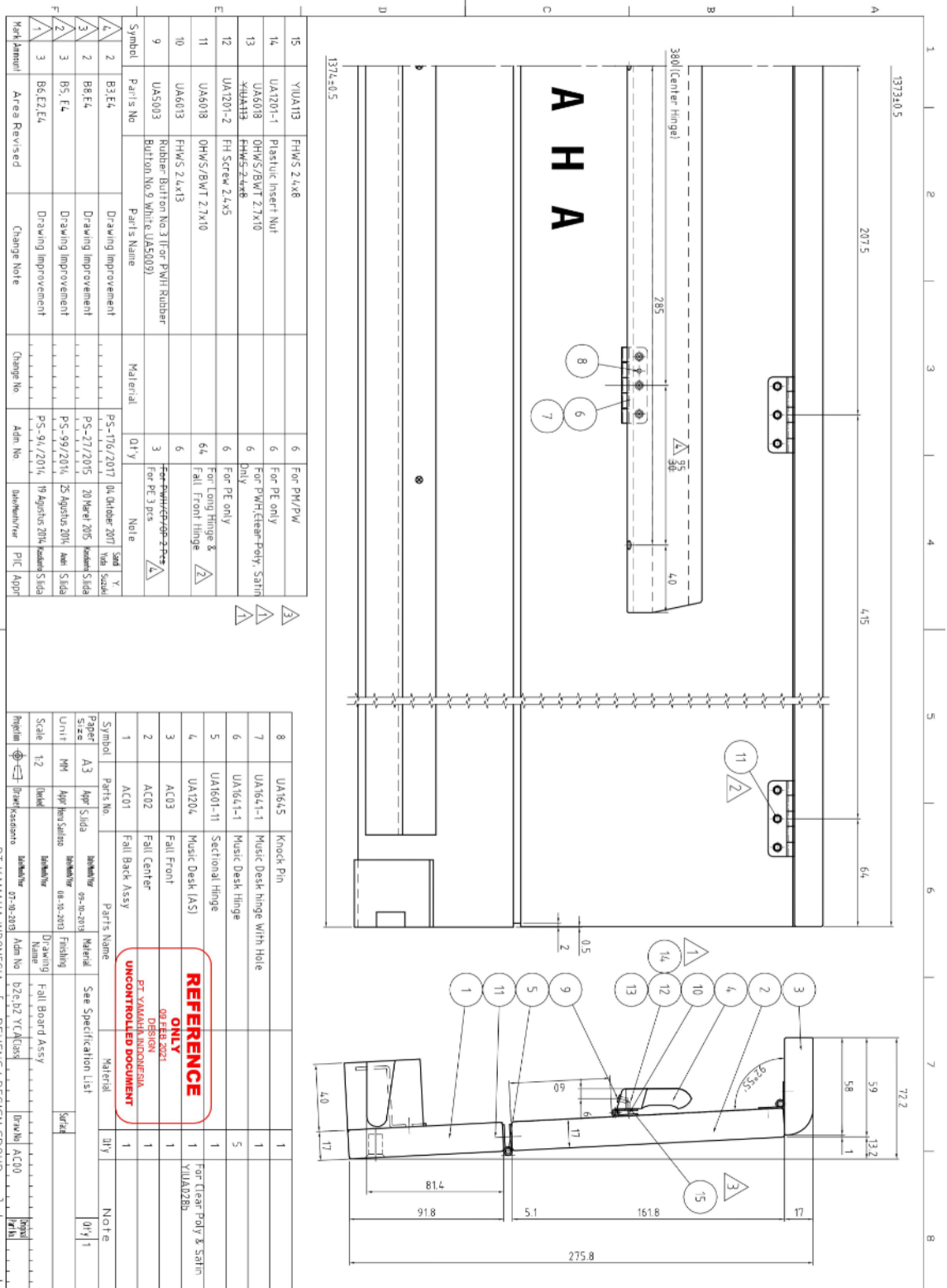


| STANDARD TOLERANCE |       |        |              | DRAWING NO. |                      |
|--------------------|-------|--------|--------------|-------------|----------------------|
| DIMENSION          | WIDTH | LENGTH | DRAWING SIZE | A3          | APPROVED BY          |
| 10                 | ± 0.2 | ± 0.2  | UNIT         | mm          | SAMSUDIN             |
| 300                | ± 0.2 | ± 0.2  | SCALE        | TO FIT      | SYAH FATAHILLAH      |
| 500                | ± 0.5 | ± 0.5  | PAGE         | 1/1         | CHECKED BY PANJU     |
| 1000               | ± 0.5 | ± 0.5  |              |             | CHECKED BY BANA      |
| 1000               | ± 0.5 | ± 0.5  |              |             | DRAWN BY             |
|                    |       |        |              |             | DIFA SABILA R.       |
|                    |       |        |              |             | PT. YAMAHA INDONESIA |

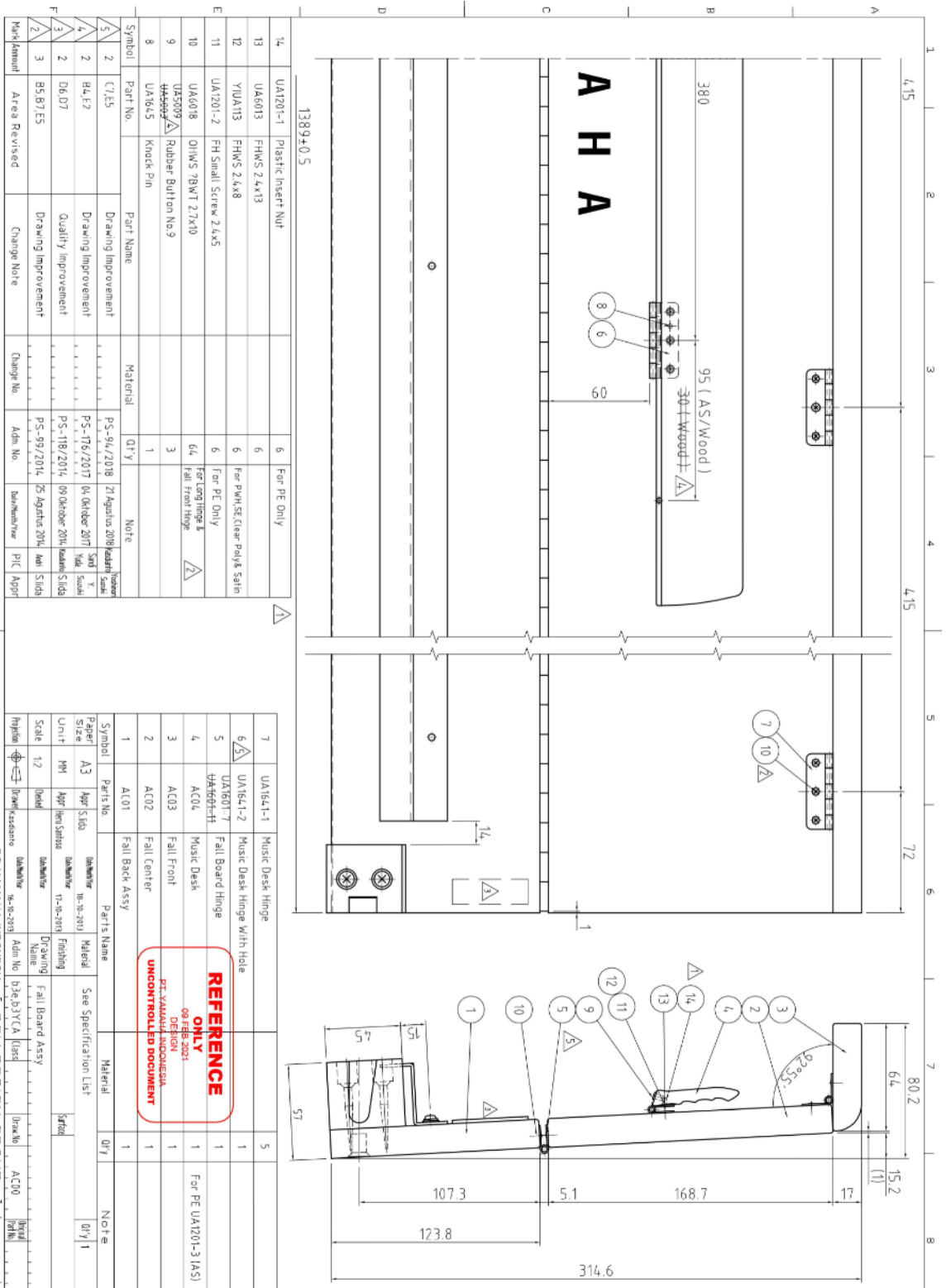
# LAMPIRAN 2 DRAWING KABINET FALL CENTER MODEL B1



# LAMPIRAN 3 DRAWING KABINET FALL CENTER MODEL B2



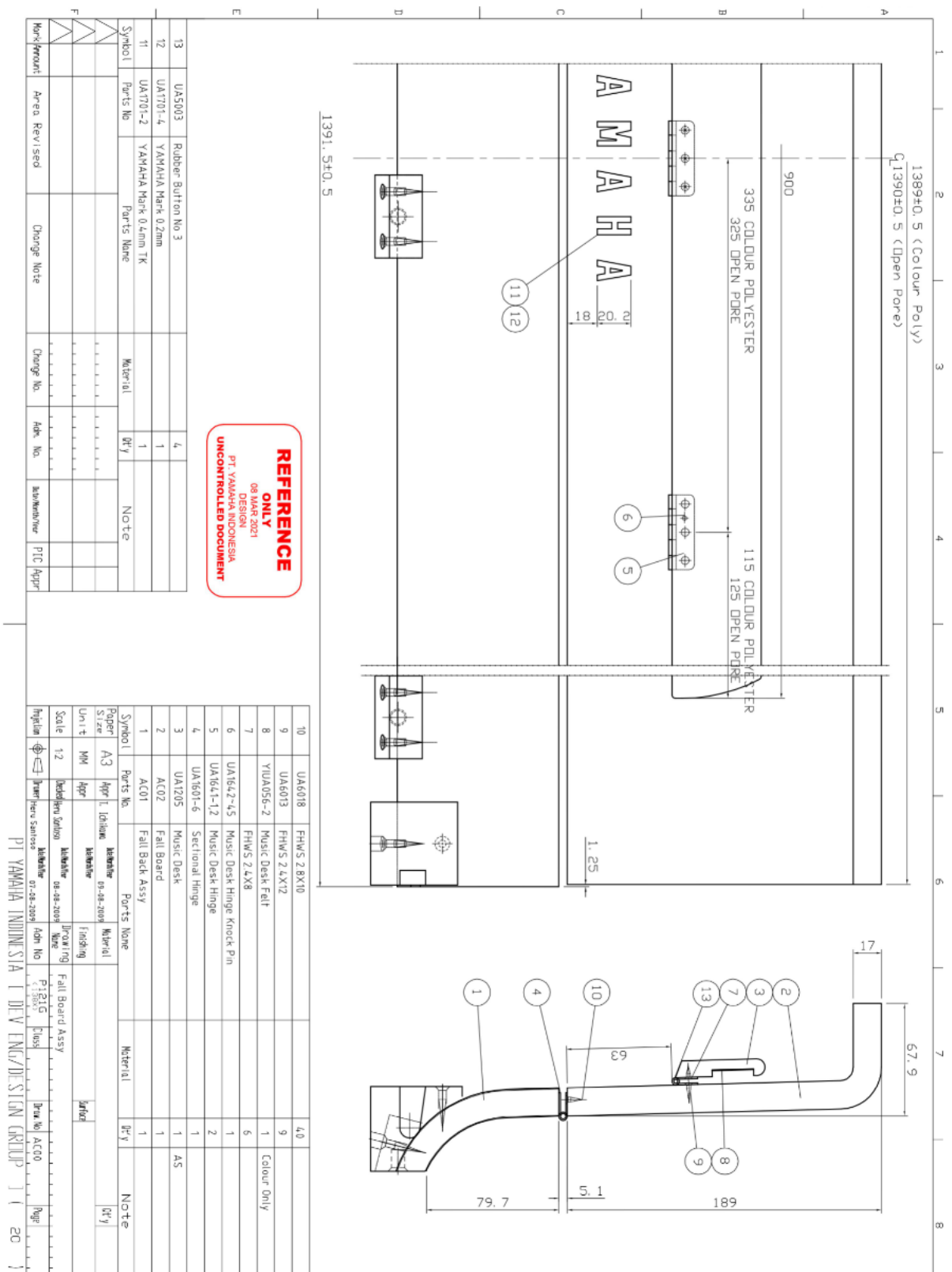
# LAMPIRAN 4 DRAWING KABINET FALL CENTER MODEL B3



## DRAWING KABINET FALL CENTER MODEL P116



## DRAWING KABINET FALL CENTER MODEL P121



[illegible][illegible]

## LAMPIRAN 8

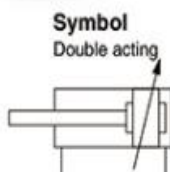
### BILL OF MATERIALS

| No. | Part Name                       | Amount | Material / Maker | Spec.       | Estimation Price               |              |
|-----|---------------------------------|--------|------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
|     |                                 |        |                  |             | @                              | Total        |
|     | Electical part                  |        |                  |             |                                |              |
| 1   | MCB 10 A                        | 1      | pc               | Fuji        | BW Series                      | Rp452.000    |
| 2   | Fuse 10A                        | 3      | pc               | Hanyoung    | 5 Ampere                       | Rp50.000     |
| 3   | Trafo 300watt                   | 1      | pc               | Matshuyoshi | step down 380 to 220 volt      | Rp763.000    |
| 4   | MCB                             | 3      | pc               | Schneider   | single phase 6 Ampere 220 volt | Rp76.500     |
| 5   | Pilot lamp                      | 3      | pc               | Hanyoung    | 380 volt 5watt LED lamp        | Rp50.000     |
| 6   | Sign Tower 3 lamp               | 2      | pc               | Gold-vin    | three colour 220 volt LED lamp | Rp550.000    |
| 7   | Push Button 25mm (hijau)        | 4      | pc               | Fuji        | AR25                           | Rp150.000    |
| 8   | Push button 20mm (merah)        | 2      | pc               | Fuji        | AR25                           | Rp150.000    |
| 9   | PLC Controller                  | 1      | pc               | Autonics    | LP S070 T9D6 CSR V2            | Rp6.500.000  |
| 10  | PLC cable                       | 2      | pc               | Autonics    | CJ-HPH20-V1N020-1APR           | Rp200.000    |
| 11  | Servo Driver                    | 2      | pc               | Delta       | ASD-B2-0721-B (700 watt)       | Rp2.674.999  |
| 12  | emergency button 25mm           | 2      | pc               | Fuji        | AR25                           | Rp175.500    |
| 13  | Selector Switch                 | 1      | pc               | Fuji        | AR25                           | Rp175.500    |
| 14  | magnetic contactor              | 4      | pc               | Mitshubishi | ST-10                          | Rp165.400    |
| 15  | overload relay                  | 4      | pc               | Mitshubishi | TH-T10 0.25A-1.5A              | Rp235.000    |
| 16  | Relay 220VAC plus soket         | 6      | pc               | Omron       | MY4N                           | Rp75.000     |
| 17  | Relay 24VDC plus soket          | 6      | pc               | Omron       | MY4N                           | Rp75.000     |
| 18  | Limit Switch                    | 4      | pc               | Omron       | SHL-Q2255                      | Rp350.000    |
| 19  | Terminal block                  | 45     | pc               | general     | TR10                           | Rp37.000     |
| 20  | Panel box control               | 1      | pc               | Traytek     | 60x40x25cm T:2mm               | Rp350.000    |
| 21  | Solenoid Valve                  | 2      | pc               | SMC         | VF32350                        | Rp1.021.000  |
| 22  | Cable wiring motor              | 30     | mtr              | supreme     | NYAF 4x1.5mm                   | Rp15.000     |
| 23  | cable wiring control            | 2      | roll             | supreme     | NYAF 0,75mm (biru merah)       | Rp500.000    |
| 24  | skun power dan motor            | 3      | pak              | general     | 4-2.5Y                         | Rp17.500     |
| 25  | skun control                    | 2      | pak              | general     | 3-1.25Y                        | Rp17.500     |
|     |                                 |        |                  |             | Sub total                      | Rp26.017.098 |
|     | Mechanical part                 |        |                  |             |                                |              |
| 1   | Motor Bore                      | 1      | pc               | Teco        | AEVB 0.18KW 3000Rpm            | Rp1.150.000  |
| 2   | Linear Motion Guide (up down)   | 6      | pc               | Hiwin       | EGW35CA                        | Rp625.000    |
| 3   | Linear Motion Rail              | 4      | pc               | Hiwin       | EGR35 (600mm)                  | Rp512.000    |
| 4   | Linear Motion Guide (centering) | 3      | pc               | Hiwin       | EGW15CA                        | Rp275.000    |
| 5   | Linear Motion Rail              | 3      | pc               | Hiwin       | EGR15 (200mm)                  | Rp350.000    |
| 7   | Air Cylinder Centering          | 1      | pc               | SMC         | MB32-100                       | Rp450.000    |
| 9   | Boring Head                     | 1      | pc               | Long-ger    | Custom by design               | Rp10.000.000 |
| 10  | Countersink drill               | 3      | pc               | Nachi       | Custom by design               | Rp175.000    |
| 11  | Long Drat M10                   | 2      | pc               | General     | M10                            | Rp75.000     |
| 12  | Servo Motor                     | 2      | pc               | Delta       | ECMA-C20807RS 750 watt         | Rp5.000.000  |
| 13  | Ballscrew plus nut              | 1      | pc               | THK         | BNT 2510-5.3 150 mm            | Rp4.000.000  |
| 14  | Ballscrew plus nut              | 1      | pc               | THK         | BNT 2510-5.3 1000 mm           | Rp8.000.000  |
| 15  | Rod End                         | 5      | pc               | IKO         | PHS10                          | Rp88.000     |
|     |                                 |        |                  |             | Sub total                      | Rp42.388.000 |
|     | Machining part                  |        |                  |             |                                |              |
| 1   | Main frame                      | 1      | UNIT             | SS400       | CUSTOM                         | Rp 9.500.000 |
| 2   | Mounting Motor                  | 1      | UNIT             | SS400       | CUSTOM                         | Rp 3.800.000 |
| 3   | Stopper                         | 1      | UNIT             | SS400       | CUSTOM                         | Rp 748.000   |
|     |                                 |        |                  |             | Sub total                      | Rp14.048.000 |
|     |                                 |        |                  |             | Grand Total                    | Rp82.453.098 |

## LAMPIRAN 9

### Katalog Air Cylinder

#### Air Cylinder: Standard Type **MB Series** Double Acting, Single Rod



Made to Order: Individual Specifications  
(For details, refer to page 433.)

| Symbol | Specifications                                               |
|--------|--------------------------------------------------------------|
| -X1184 | Cylinder with heat resistant reed auto switch (-10 to 120°C) |

#### Made to Order

[Click here for details](#)

| Symbol | Specifications                                                    |
|--------|-------------------------------------------------------------------|
| -XA□   | Change of rod end shape                                           |
| -XB5   | Oversized rod cylinder*1 *2 *3                                    |
| -XB6   | Heat resistant cylinder (-10 to 150°C)                            |
| -XC3   | Special port location*3                                           |
| -XC4   | With heavy duty scraper                                           |
| -XC5   | Heat resistant cylinder (-10 to 110°C)                            |
| -XC6   | Made of stainless steel*4                                         |
| -XC7   | Tie-rod, cushion valve, tie-rod nut, etc. made of stainless steel |
| -XC8   | Adjustable stroke cylinder/Adjustable extension type              |
| -XC9   | Adjustable stroke cylinder/Adjustable retraction type             |
| -XC10  | Dual stroke cylinder/Double rod type                              |
| -XC11  | Dual stroke cylinder/Single rod type                              |
| -XC12  | Tandem cylinder                                                   |
| -XC14  | Change of trunnion bracket mounting position                      |
| -XC22  | Fluororubber seal                                                 |

#### Specifications

| Bore size [mm]                | 32                                                                                                        | 40  | 50  | 63 | 80  | 100 | 125 |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| Action                        | Double acting, Single rod                                                                                 |     |     |    |     |     |     |
| Fluid                         | Air                                                                                                       |     |     |    |     |     |     |
| Proof pressure                | 1.5 MPa                                                                                                   |     |     |    |     |     |     |
| Maximum operating pressure    | 1.0 MPa                                                                                                   |     |     |    |     |     |     |
| Minimum operating pressure    | 0.05 MPa                                                                                                  |     |     |    |     |     |     |
| Ambient and fluid temperature | Without auto switch: -10 to 70°C<br>With auto switch: -10 to 60°C (No freezing)                           |     |     |    |     |     |     |
| Lubricant                     | Not required (Non-lube)                                                                                   |     |     |    |     |     |     |
| Piston speed                  | 50 to 1000 mm/s                                                                                           |     |     |    |     |     |     |
| Stroke length tolerance       | Up to 250: $^{+1.0}_0$ , 251 to 1000: $^{+1.4}_0$ , 1001 to 1500: $^{+1.8}_0$ , 1501 to 2000: $^{+2.2}_0$ |     |     |    |     |     |     |
| Cushion                       | Air cushion or Rubber bumper                                                                              |     |     |    |     |     |     |
| Port size (Rc)                | 1/8                                                                                                       | 1/4 | 3/8 |    | 1/2 |     |     |
| Mounting                      | Basic, Axial foot, Rod flange, Head flange<br>Single clevis, Double clevis, Center trunnion               |     |     |    |     |     |     |

#### Standard Strokes

| Bore size | Standard stroke                                                                             | Max. manufacturable stroke |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|           | Stroke range ①                                                                              | Stroke range ②             |
| 32        | 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500                           | Up to 1000                 |
| 40        | 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500                           | Up to 1800                 |
| 50        | 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600                      |                            |
| 63        | 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600                      |                            |
| 80        | 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800            |                            |
| 100       | 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800            | Up to 2000                 |
| 125       | 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 |                            |

Note 1) Manufacture of intermediate strokes is possible. (Spacers are not used.)

Note 2) Applicable strokes should be confirmed according to the usage. For details, refer to "Air Cylinders Model Selection" on front matter pages. In addition, the products that exceed the stroke range ① might not be able to fulfill the specifications due to the deflection etc.

Note 3) Please consult with SMC for manufacturability and the part numbers when exceeding the stroke range ②.

Note 4) The stroke range with rod boot is up to 1000 mm. Please consult with SMC when exceeding 1000 mm strokes.

## LAMPIRAN 10

### Spesifikasi Motor Servo

#### ECMA-C20807RS Delta AC Servo Motor



**Kitoma Indonesia : ECMA-C20807RS Delta AC Servo Motor**

Delta AC Servo Motor 220V 750W 2.3NM 3000rpm

ECMA-C20807RS with Keyway Oil Seal

#### **ECMA-C20807RS Specifications**

- Output Power : 750W
- Frequency : 3000rpm
- Phase : 1-phase
- Efficiency : IE 1
- AC Voltage : 208-230/240V
- Certification : CCC, CE, UL, VDE
- Protect Feature : Waterproof
- Servo Motor : 750W

Motor Available for Servo Drive ASD-B2-0721-B



**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

**SURAT KETERANGAN**

No. : 107/YI/ PKL /IV/2021

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

Nama : DIFKA SABILA RASYAD  
Nomor Induk Mahasiswa : 175 25 045  
Jurusan : TEHNIK INDUSTRI  
Fakultas : TEKNOLOGI INDUSTRI  
Alamat : UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA –YOGYAKARTA

Telah melakukan program Internship melalui penelitian dan pengamatan untuk penyusunan Tugas Akhir dengan Judul *"PERANCANGAN AUTOMATIC DRILLING MACHINE UNTUK KABINET FALL CENTER PADA KELOMPOK KERJA SUB ASSY CASE UP DI PT. YAMAHA INDONESIA"*. Program ini dilaksanakan mulai Tanggal 01 Oktober 2020 sampai dengan Maret 2021. Kami mengucapkan terima kasih atas usaha dan partisipasi yang telah diberikan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 29 April 2021  
HRD Department

PT. YAMAHA INDONESIA

  
Kalkausar Chaid  
Manager

CC: - Arsip