PERANCANGAN MESIN *AUTOMATIC HORIZONTAL DRILL* PADA PROSES *ASSEMBLY TOP BOARD GRAND* PIANO DI PT. YAMAHA INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : Naufal Syahrizal
No. Mahasiswa : 16525035
NIRM : 2016050505

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2021

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PERANCANGAN MESIN *AUTOMATIC HORIZONTAL DRILL* PADA PROSES *ASSEMBLY TOP BOARD GRAND* PIANO DI PT. YAMAHA INDONESIA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Naufal Syahrizal

No. Mahasiswa : 16525035

NIRM : 2016050505

Yogyakarta, _____2021

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN MESIN *AUTOMATIC HORIZONTAL DRILL* PADA PROSES *ASSEMBLY TOP BOARD GRAND* PIANO DI PT. YAMAHA INDONESIA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Naufal Syahrizal

No. Mahasiswa : 16525035

NIRM : 2016050505

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.
Ketua
Tanggal : 19 April 2021

Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.
Anggota I
Tanggal : 12 April 2021

Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.
Anggota II
Tanggal : 07April 2021

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan hasil tugas akhir ini kepada ayah dan ibu yang tidak pernah berhenti memberikan doa dan dukungan kepada saya.

Adik-adik saya yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

Dosen pembimbing Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng yang selalu memberikan nasihat dan motivasi kepada saya.

Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2016 yang telah berjuang bersama dari awal duduk di bangku kuliah.

HALAMAN MOTTO

فَاِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًاۙ ٥ اِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًاۗ ٦

"Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan"

"Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan"

(QS. Asy-Syarh: 5-6)

فَمَنْ يَّعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَّرَهٗۚ ٧

"Maka barangsiapa mengerjakan kebaikan seberat zarrah, niscaya dia akan melihat (balasan)nya."

(QS. Al-Zalzalah: 7)

"*Jangan ragu untuk memulai suatu hal yang baik dan bermanfaat*"

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan berkah, karunia, serta hidayah-Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul "Perancangan Mesin *Automatic Horizontal Drill* pada Proses *Assembly Top Board Grand* Piano di PT. Yamaha Indonesia" dapat diselesaikan. Sholawat serta salam kita panjatkan kepada junjungan besar nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita menuju jalan yang lebih baik melalui ajaran islam. Adapun Tugas Akhir ini disusun dengan maksud sebagai syarat untuk memperoleh gelar Strata-1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini tentunya banyak mengalami hambatan serta kendala. Berkat dukungan dari berbagai pihak baik secara moril maupun materi sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan lancar. Ucapan terimakasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah memberikan kesehatan serta keselamatan dalam melaksanakan kerja praktik dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Ayah, Ibu, dan adik-adik yang senantiasa memberikan dukungan baik secara moral dan materi.
3. Seluruh jajaran direksi serta karyawan PT. Yamaha Indonesia yang telah memberikan pengalaman dan ilmu yang diberikan selama melaksanakan kerja praktik dan Tugas Akhir di PT. Yamaha Indonesia.
4. Bapak Faizin dan Bapak Muhammad Syah Fatahillah yang selalu memberikan arahan selama magang di PT. Yamaha Indonesia.
5. Bapak Dr. Ir, Paryana Puspaputra, M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak bantuan dan saran kepada penulis ketika bimbingan laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Bana dan bapak Panji sebagai mentor yang selalu memberikan arahan selama magang.

7. Kawan seperjuangan magang di PT. Yamaha Indonesia, Zainal Abidin dan siswa latih yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
8. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII yang telah banyak mengajarkan ilmunya yang sangat bermanfaat.

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.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, Februari 2021

Naufal Syahrizal

ABSTRAK

Pada periode 197, dilakukan *kaizen* pada bagian kelompok kerja Top Board departemen *Assembly* Grand Piano. Proses yang dilakukan adalah menyambung Top Board Front dan Rear dengan menggunakan *hinge,* coakan pada Top Board dilubangi secara manual menggunakan hand drill sebanyak 24 titik pada masing masing Top Board. Tujuan *kaizen* ini adalah mengganti proses drill menggunakan hand drill secara satu persatu dengan mesin drill yang dapat melubangi banyak titik secara bersamaan dan proses menjadi lebih efisien karena proses drill tidak bergantian dengan pemasangan *screw* serta mengurangi waktu proses dengan estimasi sebelum *kaizen* adalah 181,7 detik menjadi 61,5 detik.

Kata Kunci: kaizen, kabinet Top Board, drill, waktu proses.

ABSTRACT

In the 1997 period, kaizen was carried out in the Top Board Sub Assembly Grand Piano. The process in the Top Board Sub Assy-GP is to connect the Front and Rear Top Board using a hinge, drop surface at the Top Board is drilled manually by hand drill as many as 24 points on each Top Board. The purpose of kaizen is to replace the drilling process using a hand drill one by one and replaced it with a drill machine that can drill many points at the same time and the process becomes more efficient because the drilling process does not alternately with inserting screw and reduces processing time with an estimate before kaizen is 181.7 seconds to 61.5 seconds.

Key words: kaizen, Top Board, drill, Processing time

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iii
Halaman Persembahan iv
Halaman Motto v
Kata Pengantar vi
Abstrak viii
Abstract ix
Daftar Isi x
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 2
1.6 Sistematika Penulisan 2
Bab 2 Tinjauan Pustaka 4
2.1 Kajian Pustaka 4
2.2 Dasar Teori 5
2.2.1 *Kaizen* 5
2.2.2 Pneumatik (*Air Cylinder*) 6
2.2.3 Three Phase Induction Motor 7
2.2.4 Menentukan Waktu Pemotongan dan Gaya Dorong Drill 7
2.2.5 Menentukan *Air Cylinder* 9
2.2.6 *Vacuum Gripper* 12
2.2.7 Menghitung Diameter *Suction Pad* 13
2.2.8 *Break Even Point* (BEP) 14

Bab 3 Metode Penelitian 15
3.1 Alur Penelitian perancangan mesin *Automatic Horizontal Drill* 15
3.2 Peralatan dan Bahan 16
3.3 Observasi Lapangan dan Pengumpulan Data 16
3.3.1 Kabinet Kerja dan Ukuran Kabinet 16
3.3.2 *Hinge* 17
3.3.3 Layout bagian Top Board *Ass'y* 18
3.3.4 Alur Proses Kerja Assembly Top Board 19
3.3.5 Automatic Horizontal Drill pada Top Board *Ass'y UP* 21
3.3.6 Konsep prancangan 22
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 23
4.1 Perancangan Mesin Automatic Horizontal Drill 23
4.1.1 Perancangan Tahap Pertama Mesin Automatic Horizontal Dril 23
4.1.2 Perancangan Tahap Kedua Mesin Automatic Horizontal Drill 24
4.1.3 Mekanisme Drill 26
4.1.4 Mekanisme Alat 27
4.2 Menentukan Waktu Pemotongan dan Gaya Dorong Drill 27
4.3 Menentukan *Air Cylinder* 30
4.3.1 Menentukan *Cylinder Centering* 30
4.3.2 Menentukan *Air Cylinder* Pendorong Mesin Drill 31
4.4 Menentukan *Suction Pad* 32
4.5 Perbandingan Proses Sebelum dan Sesudah *kaizen* 34
4.6 Analisa Biaya pada Mesin Automatic Horizontal Drill dengan *Break Even Point* (BEP) 35
Bab 5 Penutup 36
5.1 Kesimpulan 36
5.2 Saran 36
Daftar Pustaka 37
Lampiran 1 Rumus Thrust Force 38
Lampiran 2 Katalog *Air Cylinder* 39
Lampiran 3 Nilai Koefisien Gesek *Linear Motion* 40
Lampiran 4 Katalog *Safety Factor* 41

Lampiran 5 Katalog Ejector *Vacuum* 42
Lampiran 6 *Vacuum Section/Pad* 43
Lampiran 7 Break Event Point (BEP) 44
Lampiran 8 *Bill of Material* 45
Lampiran 9 2D *drawing* 46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai-nilai Koefisien Gesekan untuk berbagai Permukaan 10
Tabel 3.1 Data Resume Dimensi Kabinet Top Board Grand Piano 17
Tabel 3.2 Data Resume Berat Kabinet Top Board Grand Piano 17
Tabel 3.3 Alur Proses Kerja Assembly Top Board 19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kabinet Top Board pada Grand Piano 4
Gambar 2.2 Diagram Alur *Kaizen* 5
Gambar 2.3 Gaya yang Bekerja pada Top Board 9
Gambar 2.5 Gaya yang Bekerja pada *Motion Rail* 11
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian 15
Gambar 3.2 Dimensi Top Board Rear 16
Gambar 3.3 Dimensi Top Board Front 16
Gambar 3.4 Bentuk *Hinge* 17
Gambar 3.5 Dimensi *Hinge* 17
Gambar 3.6 Dimensi Coakan pada Top Board 18
Gambar 3.7 Layout Top Board Ass'y 18
Gambar 3.8 Top Board Upright Piano 21
Gambar 3.9 Automatic Horizontal Drill di Top Board Ass'y UP 22
Gambar 4.1 Konsep Perancangan Pertama Mesin Automatic Horizontal Drill 23
Gambar 4.2 Ukuran mesin Automatic Horizontal Drill tahap pertama 24
Gambar 4.3 Desain Rancangan Kedua 25
Gambar 4.4 Contoh Bantalan untuk Top Board Rear GB1 25
Gambar 4.5 Valve dan Push Button 27
Gambar 4.6 Waktu Proses Sebelum *Kaizen* 34
Gambar 4.7 Waktu Proses Setelah *Kaizen* 34

DAFTAR NOTASI

N = Gaya normal (N)

W = Gaya berat (N)

F = Gaya (N)

f_s = Gaya gesek kabinet dengan meja kerja(N)

m = Massa (Kg)

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

μ_s = Koefisien Gesek

$P_{Kompressor}$ = Tekanan Kompressor (N/m^2)

D = Diameter (m)

F = Beban yang diterima *suction pad* (N)

S = Luas penampang *suction pad* (cm^2) = $\frac{\pi}{4}$ x D^2

W = Gaya berat kabinet (N)

t = Safety factor

P = Tekanan *suction pad* (kPa)

n = Jumlah *suction pad* yang digunakan

Tlf = Theoritical lifting force (N)

V = Kecepatan Potong (m/min)

V_s = Kecepatan Makan (mm/min)

s = Gerak Makan (mm/rev)

l_w = Panjang Pemotongan (mm)

t_c = Kecepatan Potong (menit)

T_h = *Thrust Force* atau gaya dorong (kgf)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri saat ini menuntut perusahaan untuk terus melakukan pembaharuan, supaya meningkatkan produktivitas dan mutu produk yang dihasilkan. Salah satu perusahaan yang berkomitmen untuk terus melakukan perbaikan dan pembaharuan adalah PT. Yamaha Indonesia yang menerapkan budaya *kaizen*. *Kaizen* bukan hanya dengan menggunakan mesin otomasi canggih, tapi *kaizen* adalah kegiatan penyempurnaan secara kesinambungan dengan melibatkan semua pihak untuk menghilangkan pemborosan.

Departemen yang bertanggung jawab dalam melaksanakan *kaizen* di PT. Yamaha Indonesia adalah departemen *Production Engineering* (PE). Tahapan yang akan dilakukan *kaizen* adalah mencari permasalahan terlebih dahulu dengan melakukan pengamatan di tempat proses tersebut berlangsung, pengamatan dapat dilakukan dengan menganalisa hasil *Value Stream Mapping* (VSM).

Pada periode 197, akan dilakukan *kaizen* pada bagian kelompok kerja Top Board *Assembly-Grand Piano (Ass'y GP).* Top Board adalah komponen atau kabinet yang ada di piano, berfungsi sebagai *cover* bagian atas piano. Kelompok kerja Top Board *Ass'y GP* bertugas untuk menghubungkan Top Board bagian Front dan Rear dengan menggunakan *hinge*.

Sebelum dilakukan pemasangan *hinge*, coakan pada Top Board Front dan Rear dibersihkan dari sisa cat yang menempel di permukaan coakan akibat proses *Painting*. Setelah coakan selesai dibersihkan kemuadian dilakukan proses drill untuk pemasangan *screw* sebagai penahan *hinge*, proses pemasangan *hinge* yaitu dengan menjadikan *hinge* sebagai jig kemudian proses drill sesuai lubang yang ada pada *hinge* setelah itu dilakukan pemasangan *screw* untuk menahan *hinge.*

Permasalahan disini ada pada proses drill karena masih dilakukan secara manual menggunakan *hand* drill, untuk satu kabinet Top Board Front terdapat 24 titik yang harus dilakukan proses *drill* dan 24 titik untuk kabinet Top Board Rear. Total titik yang harus dilakukan proses drill untuk satu unit Top Board adalah 48.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis mengangkat topik tugas akhir dengan judul "Perancagan Mesin Automatic Horizontal Drill pada Proses Assembly Top Board Grand Piano di PT. Yamaha Indonesia".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka penulis merumuskan masalah pada Tugas Akhir ini yaitu bagaimana merancang mesin drill yang dapat mengefisienkan proses kerja?

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang dibuat pada topik Tugas Akhit ini adalah :

1. Penelitian dilakukan pada kelompok kerja Top Board departemen *Ass'y GP* di PT. Yamaha Indonesia.
2. Desain menggunakan Inventor 2018.
3. Perancangan tidak membahas bagian elektrik dan pemrograman.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, maka ditentukan tujuan penelitian dan perancangan yaitu mengefisienkan proses kerja yang dilakukkan operator dalam melakukan proses drill untuk pemasangan *hinge* di bagian kelompok kerja Top Board departemen *Ass'y GP* PT. Yamaha Indonesia.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

1. Berkurangnya waktu proses pada proses drill untuk pemasangan *hinge* kabinet Top Board departemen *Ass'y GP* PT. Yamaha Indonesia.
2. Meningkatkan produktifitas pada kelompok kerja Top Board *Ass'y* departemen *Ass'y GP* PT. Yamaha Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini diuraikan menjadi lima bab. Bab I berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan,

manfaat perancangan, dan sistematika penulisan. Bab II berisi kajian pustaka dan teori-teori yang melandasi perancangan. Bab III berisi alur penelitian, alat dan bahan serta tahapan-tahapan proses kerja. Bab IV membahas mengenai hasil-hasil yang sudah diperoleh dari perancangan dan pembahasan. Sedangkan bab V berisi kesimpulan dan saran setelah dilakukan penelitian.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Otomasi dalam Bahasa Greek berarti belajar sendiri, otomasi merupakan pemanfaatan sistem kontrol seperti halnya komputer yang digunakan untuk mengendalikan mesin-mesin industri dan kontrol proses untuk menggantikan tenaga manusia. Kemajuan di bidang teknologi terutama pada bidang Elektronika dan Teknologi ICT sangat pesat dan ini sangat mempengaruhi kemajuan pada proses produksi di industri(Putranto & dkk, 2008).

Menurut (Widarto, 2008) proses drill adalah proses pembuatan lubang dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Proses drill digunakan untuk pembuatan lubang silindris. Mesin drill adalah sebuah pahat pemotong yang ujungnya berputar dan memiliki satu atau beberapa sisi potong. Mesin drill dapat melakukan proses drill dengan satu pahat saja atau dengan banyak pahat.



Gambar 2.1 Kabinet Top Board pada Grand Piano

Kelompok kerja Top Board *Ass'y* departemen *Ass'y GP* di PT. Yamaha Indonesia akan dilakukan *kaizen* agar proses drill tidak dilakukan secara manual dengan melakukan drill satu persatu hingga mencapai 48 titik drill, sehingga

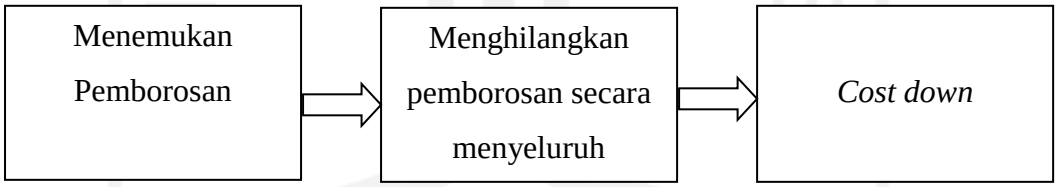
menyebabkan pemborosan waktu dan tenaga. Maka diperlukan alat bantu yang dapat melakukan proses drill lebih banyak titik dalam satu waktu.

Berdasarkan penjelasan di atas, untuk proses drill pada pemasangan *hinge* Top Board Front dan Rear pada bagian kelompok kerja Top Board *Ass'y GP* departemen *Ass'y GP*, nantinya dapat menggunakan mesin yang dapat melakukan proses drill dengan 24 titik drill dalam satu siklus sehingga hanya membutuhkan dua siklus proses drill untuk mencapai 48 titik drill. Hal ini bertujuan untuk mengurangi pemborosan waktu dan tenaga.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *Kaizen*

Dalam Bahasa Jepang, istilah *kaizen* dibagi menjadi dua. *Kai* yang berarti perubahan dan *Zen* berarti baik. *Kaizen* berarti penyempurnaan yang berkesinambungan dengan melibatkan setiap orang (Gaspersz, 2001). *Kaizen* bukan hanya dengan menggunakan mesin otomatis canggih, tapi *kaizen* adalah satu rantai kegiatan dengan mengamati lapangan, menemukan pemborosan, dan menghilangkan pemborosan tersebut.



Gambar 2.2 Diagram Alur *Kaizen*

Adapun konsep utama dari *kaizen* terdiri dari konsep PDCA, 3M, dan 5S, berikut penjelasan mengenai konsep dalam *kaizen*:

1. Konsep PDCA (*Plan, Do, Check, Action*)

   Menerapkan konsep PDCA harus dengan urutan yang sesuai agar *kaizen* dapat terlaksana dengan maksimal. Adapun pengertian *Plan* berkaitan dengan target dan apa saja yang harus dilakukan agar mencapai targer. *Do* berkaitan dengan penerapan rencana yang telah ditetapkan. *Check* memastikan dan memantau apakan penerapan rencana sudah sesuai dengan

yang telah ditetapkan. *Action* berkaitan dengan standarisasi prosedur agar menghindari terjadi kesalahan.

2. Konsep 3M (*Muda, Mura, Muri*)

   Konsep 3M dibentuk untuk mengurangi banyaknya proses kerja, meningkatkan mutu, dan mempersingkat waktu untuk mencapai efisiensi. *Muda* diartikan penghilangan pemborosan. *Mura* diartikan sebagai pengurangan ketidak merataan, ketimpangan, dan tidak teraturan dalam bekerja. *Muri* diartikan sebagai pengurangan ketegangan, pembebanan yang berlebihan, keterpaksaan, dan melampaui batas yang diberikan.

3. Konsep 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke*)

   Konsep 5S merupakan sikap perubahan sifat yang menerapkan kedisiplinan agar konsep ini dapat terlaksana dengan baik. Jika konsep 5S berjalan dengan baik maka dapat menciptakan tempat kerja yang tertata rapi, tertib, dan bersih. *Seiri* adalah memisahkan benda yang diperlukan dengan yang tidak diperlukan (ringkas), *Seiton* mengatur barang-barang atau mengelompokkan barang-barang agar mudah ditemukan (rapi), *Seiso* adalah suatu konsep yang selalu mengutamakan kebersihan (resik), *Seiketsu* merupakan usaha terus menerus atau konsisten agar dapat mempertahankan *Seiri*, *Seiton*, dan *Seiso* (rawat), *Shitsuke* adalah konsep yang digunakan untuk memotivasi pekerja agar terus menerus menerapkan 5S (rajin)(Imai, 1986).

2.2.2 Pneumatik (*Air Cylinder*)

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan. Pneumatik berasal dari Bahasa Yunani, *Pneuma* yang berarti napas atau udara. Jadi pneumatik berarti terisi udara atau digerakkan oleh udara bertekanan. Secara umum jenis aktuator pneumatik dibagi menjadi dua yaitu silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda.

Silinder kerja tunggal merupakan silinder dengan satu jalur untuk masuknya udara bertekanan, sehingga tekanan hanya mendorong piston ke satu arah saja (umunya langkah maju) dan menggunakan pegas untuk mendorong piston

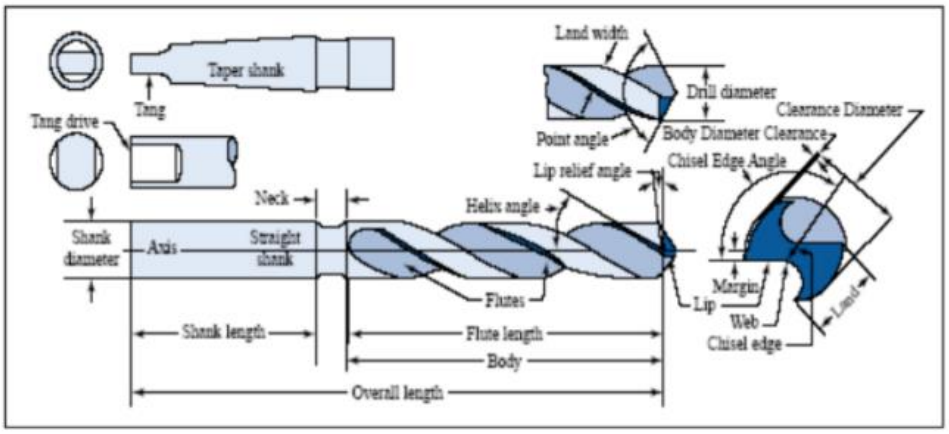
ke arah yang berlawanan agar kembali ke posisi semula. Silinder kerja ganda merupakan silinder dengan dua jalur untuk masuknya udara, sehingga tekanan dapat mendorong piston ke luar (langkah maju) dan ke dalam (langkah mundur)(Sudaryono, 2013).

2.2.3 Three Phase Induction Motor

Motor listrik adalah perangkat elektromekanis yang mengubah energi elektrik menjadi energi mekanik. Dalam operasi perangkat *three phase* AC (*Alternating Current*), motor yang paling banyak digunakan adalah *three phase induction* motor, karena motor jenis ini tidak membutuhkan perangkat start tambahan. Jenis motor ini dikenal sebagai motor *self-starting induction*. Ada dua bagian utama dalam motor *three phase induction*, yaitu stator dan rotor.

Stator pada motor *three phase induction* dimulai ketika sumber listrik *three phase* AC terhubung dengan sirkuit lilitan *three phase.* Lilitan diatur sedemikian rupa pada slot yang telah ditentukan sehingga menghasilkan medan magnet berputar sesuai dengan prinsip induksi magnet. Rotor dari motor *three phase induction* terdiri dari inti lapisan silinder yang terdapat konduktor berupa batang tembaga atau alumunium yang dipasang di setiap slot.

2.2.4 Menentukan Waktu Pemotongan dan Gaya Dorong Drill



Gambar 2.3 Geometri dari Twist Drill

Sumber : (Widarto, 2008)

Berikut ini adalah tahapan dalam menentukan waktu potong mesin drill terhadap kabinet:

1. Mengetahui putaran poros yang akan dijadikan sebagai poros output (Tempat Spindel Drill)

$$GR = \frac{n_{in}}{n_{out}} \quad (2.1)$$

Dimana:

GR = Gear Ratio ($GR = \frac{t_{out}}{t_{in}}$)

t_{in} = Jumlah gigi pada gear (input)

t_{out} = Jumlah gigi pada gear (output)

n_{in} = Putaran poros (input) (rpm)

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

2. Mencari kecepatan potong pada drill

$$V = \frac{\pi \text{ x } d \text{ x } n_{out}}{1000} \quad (2.2)$$

Dimana:

V = Kecepatan Potong (m/min)

d = Diameter drill (mm)

3. Mencari kecepatan makan drill

$$V_s = s \text{ x } n_{out} \text{ x } Z \quad (2.3)$$

Dimana:

V_s = Kecepatan Makan (mm/min)

s = Gerak Makan (mm/rev)

Z = Jumlah Mata Potong

4. Waktu Pemotongan

$$t_c = \frac{l_{total}}{V_s} \quad (2.4)$$

Dimana:

$l_{total} = l_v + l_w + l_n$

$l_v = l_n$

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

k_f = Point Angle/2

l_w = Panjang Pemotongan (mm)

t_c = Kecepatan Potong (menit)

Setelah mengetahui kecepatan potong dari mata pahat drill, langkah selanjutnya adalah menentukan gaya dorong yang dibutuhkan mata pahat untuk dapat melubangi kabinet.

$$T_h = 1.16 \times K \times d \times (100 \times s)^{0,84} \quad (2.5)$$

Dimana:

T_h = *Thrust Force* atau gaya dorong (kgf)

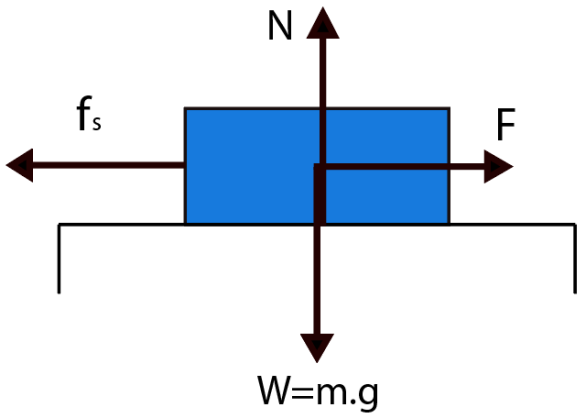
K = *Material Factor*

2.2.5 Menentukan *Air Cylinder*

Terdapat tahapan-tahapan untuk menentukan *air cylinder* yang akan digunakan untuk mendorong kabinet (*cylinder centering*) dan mendorong mesin drill, berikut tahapannya:

2.2.5.1 Cylinder Centering

1. Mengetahui arah gaya yang bekerja pada kabinet Top Board



Gambar 2.4 Gaya yang Bekerja pada Top Board

Dimana:

N = Gaya normal (N)

W = Gaya berat (N)

F = Gaya Normal(N)

f_s = Gaya gesek kabinet dengan meja kerja(N)

Setelah mengetahui arah gaya yang bekerja pada kabinet Top Board, langkah selanjutnya adalah menghitung gaya normal menggunakan persamaan berikut:

$$N = W \quad (2.6)$$

$$W = m.g$$

Dimana:

m = Massa (Kg)

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

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

$$f_s = N \times \mu_s \quad (2.7)$$

f_s = Gaya Gesek (N)

N = Gaya Normal (N)

μ_s = Koefisien Gesek

Tabel 2.1 Nilai-nilai Koefisien Gesekan untuk Berbagai Permukaan

Permukaan	μS	μK
Kayu pada kayu	0,4	0,2
Es pada es	0,1	0,03
Logam pada logam	0,15	0,07
Karet pada beton kering	0,7	0,6

Sumber: (Winingsih, 2017)

3. Mencari gaya total yang terjadi pada kabinet

$$F = f_s \quad (2.8)$$

5. Mencari diameter silinder piston dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = P_{Kompressor} x A_{Silinder} \quad (2.9)$$

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

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

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

Dimana:

$P_{Kompressor}$ = Tekanan Kompressor (N/m^2)

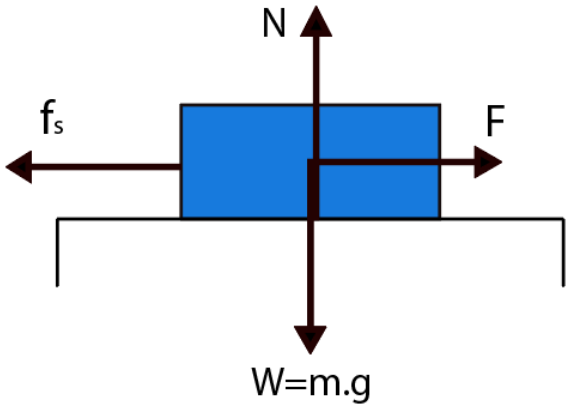
D = Diameter Piston

6. Mencari beban maksimal yang dapat didorong oleh *air cylinder.*

$$F = \frac{(D^2) \times \pi \times P}{4} \quad (2.10)$$

2.2.5.2 Air Cylinder Pendorong Mesin Drill

1. Mengetahui arah gaya yang bekerja pada *motion rail* dengan persamaan berikut:



Gambar 2.5 Gaya yang Bekerja pada *Linear Motion*

Dimana:

N = Gaya Normal (N)

W = Gaya Berat (N)

F = Gaya Normal (N)

f_s = Gaya Gesek (N)

Setelah mengetahui arah gaya yang bekerja pada *linear motion*, langkah selanjutnya adalah menghitung gaya normal menggunakan persamaan berikut:

$$N = W \quad (2.11)$$

$$W = m.g$$

Dimana:

m = Massa (Kg)

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

2. Mencari gaya gesek pada *linear motion* dengan cara nilai gaya normal dikali dengan koefisien gesek, berikut persamaannya:

$$f_s = N \times \mu_s \quad (2.12)$$

f_s = Gaya Gesek (N)

N = Gaya Normal (N)

μ_s = Koefisien Gesek

3. Mencari gaya total

$$F = f_s \quad (2.13)$$

4. Jika sudah mengetahui gaya total yang dibutuhkan, selanjutnya adalah mencari diameter piston *air cylinder* dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = P_{Kompressor} x A_{Silinder} \quad (2.14)$$

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

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

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

Dimana:

$P_{Kompressor}$ = Tekanan Kompressor (N/m^2)

D = Diameter Piston

2.2.6 *Vacuum Gripper*

Kata “vakum” berasal dari bahasa latin *vacuo*, yang berarti kosong. Dalam prakteknya tidak ada ruang yang benar-benar kosong di alam ini atau tidak ada kondisi vakum sempurna (ideal). Dengan demikian, vakum adalah kondisi ruangan yang Sebagian dari udara dan gas lainnya telah dikeluarkan sehingga tekanan di dalam ruangan tersebut dibawah atmosfer(Suprapto & Susilo, 2017).

Vacuum gripper banyak digunakan oleh industri modern yang sudah menerapkan sistem otomasi pada setiap proses produksinya, *vacuum gripper* dapat melakukan hal seperti mengambil suatu benda dan memindahkannya tanpa membutuhkan tenaga manusia(Albert & Wayne, 1987).

Vacuum gripper menggunakan *section pad* sebagai media untuk menarik suatu benda, ada berbagai jenis *section pad* dan umumnya terbuat dari polyurethane atau karet. *Section pad* dapat digunakan pada suhu -500˚C sampai 200 ˚C. Benda-benda yang berlubang dan memiliki celah tidak disarankan untuk menggunakan *vacuum gripper*(Jaiswal & Kumar, 2017).

2.2.7 Menghitung Diameter *Suction Pad*

1. Menentukan gaya yang diterima oleh satu buah suction pad

$$F = \frac{W \times t}{n} \tag{2.15}$$

Dimana:

F = Beban yang diterima *suction pad* (N)
W = Beban yang diterima *suction pad* (N)
t = Safety factor
n = Jumlah *suction pad* yang digunakan

2. Menentukan diameter *suction pad*

$$\frac{W}{n} = P \times S \times 0{,}1 \times \frac{1}{t} \tag{2.16}$$

$$S = \frac{W \times t}{P \times 0{,}1 \times n}$$

$$\frac{\pi}{4} \times D^2 = \frac{W \times t}{P \times 0{,}1 \times n}$$

$$D^2 = \frac{W \times t \times 4}{P \times 0{,}1 \times n \times \pi}$$

$$D = \sqrt{\frac{W \times t \times 4}{P \times 0{,}1 \times n \times \pi}}$$

Dimana:

S = Luas penampang *suction pad* (cm^2) = $\frac{\pi}{4} \times D^2$
d = Diameter *suction pad* (mm)
W = Gaya berat kabinet (N)
t = Safety factor
P = Tekanan *suction pad* (kPa)
n = Jumlah *suction pad* yang digunakan

3. Menghitung kekuatan *suction pad*

$$Tlf = P \times S \times 0{,}1 \tag{2.17}$$

Dimana:

Tlf = Theoritical lifting force (N)

P = Tekanan *vacuum* (kPa)

S = Luas efektif penampang (cm^2) = $\frac{\pi}{4}$ x D^2

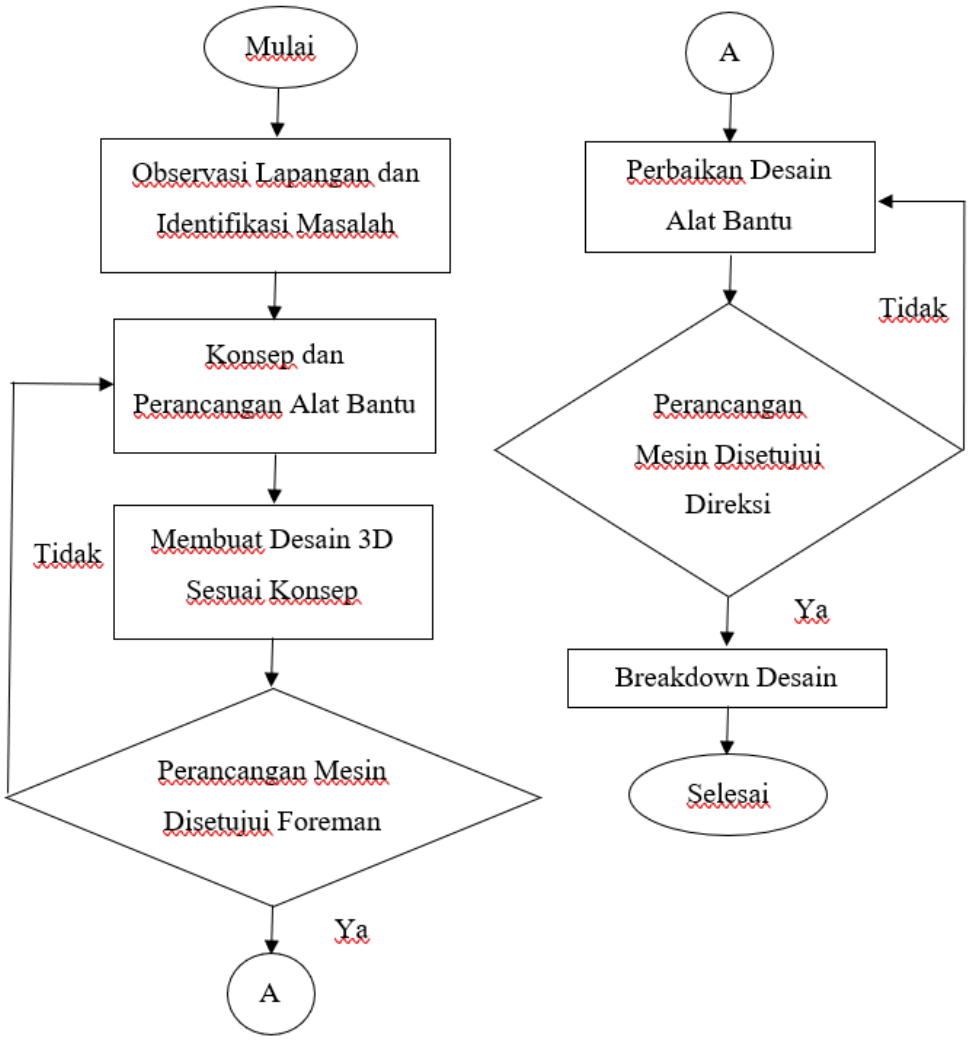
2.2.8 *Break Even Point* (BEP)

Perusahaan membutuhkan adanya rumusan analisis yang dapat menentukan hubungan antara biaya, volume, dan laba Maka digunakan break event point sebagai rumusan tersebut. *Break Even Point* (BEP) adalah suatu cara yang digunakan oleh manajer perusahaan untuk mengetahui volume produksi perusahaan tersebut tidak menderita suatu kerugian dan belum memperoleh laba(Vivin dkk., 2016).

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian perancangan mesin *Automatic Horizontal Drill*

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian, alur penelitian berupa diagram alur yang dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

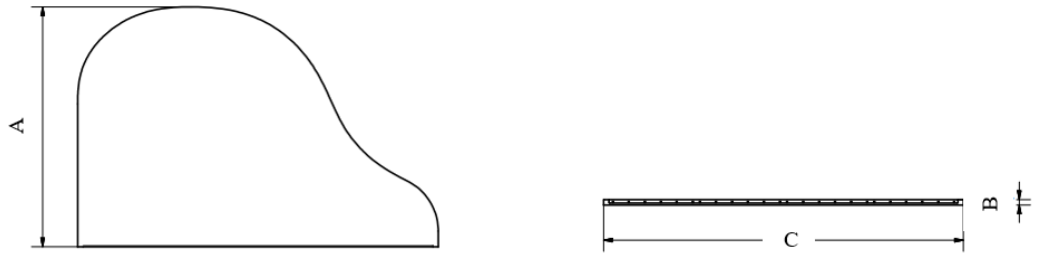
Alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah Laptop untuk mengolah data dan mendesain dengan *Software Autodesk Inventor* 2018, Kamera untuk mengumpulkan data dan dokumentasi, meteran dan jangka sorong untuk pengukuran, serta buku dan alat tulis.

3.3 Observasi Lapangan dan Pengumpulan Data

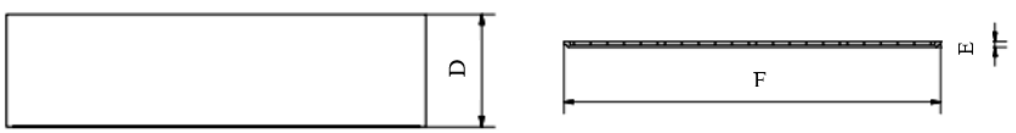
Observasi di lapang bertujuan untuk mendapatkan data penunjang untuk merancang konsep alat bantu yang akan dibuat. Observasi di lapakan dilakukan dengan pengambilan foto dan video proses *assembly* Top Board serta wawancara dengan ketua kelompok atau operator.

3.3.1 Kabinet Kerja dan Ukuran Kabinet

Kabinet adalah penyebutan untuk setiap bagian-bagian yang ada pada piano, setiap kabinet akan digabung menjadi satu yang dinamakan dengan proses *assembly* sehingga menjadi satu unit Piano. Proses *assembly* dilakukan di departemen *Ass'y GP*, salah satu kelompok kerja di *Ass'y GP* adalah kelompok kerja Top Board *Ass'y* yang mempunyai tugas utama memasang *hinge* untuk Top Board Rear dan Top Board Front. Berikut ini adalah data ukuran Top Board dalam milimeter (mm):



Gambar 3. 2 Dimensi Top Board Rear



Gambar 3.3 Dimensi Top Board Front

Tabel 3.1 Data Resume Dimensi Kabinet Top Board Grand Piano

NO	Model	A	B	C	D	E	F
1	GB1	973	21,6	1464	391	21,6	1464
2	GN2	1036	20,3	1490	416	20,3	1490

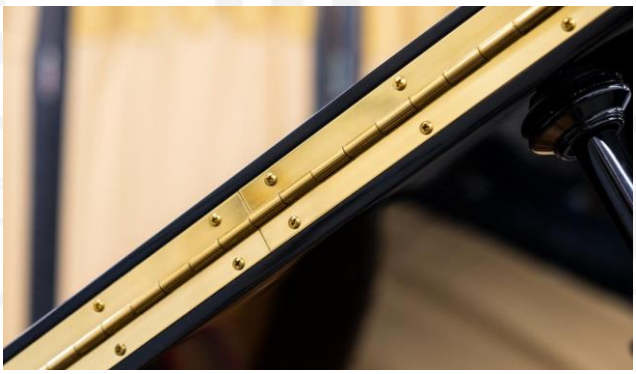
Data pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 digunakan sebagai acuan dalam perancangan seperti penentuan luas meja kerja, penempatan *cylinder centering*, dan penempatan *vacuum gripper*.

Tabel 3.2 Data Resume Berat Kabinet Top Board Grand Piano

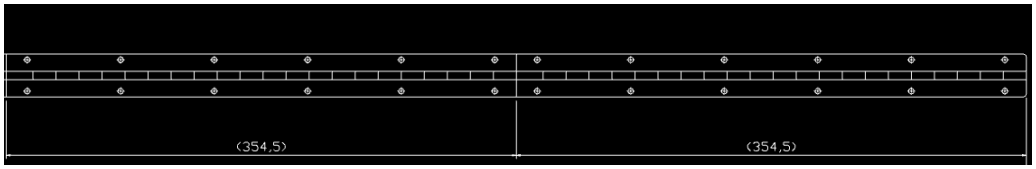
NO	Model	Nama Kabinet	Berat (kg)
1	GB 1	TB Front	9,5
2		TB Rear	18,5
3	GN 2	TB Front	10
4		TB Rear	19,5

3.3.2 *Hinge*

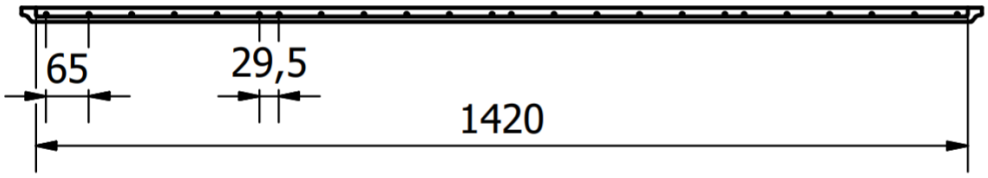
Hinge adalah material yang akan ditempelkan pada coakan di kabinet Top Board, *hinge* berfungsi agar Top Board dapat melakukan Gerakan buka dan tutup. Ukuran *screw* yang digunakan pada *hinge* berukuran M4 x 10 mm. Berikut ini adalah bentuk dan dimensi *hinge*:



Gambar 3.4 Bentuk *Hinge*



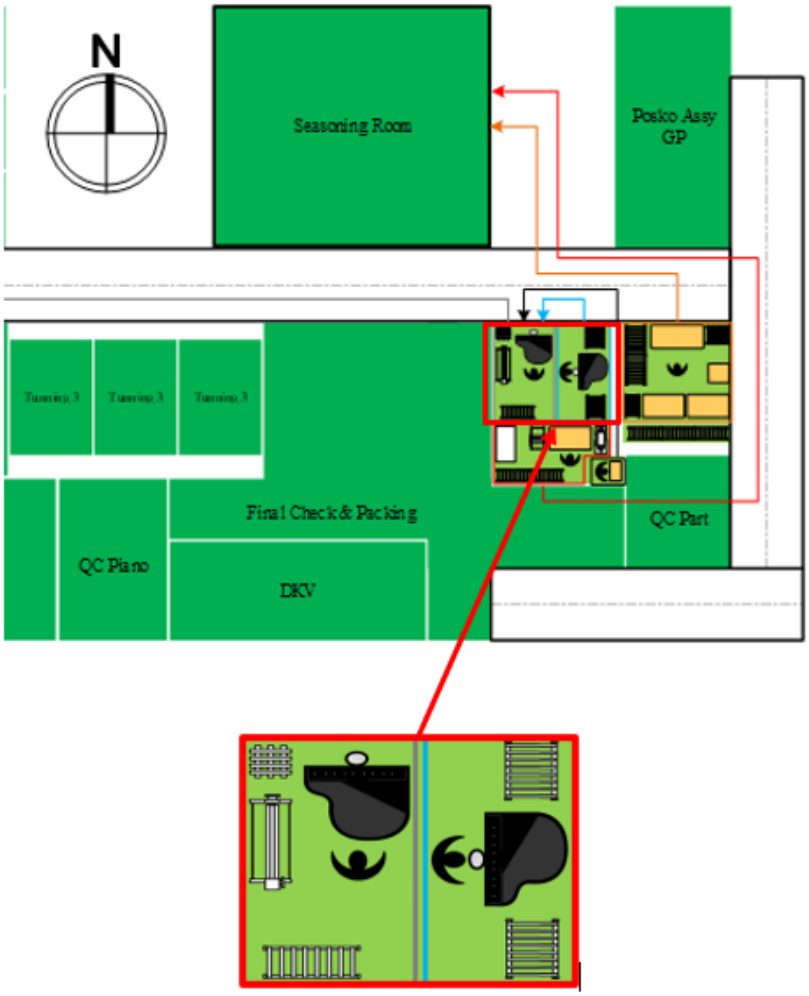
Gambar 3.5 Dimensi *Hinge*



Gambar 3.6 Dimensi Coakan pada Top Board

3.3.3 Layout bagian Top Board *Ass'y*

Proses pemasangan *hinge* berada di kelompok kerja Top Board *Ass'y* dimana prosesnya dilakukan sama pada tempat Fix Top Bord dan Top Stick *Ass'y*. Dimensi tempat 3000x2500 mm yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam perancangan mesin. Tempat pemasangan *hinge* berada di bagian bertanda panah dibawah ini.

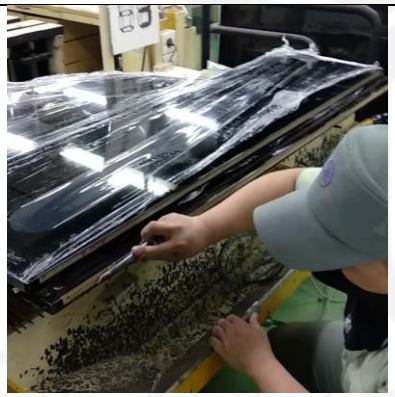


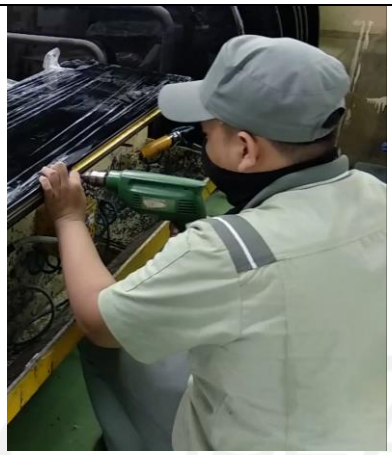
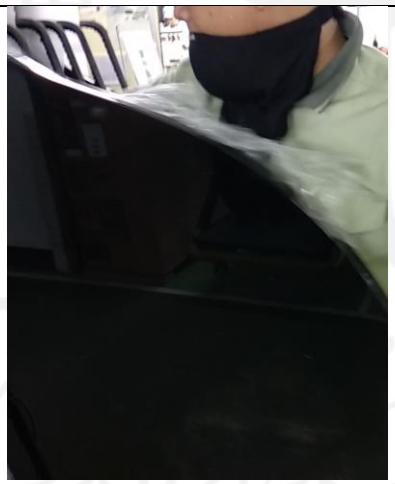
Gambar 3.7 Layout Top Board Ass'y

3.3.4 Alur Proses Kerja Assembly Top Board

Alur proses kerja pemasangan *hinge* Top Board pada bagian Top Board Ass'y adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Alur Proses Kerja Assembly Top Board

No.	Gambar Proses	Deskripsi	Waktu Rata-rata (Detik)
1.		Mengambil dan meletakkan Top Board Front & Rear ke meja.	37.3'
2.		Membersihkan cat pada coakan *hinge* Top Board Front & Rear	466.66'
3.		Memberi Unistain, fungsinya menyamarkan warna kayu dengan warna piano	94.91'

4.		Proses drill sebanyak 48 titik sesuai dengan jumlah lubang pada *hinge*	181.7’
5.		Pemasangan *screw* sebagai penahan *hinge*	128.33’
6.		Taruh ke rak terlebih dulu sebelum dilakukan proses *assembly* keseluruhan piano	11.69’
Total (Unit)			918.35’

Proses nomor 4 diatas (proses drill) masih dilakukan secara manual dengan *hand* drill sehingga perlu dilakukan perancangan mesin untuk menggantikan mesin *hand* drill tersebut. Untuk menggantikan proses tersebut dilakukan percobaan menggunakan mesin Automatic Horizontal Drill untuk melubangi coakan pada Top Board sehingga *hinge* dapat ditempelkan.

3.3.5 Automatic Horizontal Drill pada Top Board *Ass'y UP*

Konsep pembuatan mesin pengganti *hand* drill untuk kelompok kerja Top Board *Ass'y* departemen *Ass'y GP* berdasarkan mesin yang telah lebih dahulu dibuat oleh kelompok kerja Top Board *Ass'y* departemen *Assembly-Upright Piano* (*Ass'y UP*). Perbedaan dari kabinet Top Board Grand Piano dan Top Board Upright Piano adalah dimensinya.



Gambar 3.8 Top Board Upright Piano

Terdapat perbedaan alur proses antara kelompok kerja Top Board *Ass'y GP* dan Top Board *Ass'y UP*. Proses pemasangan *hinge* pada Top Board *Ass'y GP* dilakukan dengan cara menjadikan *hinge* sebagai jig (alat bantu) untuk menentukan titik yang akan dilakukan proses drill, prosesnya adalah menahan *hinge* dengan tangan pada coakan kemudian drill salah satu titik yang ada pada *hinge* setelah itu pasang *screw* tepat di titik yang sudah dilakukan proses drill supaya menahan *hinge*, hal ini tidak efisien karena operator harus bergantian terus menerus untuk melakukan proses drill dan memasang *screw*.

Proses pemasangan *hinge* di Top Board *Ass'y UP* tidak memerlukan *hinge* sebagai jig untuk melubangi coakan karena penempatan mata drill sudah sesuai dengan lubang yang ada pada *hinge*. Sehingga prosesnya adalah Top Board Front dan Rear dilakukan proses drill dengan menggunakan mesin Automatic Horizontal Drill, setelah itu pemasangan *hinge* dan *screw* untuk menahan.



Gambar 3.9 Automatic Horizontal Drill di Top Board Ass'y UP

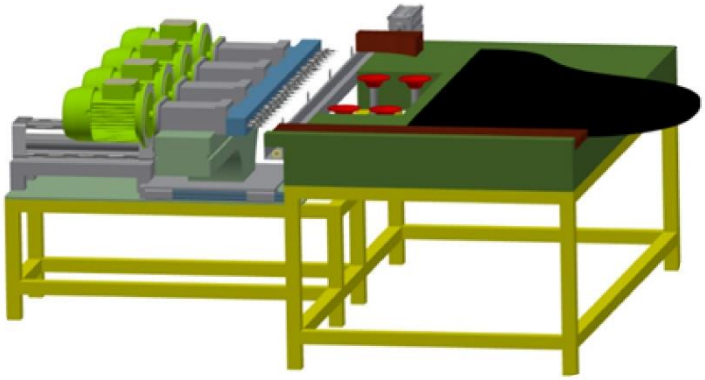
3.3.6 Konsep prancangan

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di lapangan maka muncul konsep desain dan deskripsi dari rancangan yang akan dibuat. Konsep desain yang akan dibuat adalah alat bantu pengganti *hand* drill pada pemasangan *hinge* untuk Top Board Grand Piano yang dapat melubangi coakan lebih banyak dalam satu siklus drill dan tidak menggunakan *hinge* sebagai jig. Adapun kriteria desain yang akan dirancang nantinya sebagai berikut:

1. Alat yang akan dirancang tidak membebani atau mempersulit operator.
2. Mudah dan cepat dalam prosesnya
3. Tidak memakan banyak tempat pada bagian Top Board *Ass'y*
4. Alat yang akan dirancang dapat melubangi 48 titik dalam dua siklus drill.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Mesin Automatic Horizontal Drill



Gambar 4.1 Konsep Perancangan Pertama Mesin Automatic Horizontal Drill

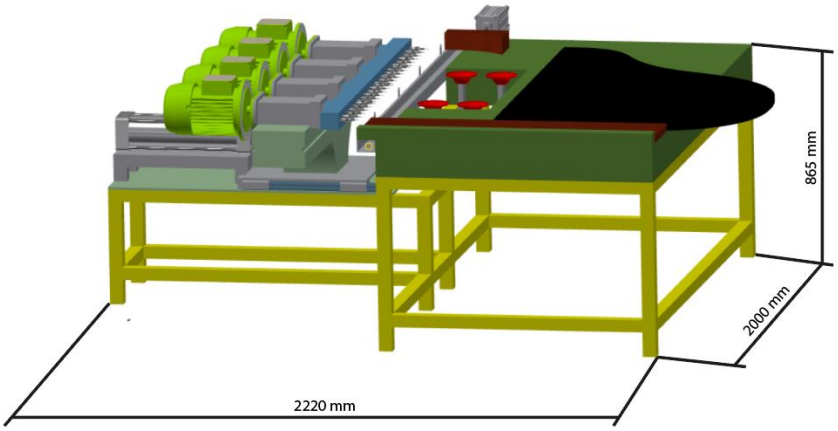
Perancangan mesin Automatic Horizontal Drill sudah melalui diskusi dengan pihak perusahaan, seperti operator, kepala kelompok kerja, mentor, dan *foreman* di PT. Yamaha Indonesia. Pada perancangan ini dilakukan dengan *software* Autodesk Inventor 2018. Konsep dari perancangan ini adalah menentukan komponen yang akan digunakan pada mesin serta mekanisme proses ketika produksi berlangsung

4.1.1 Perancangan Tahap Pertama Mesin Automatic Horizontal Dril

Perancangan pertama ini membagi dua bagian utama pada mesin Automatic Horizontal Drill, bagian pertama adalah untuk mesin drill dan bagian kedua adalah untuk meja kerja. Pada bagian mesin drill terdapat 24 mata drill (*twist drill*) yang digerakkan oleh empat buah *three phase induction motor*. Sedangkan untuk pergerakan maju dan mundur menggunakan *air cylinder* dan rail sebagai alat bantu gerak.

Bagian meja kerja terdapat satu *air cylinder* pada sisi kanan meja yang berfungsi sebagai *centering* dan bantalan pada sisi kiri meja dengan bentuk dan

ukurannya menyesuaikan kabinet Top Board yang akan diproses. Terdapat *vacuum gripper* dam *vacuum pad* pada bagian bawah meja berfungsi untuk menahan kabinet agar tidak bergerak saat proses produksi berlangsung. Stoper pada ujung meja kerja berfungsi sebagai pembatas.



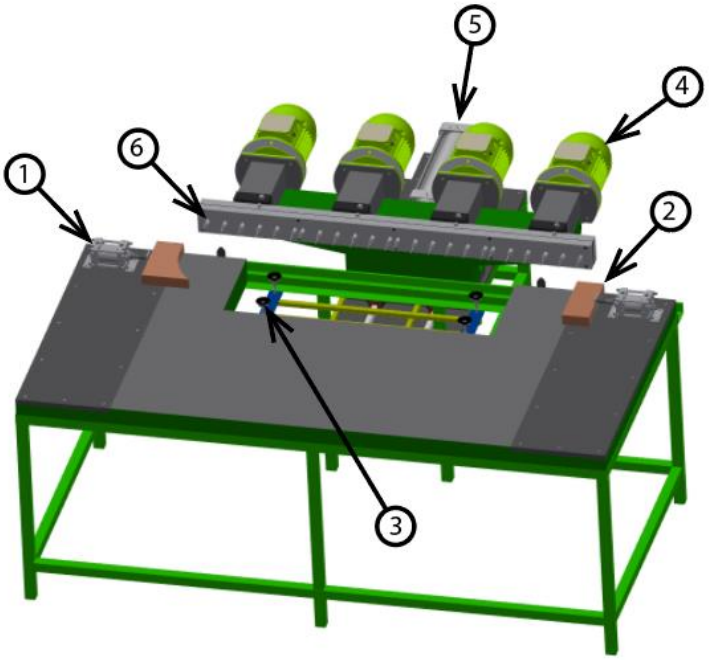
Gambar 4.2 Ukuran mesin Automatic Horizontal Drill tahap pertama

Perancangan tahap pertama ini juga dilakukan analisis terkait dimensi kabinet. Terdapat perbedaan dimensi antara kabinet Top Board model B1 dan GN 2, untuk Panjang kabinet Top Board terdapat selisih 26 mm. Karena adanya selisih tersebut maka diperlukan bantalan dengan dimensi yang dapat menyesuaikan model yang akan diproduksi. Bantalan akan didorong oleh *cylinder centering* dan akan menahan kabinet Top Board agar tetap *center* dengan mesin drill, bantalan dapat diganti sesuai dengan model yang akan diproduksi.

4.1.2 Perancangan Tahap Kedua Mesin Automatic Horizontal Drill

Perancangan kedua ini adalah pengembangan dari perancangan tahap pertama karena ada penambahan *air cylinder* pada bagian meja kerja. Penambahan *air cylinder* bertujuan untuk menekan dari dua sisi pada kabinet (*cylinder centering*) agar kabinet Top Board tetap dalam posisi *center* selama proses drill. Posisi *center* dengan mesin drill bertujuan untuk menyesuaikan titik drill dengan

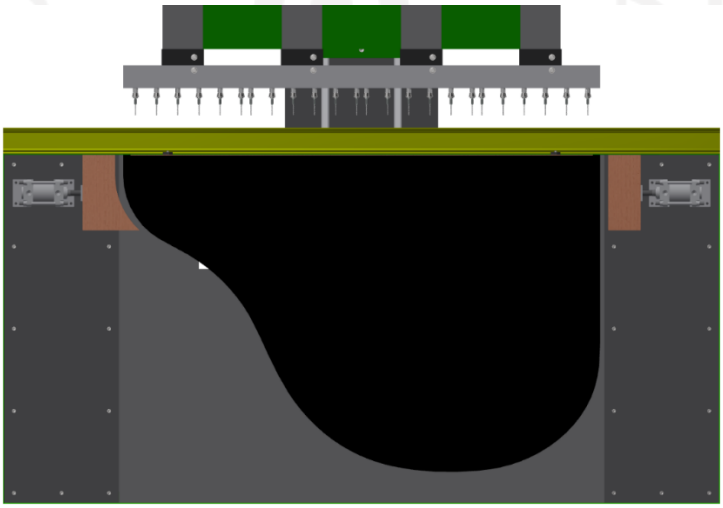
titik lubang yang ada pada *hinge.* Desain Automatic Horizontal Drill dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Desain Rancangan Kedua

Keterangan:

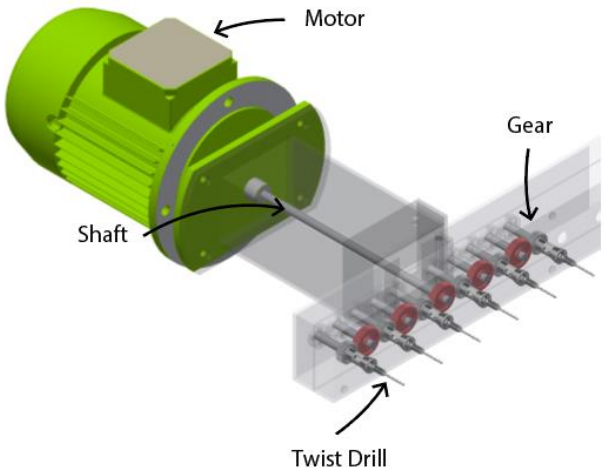
1. *Air cylinder* berfungsi untuk mendorong kabinet sehigga tetap pada posisi *center* dengan mesin drill.
2. Bantalan berfungsi sebagai media pendorong *air cylinder* dengan bentuk disesuaikan dengan kabinet yang akan diproses drill.



Gambar 4.4 Contoh Bantalan untuk Top Board Rear GB1

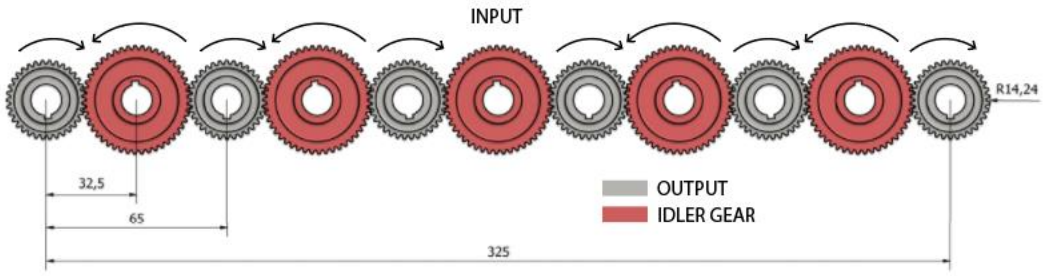
3. *Vacuum section* berfungsi menahan kabinet Top Board saat proses drill berlangsung.
4. *Three phase induction* motor berfungsi memutar *twist drill.*
5. *Air cylinder* berfungsi sebagai penggerak maju dan mundur mesin drill.
6. *Twist drill* berfungsi untuk melubangi coakan kabinet Top Board.

4.1.3 Mekanisme Drill



Gambar 4.5 Mekanisme Drill

Mekanisme dari mesin drill yang akan dibuat adalah dengan menggunakan satu *three phase induction* motor untuk menggerakkan 6 *twist* drill, transmisi dari motor untuk menggerakkan *twist* drill menggunakan shaft. Terdapat gear yang berfungsi untuk memutar 6 *twist* drill secara bersamaan.



Gambar 4.6 Mekanisme Gear

Terdapat dua jenis gear yang memiliki rasio berbeda, berfungsi untuk menyesuaikan penempatan twist drill. Pada Gambar 4.6 terdapat gear input berfungsi sebagai gear penggerak karena mendapat putaran dari motor melalui

shaft, terdapat idle gear yang berfungsi menyamakan arah putar gear output dan menyamakan kecepatan putar gear, dan terdapat gear output yang berfungsi sebagai tempat *spindle twist* drill.

4.1.4 Mekanisme Alat

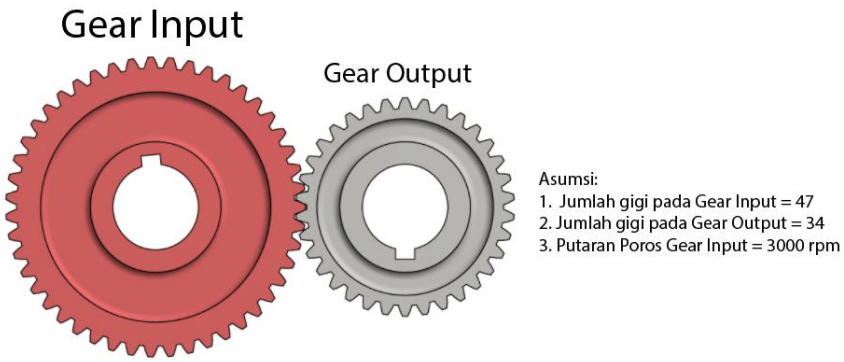


Gambar 4.7 *Hand Valve* dan *Push Button*

1. Operator meletakkan kabinet pada meja kerja dan didorong sampai pembatas pada ujung meja kerja.
2. Operator memutar *hand valve* ke arah kiri (Tutup) untuk menjalankan *cylinder centering*.
3. Operator menekan *push button* untuk menyalakan *vacuum* dan motor.
4. Operator menekan *push botton* untuk maju dan mundur *air cylinder* pendorong mesin drill.
5. Setelah coakan kabinet selesai dilubangi, operator memutar *hand valve* ke arah kanan (Buka) untuk memundurkan *cylinder centering*.
6. Operator menekan *push button* untuk mematikan *vacuum* dan motor.
7. Operator mengambil kabinet dan menaruh di rak.

4.2 Menentukan Waktu Pemotongan dan Gaya Dorong Drill

Mengetahui putaran poros yang akan dijadikan sebagai poros output, untuk mengetahui putaran poros adalah menentukan Gear Ratio terlebih dahulu.



Gambar 4.8 Gear Input dan Gear Output

$$GR = \frac{t_{out}}{t_{in}}$$

$$GR = \frac{34}{47}$$

$$GR = 0{,}72$$

Dari perhitungan di atas didapatkan Gear Ratio sebesar 0,72. Untuk putaran poros Gear Input adalah 3.000 rpm, maka putaran pada Gear Output dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$n_{out} = \frac{n_{in}}{GR}$$

$$n_{out} = \frac{3.000\ rpm}{0{,}72}$$

$$n_{out} = 4.166\ rpm$$

Mata pahat drill yang digunakan berdiameter 3 mm, maka kecepatan potong pada drill dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$V = \frac{\pi \times d \times n_{out}}{1000}$$

$$V = \frac{3{,}14 \times 3\ mm \times 4.166\ rpm}{1000}$$

$$V = 39{,}24\ m/min$$

Gerak makan mata pahat dengan diameter 3 mm memiliki gerak makan sebesar 0,05 mm/rev(CMTI, 1985), untuk jumlah mata pahat adalah 2. Maka kecepatan makan pahat drill adalah:

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

$$V_s = 0{,}05\ mm/rev \times 4.166\ rpm \times 2$$

$$V_s = 416{,}6\ mm/min$$

Panjang pemotongan yang akan dilakukan pada kabinet diasumsikan 8 mm dan sudut potong utama mata pahat (point angle) adalah 30˚ ($k_f = 60^\circ/2$).

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

$$l_n \geq \frac{3/2}{\tan 30^\circ}$$

$$l_n \geq 0{,}57 \text{ mm}$$

$$l_v = l_n$$

$$l_{total} = l_w + l_n$$

$$l_{total} = 8 \text{ mm} + 0{,}57 \text{ mm}$$

$$l_{total} = 8{,}57 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{l_{total}}{V_s}$$

$$t_c = \frac{8{,}57 \text{ mm}}{416{,}6 \text{ mm/min}}$$

$$t_c = 1{,}23 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan yang telah didapat, diketahui waktu pemotongan benda kerja oleh drill adalah 1,23 detik. Selanjutnya adalah menghitung gaya dorong yang diperlukan untuk melubangi kabinet, diasumsikan nilai dari *Material Factor* kayu adalah dibawah dari nilai *Material Factor* dari logam yaitu diasumsikan sebesar K = 0,4.

$$T_h = 1.16 \text{ x } K \text{ x } d \text{ x } (100 \text{ x } s)^{0{,}84}$$

$$T_h = 1.16 \text{ x } 0{,}4 \text{ x } 3 \text{ mm x } (100 \text{ x } 0{,}05 \text{ mm/rev})^{0{,}84}$$

$$T_h = 5{,}37 \text{ kgf x } 9{,}81 \text{ N}$$

$$T_h = 52{,}67 \text{ Newton}$$

$$T_h = 52{,}67 \text{ N x } 24$$

$$T_h = 1.264{,}31 \text{ Newton}$$

Diketahui gaya dorong yang diperlukan oleh 1 spindel untuk melubangi kabinet sebesar 52,67 Newton, sedangkan gaya dorong yang diperlukan oleh 24 spindel adalah 1.264,31 Newton.

4.3 Menentukan *Air Cylinder*

Perancangan ini menggunakan dua buah *air cylinder* sebagai penekan kabinet dari arah kanan dan kiri (*cylinder centering*) dan sebuah *air cylinder* sebagai pendorong mesin drill.

4.3.1 Menentukan *Cylinder Centering*

Kabinet yang digunakan pada percobaan kali ini menggunakan kabinet Top Board Rear dengan model GN2. Massa kabinet ini adalah 20,5 kg (sudah termasuk bantalan). Langkah pertama untuk menghitung gaya yang diperlukan untuk mendorong kabinet adalah menentukan gaya normal yang terjadi pada kabinet, digunakan rumus gaya sebagai berikut:

$$N = W$$

$$N = m \times g$$

$$N = 20{,}5 \text{ kg} \times 9{,}81 \ {}^{m}/_{s^2}$$

$$N = 201{,}1 \text{ Newton}$$

Terdapat gaya gesek yang terjadi antara kabinet dan meja kerja yang berbahan kayu, maka diasumsikan koefisien gesek kayu dengan kayu adalah μ_s = 0,4.

$$f_s = N \times \mu_s$$

$$f_s = 201{,}1 \text{ N} \times 0{,}4$$

$$f_s = 80{,}4 \text{ Newton}$$

Beban total untuk mendorong kabinet Top Board:

$$F = f_s$$

$$F = 80{,}4 \text{ N}$$

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^2.

$$F = P_{Kompresor} x A_{Silinder}$$

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

$$D^2 = \frac{80{,}4\ N}{400{,}000 \frac{N}{m^2}\ x\ 0{,}786\ m}$$

$$D = \sqrt{0{,}00025}$$

$$D = 0{,}015 \text{ m}$$

$$D = 15 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan yang telah didapat, diameter piston *air cylinder* yang dibutuhkan minimal 15 mm. adanya pertimbangan faktor keamanan maka digunakan diameter piston 63 mm dengan tekanan udara sebesar 400.000 N/m^2. Pemilihan diameter piston berukuran 63 mm berdasarkan standar ukuran yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Berikut perhitungan beban maksimal yang dapat didorong oleh *air cylinder* dengan diameter 63 mm:

$$F = \frac{(D^2) \text{ x } \pi \text{ x } P}{4}$$

$$F = \frac{(0{,}063^2 \text{ m}) \text{ x } 3{,}14 \text{ x } 400{,}000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{4}$$

$$F = \frac{4.985{,}06 \text{ N}}{4}$$

$$F = 1.246 \text{ N}$$

4.3.2 Menentukan *Air Cylinder* Pendorong Mesin Drill

Menghitung gaya normal yang terjadi pada mesin drill. Diketahui massa dari mesin drill adalah 212,24 kg, maka dapat ditentukan gaya normal pada mesin drill.

$$N = W$$

$$W = m.g$$

$$N = 212{,}24 \text{ kg x } 9{,}81$$

$$N = 2.082 \text{ Newton}$$

Terdapat gaya gesek yang terjadi antara *linear motion guide* dan *linear motion rail*, maka diasumsikan gaya gesek *linear motian* dengan tipe *ball linear guideway* adalah 0,004.

$$f_s = N \text{ x } \mu_s$$

$$f_s = 2.082 \text{ N x } 0{,}004$$

$$f_s = 8{,}32 \text{ Newton}$$

Beban total untuk mendorong mesin drill adalah:

$$F = f_s$$

$$F_{Total} = 8{,}32 \text{ N}$$

$$F_{Total} = 8{,}32 \text{ Newton}$$

Selanjutnya adalah menghitung diameter piston yang dibutuhkan *air cylinder*, besar tekanan yang digunakan PT. Yamaha Indoenesia adalah 4 bar setara dengan 400.000 N/m^2.

$$F = P_{Kompressor} x A_{Silinder}$$

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

$$D^2 = \frac{8{,}32 \text{ N}}{400{,}000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} x \ 0{,}786 \ m}$$

$$D = \sqrt{0{,}0000264}$$

$$D = 0{,}0051 \text{ m}$$

$$D = 5{,}1 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan yang didapat, diameter minimal piston *air cylinder* yang dibutuhkan adalah 5,1 mm, adanya pertimbangan gaya dorong pada saat proses drill kabinet sebesar 1.246 Newton maka digunakan diameter piston 120 mm dengan tekanan udara 4 bar atau 400.000 N/m^2. Berikut adalah perhitungan beban maksimal yang dapat didorong oleh *air cylinder* dengan diameter piston 120 mm.

$$F = \frac{(D^2) \text{ x } \pi \text{ x } P}{4}$$

$$F = \frac{(0{,}12^2 \text{ m}) \text{ x } 3{,}14 \text{ x } 400{,}000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{4}$$

$$F = \frac{4.985{,}06 \text{ N}}{4}$$

$$F = 4.521 \text{ Newton}$$

4.4 Menentukan *Suction Pad*

Menentukan beban yang bekerja pada satu *suction pad.* Untuk kabinet yang digunakan adalah model GN2 karena memiliki massa paling besar. Kabinet ini memiliki massa 19,5 kg. Pada percobaan ini digunakan empat *suction pad* dan nilai *safety factor* pada bidang horizontal adalah 4.

$$F = \frac{W \text{ x } t}{n}$$

$$F = \frac{(19{,}5 \text{ kg x } 9{,}81) \text{ x } 4}{4}$$

$$F = \frac{191{,}295\ N \times 4}{4}$$

$$F = 191{,}295\ Newton$$

Menentukan diameter *suction pad.* Tekanan angin yang digunakan PT. Yamaha Indonesia adalah 4 bar dan diameter nozzle 1 mm, maka *ejector* yang digunakan menghasilkan tekanan -90 kPa.

$$\frac{W}{n} = P \times S \times 0{,}1 \times \frac{1}{t}$$

$$S = \frac{W \times t}{P \times 0{,}1 \times n}$$

$$\frac{\pi}{4} \times D^2 = \frac{W \times t}{P \times 0{,}1 \times n}$$

$$D = \sqrt{\frac{(19{,}5 \times 9{,}81)N \times 4 \times 4}{90\ kPa \times 0{,}1 \times 4 \times 3{,}14}}$$

$$D = \sqrt{\frac{3.060{,}72}{113{,}04}}$$

$$D = \sqrt{27{,}07}$$

$$D = 5{,}2\ cm$$

$$D = 52\ mm$$

Dari perhitungan di atas maka dapat diketahui diameter minimal *suction pad* yang dapat digunakan adalah 52 mm. Untuk faktor keamanan maka akan digunakan *suction pad* dengan diameter 80 mm, ukuran ini berdasarkan standar diameter *suction pad* yang dapat dilihat pada Lampiran 6.

Menghitung gaya yang dihasilkan *suction pad* dengan diameter 80 mm. langkah pertama adalah menghitung luas efektif penampang *suction pad.*

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$S = \frac{3{,}14}{4} \times (80\ mm)^2$$

$$S = 5.024\ mm^2$$

$$S = 50{,}24\ cm^2$$

Kekuatan *suction pad* diameter 80 mm.

$$Tlf = P \times S \times 0{,}1$$

$$Tlf = 90\ kPa \times 50{,}24\ cm^2 \times 0{,}1$$

$$Tlf = 452{,}12\ Newton$$

Dari perhitungan di atas didapat kekuatan satu *suction pad* dengan diameter 80 mm menggunakan *ejector* berdiameter 1 mm yaitu sebesar 452,12 Newton, dengan menggunakan empat *suction pad* maka dapat menahan beban hingga 1.808,48 Newton . Pada analisis beban yang bekerja untuk satu *suction pad* sebesar 191,295 Newton, dengan safety factor bernilai 4 maka *suction pad* mampu menahan beban kabinet Top Board GP.

4.5 Perbandingan Proses Sebelum dan Sesudah *kaizen*

Satuan Pengukuran	Satuan Waktu	Waktu
Mengambil dan meletakkan TB Front & Rear ke meja kerja	Detik	37,3
	Menit	0,62
Membersihkan cat pada coakan hinge TB Front & Rear	Detik	466,6
	Menit	7,78
Memberi Unistain	Detik	94,91
	Menit	1,58
Proses Drill	Detik	181,7
	Menit	3,02
Pemasangan Screw untuk hinge	Detik	128,33
	Menit	2,13
Taruh ke rak	Detik	11,69
	Menit	0,19
Total (unit)	Detik	918,35
	Menit	15,31

Gambar 4.9 Waktu Proses Sebelum *Kaizen*

Satuan Pengukuran	Satuan Waktu	Waktu
Mengambil dan meletakkan TB Front & Rear ke meja kerja	Detik	37,3
	Menit	0,62
Membersihkan cat pada coakan hinge TB Front & Rear	Detik	466,6
	Menit	7,78
Memberi Unistain	Detik	94,91
	Menit	1,58
Proses Drill	Detik	61,5
	Menit	1,025
Pemasangan Screw untuk hinge	Detik	128,33
	Menit	2,13
Taruh ke rak	Detik	11,69
	Menit	0,19
Total (unit)	Detik	800,39
	Menit	13,325

Gambar 4.10 Waktu Proses Setelah *Kaizen*

Gambar 4.6 merupakan waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus produksi *assembly* Top Board Grand Piano sebelum dilakukan *kaizen*, untuk proses drill waktu yang diperlukan adalah 181,7 detik atau 3,02 menit. Gambar 4.7 merupakan

waktu yang dibutuhkan porses *assembly* Top Board Grand Piano setelah dilakukan kaizen, untuk proses drill diperlukan 61,5 detik setara dengan 1,025 menit. Dari data tersebut diketahui perbedaan waktu proses drill sebelum kaizen dan setelah kaizen terdapat selisih waktu 120.2 detik atau sekitar 2 menit.

4.6 Analisa Biaya pada Mesin Automatic Horizontal Drill dengan *Break Even Point* (BEP)

Rumus untuk menentukan BEP adalah dengan menentukan waktu yang diperlukan agar *cost saving* yang dihasilkan sama dengan harga mesin yang akan dibuat. PT. Yamaha Indonesia memiliki ketetapan sendiri dalam menentukan *cost saving*, salah satu parameter dari menentukan *cost saving* adalah pengurangan gaji karyawan akibat berkurangnya waktu kerja karena berkurangnya waktu standar pada proses tertentu setelah dilakukan *kaizen*.

Dari hasil *kaizen* yang telah dilakukan, waktu proses berkurang dari sebelumnya adalah 181,7 detik menjadi 61,5 detik dengan jumlah produksi yang sama yaitu 20 Top Board dalam 8 jam kerja. Untuk memenuhi target pengerjaan dalam satu hari, proses sebelum kaizen 60,40 menit (1,01 Jam) menjadi 20,40 menit (0,34 jam) dari total 8 jam efektif kerja.

Rumus untuk menentukan *break even point* ditinjau dari pengurangan waktu proses karena tidak ada pengurangan operator. Sehingga perhitungan *break even point* pada lampiran 7 menunjukan dalam jangka waktu 7,4 tahun untuk PT. Yamaha Indonesia mengembalikan modal.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut ini adalah kesimpulan hasil perancangan mesin Automatic Horizontal Drill:

1. Adanya efisiensi proses yang awalnya menggunakan *hand* drill menjadi otomatis menggunakan Automatic Horizontal Drill untuk melubangi coakan.
2. Penggunaan mesin Automatic Horizontal Drill untuk melubangi coakan Top Board mendapat waktu 61,5 detik, sedangkan jika menggunakan hand drill mendapatkan waktu 181,7 detik untuk satu unit Top Board. Selisih waktu sebelum kaizen dan sesudah kaizen adalah 120,2 detik untuk proses drill satu unit Top Board

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat kekurangan dan memungkinkan unuk dilakukan pengembangan lebih lanjut diantaranya adalah:

1. *cylinder centering* dapat digunakan dengan 1 *air cylinder* saja, yaitu dengan *air cylinder* berada di tengah dan menggerakkan *slider* dan menjepit kabinet untuk tetap *center*.
2. Pengurangan nilai BEP masih bisa dilakukan dengan mengganti material tetapi masih standar penggunaan material PT. Yamaha Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Albert, S., & Wayne. (1987). *Automatic Vacuum Gripper*. Unisys Corporation.

CMTI. (1985). *Machine Tool Design Handbook*. McGraw-Hill.

Gaspersz, V. (2001). *Total Quality Management*. PT. Gramedia Pustaka Utama.

Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw Hill.

Jaiswal, A. K., & Kumar, B. (2017). *VACUUM GRIPPER- AN IMPORTANT MATERIAL HANDLING TOOL*. *7*(1), 9.

Putranto, A., & dkk. (2008). *Teknik Otomasi Industri untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Sudaryono. (2013). *Pneumatik & Hidrolik*. Direktorat Jendral Peningkatan Mutu Pendidikan & Tenaga Kependidikan.

Suprapto, & Susilo, W. (2017). *Pengenalan Teknologi Vakum*. Pustaka Pelajar.

Vivin, U. C., Moch., D., & Raden, R. H. (2016). *Analisis Break Even Point Sebagai Alat Perencanaan Penjualan pada tingkat Laba yang Diharapkan*. *35*, 196.

Widarto. (2008). *Teknik Pemesinan* (JILID 2). Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Winingsih, P. H. (2017). *EKSPERIMEN GAYA GESEK UNTUK MENGUJI NILAI KOEFISIEN GESEKAN STATIS KAYU PADA KAYU DENGAN PROGRAM MATLAB*. *3*(2), 6.

LAMPIRAN 1 RUMUS Thrust Force

POWER AND FORCE REQUIREMENTS IN MACHINING

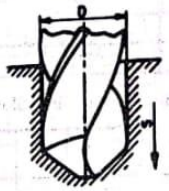


Table 260 Drilling

Diameter of Drill	D	*mm*	
Revolutions per minute	n	*rpm*	
Cutting speed	v	*m/min.*	$v = \pi Dn/1000$
Feed per revolution	S	*mm/rev.*	
Material factor	K	-	Table 272
Power at the spindle	N	*kW*	$N = 1{,}25D^2Kn(0.056+1.5S)/10^5$
Efficiency of transmission	E	%	
Power of the motor	N_{el}	*kW*	$N_{el} = N/E$
Torque	T_s	*kgf.m*	$T_s = 975\ N/n$
Thrust	T_h	*kgf*	$T_h = 1.16KD(100S)^{0.85}$

1. The power and torque values include an allowance of 30% for dull tools.
2. The thrust values include an allowance of 40% for dull tools.
3. The above formulae are applicable to drilling with tools conforming to accepted workshop standards.

CS Dipindai dengan CamScanner

Sumber: (Central Machine Tool Institute, 1985)

LAMPIRAN 2 Katalog *Air Cylinder*



JIS symbol
Double acting type



Specifications

Bore size (mm)	40	50	63	80	100
Fluid	Air				
Action	Double acting				
Proof pressure	1.5 MPa				
Maximum operating pressure	1.0 MPa				
Ambient and fluid temperature	Without auto switch: −10 to 70°C* With auto switch: −10 to 60°C*				
Minimum operating pressure	0.05 MPa				
Piston speed	50 to 500 mm/s				
Cushion	Air cushion				
Stroke length tolerance	To 250: +1.4 0; 251 to 1000: +1.8 0; 1001 to 1500: +2.2 0				
Lubrication	Not required (Non-lube)				
Mounting	Basic style, Foot style, Rod side flange style, Head side flange style Single clevis style, Double clevis style, Center trunnion style				

* With no freezing.

Standard Stroke

In case of a type with auto switch, please also refer to the table of minimum auto switch mounting strokes on pages 403 and 404.

(mm)

Bore size	Standard stroke*	Long stroke (L and F only)
40	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	800
50, 63	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600	1200
80, 100	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700	ø80: 1400 ø100: 1500

* Intermediate strokes not listed above are produced upon receipt of order.

Rod Boot Material

Symbol	Rod boot material	Max. ambient temperature
J	Nylon tarpaulin	70°C
K	Heat resistant tarpaulin	110°C*

* Maximum ambient temperature for the rod boot itself.

Accessory

Mounting		Basic style	Axial foot style	Rod side flange style	Head side flange style	Single clevis style	Double clevis style	Center trunnion style
Standard equipment	Rod end nut	●	●	●	●	●	●	●
	Clevis pin	—	—	—	—	—	●	—
Options	Single knuckle joint	●	●	●	●	●	●	●
	Double knuckle joint (With pin)	●	●	●	●	●	●	●
	With rod boot	●	●	●	●	●	●	●

Minimum Stroke for Auto Switch Mounting

⚠ Caution

1. The minimum stroke for mounting varies with the auto switch type and mounting style of the cylinder. In particular, the center trunnion style needs careful attention. (For more information, refer to pages 403 to 404.)

Made to Order Specifications
For details, please refer to pages 1373 to 1565.

Symbol	Specifications
-XA□	Change of rod end shape
-XB5	Oversized rod
-XB6	Heat resistant (150°C)
-XC3	Special port positions
-XC4	With heavy duty scraper
-XC5	Heat resistant (110°C)
-XC6	Piston rod and rod end nut made of stainless steel
-XC7	Tie-rod, cushion valve, tie rod nut, etc. made of stainless steel
-XC8	Adjustable stroke/Extension
-XC9	Adjustable stroke/Retraction
-XC10	Dual stroke/Double rod
-XC11	Dual stroke/Single rod
-XC12	Tandem type
-XC14	Change of trunnion bracket mounting position
-XC15	Change of tie-rod length
-XC22	Fluororubber seal
-XC27	Double clevis pin and double knuckle pin made of stainless steel
-XC28	Compact flange made of SS400
-XC29	Double knuckle joint with spring pin
-XC30	Rod side trunnion
-XC35	With coil scraper
-XC58	Water resistant/Built-in hard plastic magnet
-XC59	Fluororubber seal/Built-in hard plastic magnet
-XC65	-XC6 + -XC7
-X1184	Cylinder with heat-resistant reed auto switch

Refer to pages 401 to 406 for cylinders with auto switches.

- Minimum auto switch mounting stroke
- Proper auto switch mounting position (detection at stroke end) and mounting height
- Operating range
- Switch mounting bracket: Part no.

LAMPIRAN 3 Nilai Koefisien Gesek *Linear Motion*

1-6 Friction

As mentioned in the preface, a linear guideway allows a type of rolling motion, which is achieved by using balls or rollers. The coefficient of friction for a linear guideway can be as little as 1/50 of a traditional slide. Generally, the coefficient of friction of ball type linear guideway is about 0.004 and roller type is about 0.003 .

When a load is 10% or less than the basic static load rate, the most of the resistance comes from the grease viscosity and frictional resistance between balls. In contrast, if the load is more than the basic static load rating, the resistance will mainly come from the load.

$$F = \mu \cdot W + S \quad \text{Eq.1.11}$$

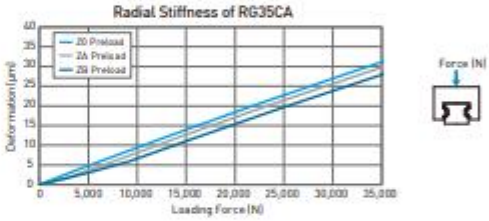
F : Friction (kN)
S : Friction resistance (kN)
μ : Coefficient of friction
W : Normal loads (kN)

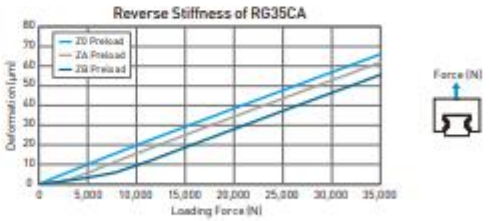
1-7 Preload and Stiffness

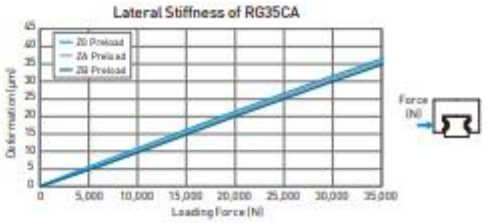
In roller movement system category, block can be preloaded to increase stiffness, and the internal preload must be considered in the life caculation. The definition of siffness shows below. HIWIN preload are classified by three class Z0, ZA, ZB, each preload level have different deformation of block, higher stiffness present lower deformation. Stiffness in three axis are well using by most application. Example show as below :

$$k = \frac{P}{\delta}$$

δ : Deformation (μm)
P : Applied load (N)
k : Stiffness (N/μm)







LAMPIRAN 4 Katalog *Safety Factor*

B. Theoretical Lifting Force

- The theoretical lifting force is determined by vacuum pressure and contact area of the vacuum pad.
- Since the theoretical lifting force is the value measured at the static state, the safety factor responding to the actual operating conditions must be estimated in the actual operation.
- It is not necessarily true that higher vacuum pressure is better. Extremely high vacuum pressure may cause problems.

  - If the vacuum pressure is higher than necessary, an increase in the friction of the pad, generation of cracks, sticking of the pad and workpiece, and sticking of the pad (bellows pad) will occur easily, possibly shortening the life of the pad.
  - Doubling the vacuum pressure makes the theoretical lifting force double, while to doubling the pad diameter makes the theoretical lifting force quadruple.
  - When the vacuum pressure (set pressure) is high, it makes not only response time longer, but also the necessary energy to generate a vacuum larger.

Example) Theoretical lifting force = Pressure x Area

2 times

Pad diameter \ Area [cm²]	Vacuum pressure [–40 kPa]	Vacuum pressure [–80 kPa]
ø6	0.28	**Theoretical lifting force 1.1 N**	Theoretical lifting force 2.2 N
ø16	2.01	**Theoretical lifting force 8.0 N**	Theoretical lifting force 16.1 N

4 times

Lifting Force and Vacuum Pad Diameter

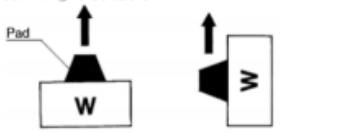
- Set the vacuum pressure below the pressure that has been stabilized after adsorption. However, when a workpiece is permeable or has a rough surface, note that the vacuum pressure drops since the workpiece takes air in. In this case, it is necessary to perform a suction test to check the vacuum pressure reached during suction.
- The vacuum pressure when using an ejector is approximately –40 to –60 kPa as a guide.

The theoretical lifting force of a pad can be found by calculation or from the theoretical lifting force table.

Calculation

$$W = P \times S \times 0.1 \times \frac{1}{t}$$

W : Lifting force [N]
P : Vacuum pressure [kPa]
S : Pad area [cm²]
t : Safety factor Horizontal lifting: 4 or more
Vertical lifting: 8 or more



Horizontal lifting **Vertical lifting**

(This type of application should basically be avoided.)

Theoretical Lifting Force

The theoretical lifting force (not including the safety factor) is found from the pad diameter and vacuum pressure. The required lifting force is then found by dividing the theoretical lifting force by the safety factor **t**.

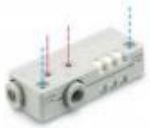
Lifting force = Theoretical lifting force ÷ t

Theoretical Lifting Force (Theoretical lifting force = P x S x 0.1) [N]

Pad diameter [mm]		ø32	ø40	ø50	ø63	ø80	ø100	ø125
S: Pad area [cm²]		8,04	12,56	19,63	31,16	50,24	78,50	122,66
Vacuum pressure [kPa]	**–85**	68,3	107	167	265	427	667	1043
	–80	64,3	100	157	249	402	628	981
	–75	60,3	94,2	147	234	377	589	920
	–70	56,3	87,9	137	218	352	550	859
	–65	52,2	81,6	128	203	327	510	797
	–60	48,2	75,4	118	187	301	471	736
	–55	44,2	69,1	108	171	276	432	675
	–50	40,2	62,8	98,1	156	251	393	613
	–45	36,2	56,5	88,3	140	226	353	552
	–40	32,2	50,2	78,5	125	201	314	491

LAMPIRAN 5 Katalog Ejector *Vacuum*

4 mounting types

Body type	Direct mounting	Standard bracket mounting	L-bracket mounting	DIN rail mounting
Body ported type				
Box type (Built-in silencer)	 —— : Body mounting ····· : Cover mounting	— (Not available)		

Easy identification of product type

Metric — Light gray



Inch — Orange



A silencer and standard bracket are available.

• Shipped together with the product



*1 The silencer can only be connected to the One-touch fitting type EXH port.

*2 Mounting is interchangeable with the existing model. (Excludes the inch type with nozzle nominal sizes of 0.5 to 1.3) Refer to page 20 for mounting.

Variations

Body type	Model	Nozzle nominal size [mm]	Vacuum pressure reached*1 [kPa]		Maximum suction flow rate [L/min (ANR)]		Air consumption [L/min (ANR)]
			Type S	Type L	Type S	Type L	
Body ported type	ZH05D□A	0.5	−90	−48	6	13	13
	ZH07D□A	0.7			12	28	27
	ZH10D□A	1.0			26	52	52
	ZH13D□A	1.3			40	78	84
	ZH15D□A	1.5		−66	58	78	113
	ZH18D□A	1.8			76	128	162
	ZH20D□A	2.0			90	155	196
Box type (Built-in silencer)	ZH05B□A	0.5	−89	−48	6	13	13
	ZH07B□A	0.7			12	28	27
	ZH10B□A	1.0			26	52	52
	ZH13B□A	1.3			40	78	84

*1 Supply pressure: 0.45 MPa

LAMPIRAN 6 *Vacuum Section/Pad*



LAMPIRAN 7 Break Event Point (BEP)

	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	Hasil	Total $ / Bulan
Waktu Kerja (menit)	60,40	20,40	40,00	64,45
Total Cost Saving ($) / Bulan				64,45

Break Event Point		Efek & Keuntungan Lain (Intangible)
Harga Mesin ($)	7634,6	
Instalasi Mesin	.	
Total	7634,6	
Hasil Kaizen		
Pengurangan Waktu ($) /tahun	773,38	1. Proses menjadi lebih ringan secara beban fisik 2. Menjaga kestabilan kerja Operator 3. Mempercepat waktu proses
BEP	7,40	

Perhitungan BEP

A (Waktu sebelum perbaikan) = 60,40 menit

B (Waktu setelah perbaikan) = 20,40 menit

C (Hari efektif tiap bulan) = 20 hari

D = Gaji karyawan dalam menit = 0,16112 $/menit

Harga mesin = $7.634,6

Cost saving perbulan = (A – B) x C x D x 0,5

= (60,40 – 20,40) x 20 x 0,16112 x 0,5

= 64,448 $/bulan

Cost saving pertahun = *Cost saving* perbulan x 12

= 64,448 x 12

= 773,376 $/tahun

BEP $= \frac{\text{harga mesin} - (\text{harga mesin x } 25\%)}{\textit{cost saving}\text{ pertahun}}$

$= \frac{7.634{,}6 - (7.634{,}6 \text{ x } 25\%)}{773{,}376}$

= 7,4 tahun

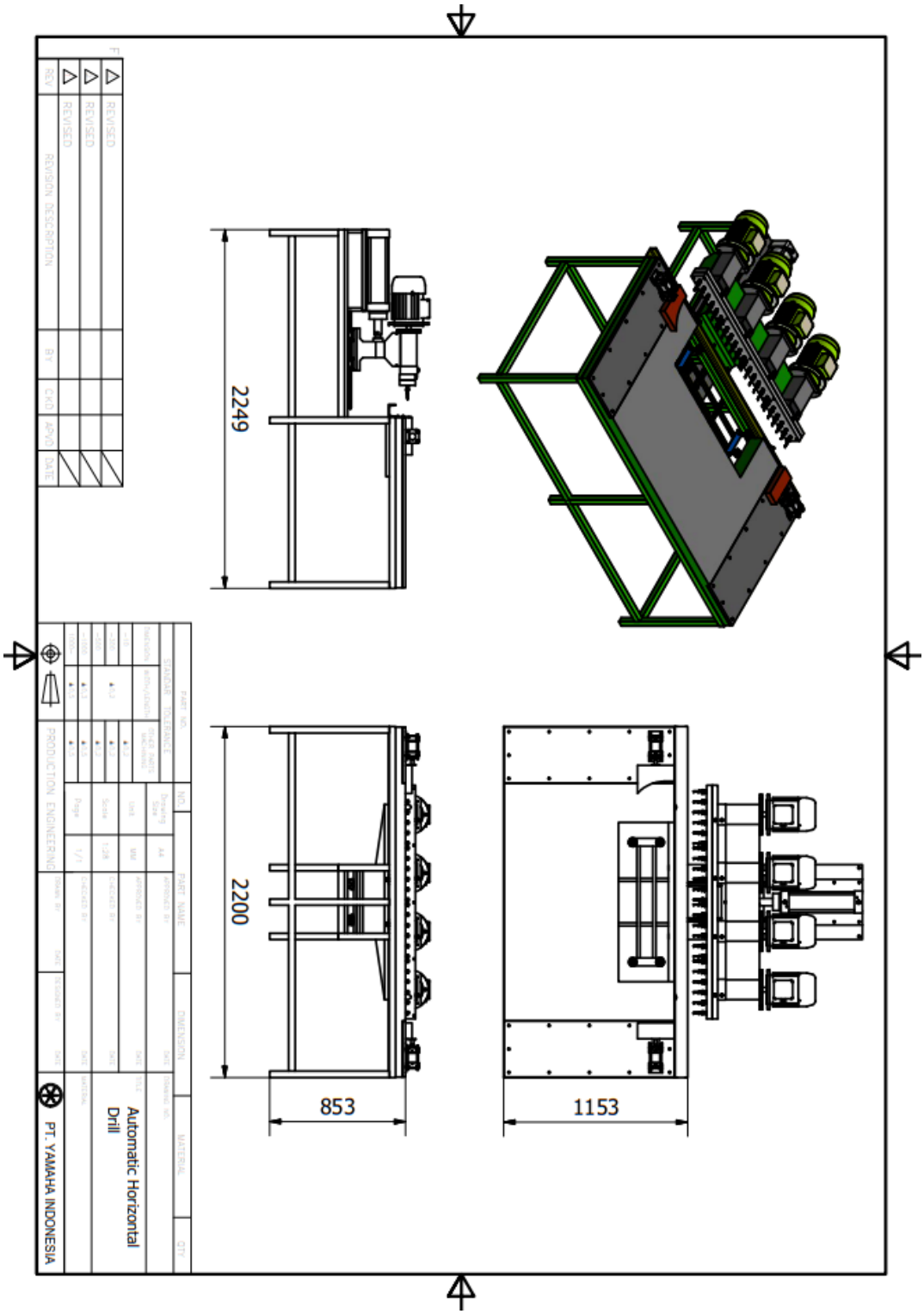
LAMPIRAN 8 *Bill of Material*

BOM Bore TOP BOARD FRONT REAR GP

No.	Part Name	Amount		Material / Maker	Spec.		Process	Estimation Price @	Estimation Price Total	Labour
	Electical part									
1	MCB 7 A	1	pc	Fuji	BW Series			Rp452.000	Rp452.000	
2	Fuse 10A	3	pc	Hanyoung	5 Ampere			Rp50.000	Rp150.000	
3	Trafo 300watt	1	pc	Matshuyoshi	step down 380 to 220 volt			Rp763.000	Rp763.000	
4	MCB 2A	1	pc	Schneider	single phase 6 Ampere 220 volt			Rp76.500	Rp76.500	
5	Pilot lamp	3	pc	Hanyoung	380 volt 5watt LED lamp			Rp50.000	Rp150.000	
6	Sign Tower 3 lamp	1	pc	Gold-vin	three colour 220 volt LED lamp			Rp550.000	Rp550.000	
7	Push Button 20mm (hijau)	2	pc	Fuji	AR25			Rp150.000	Rp300.000	
8	Push button 20mm (merah)	1	pc	Fuji	AR25			Rp150.000	Rp150.000	
9	Push button 20mm (kuning)	3	pc	Fuji	AR25			Rp150.000	Rp450.000	
10	emergency button 25mm	2	pc	Fuji	AR25			Rp175.500	Rp351.000	
11	Selector Switch	1	pc	Fuji	AR25			Rp175.500	Rp175.500	
12	magnetic contactor	3	pc	Mitshubishi	ST-10			Rp165.400	Rp496.200	
13	overload relay	3	pc	Mitshubishi	TH-T10 0.25A-1.5A			Rp235.000	Rp705.000	
14	Relay 220VAC plus soket	10	pc	Omron	MY4N			Rp75.000	Rp750.000	
15	Timer Delay plus socket	2	pc	Omron	H3CR			Rp325.000	Rp650.000	
16	Limit Switch	4	pc	Omron	SHL-Q2255			Rp350.000	Rp1.400.000	
17	Terminal block	40	pc	general	TR10			Rp37.000	Rp1.480.000	
18	Panel box control	1	pc	Traytek	60x40x20cm T:2mm			Rp350.000	Rp350.000	
19	Solenoid Valve	2	pc	SMC	VF32350			Rp1.021.000	Rp2.042.000	
20	Cable wiring motor	30	mtr	supreme	NYAF 4x1.5mm			Rp15.000	Rp450.000	
21	cable wiring control	2	roll	supreme	NYAF 0.75mm (biru merah)			Rp500.000	Rp1.000.000	
22	skun power dan motor	3	pak	general	4-2.5Y			Rp17.500	Rp52.500	
23	skun control	2	pak	general	3-1.25Y			Rp17.500	Rp35.000	
								Sub total	**Rp12.978.700**	
	Mechanical part									
1	Motor Bore	4	pc	Teco	AEVB 0.18KW 3000Rpm			Rp2.300.000	Rp9.200.000	
2	Linear Motion Guide (up down)	6	pc	Hiwin	EGW35CA			Rp750.000	Rp4.500.000	
3	Linear Motion Rail	3	pc	Hiwin	EGR35 (1000mm)			Rp1.000.000	Rp3.000.000	
4	Linear Motion Guide (centering)	5	pc	Hiwin	EGW15CA			Rp275.000	Rp1.375.000	
5	Linear Motion Rail	3	pc	Hiwin	EGR15 (200mm)			Rp350.000	Rp1.050.000	
6	Air Cylinder	1	pc	SMC	CA2G80-100			Rp3.153.000	Rp3.153.000	
7	Cylinder Centering	1	pc	SMC	CM2L32-100			Rp450.000	Rp450.000	
8	Vacuum Pad	4	pc	Betre	ZPT125HN-16 with buffer			Rp750.000	Rp3.000.000	
9	Ejector	4	pc	Betre	CV-15-S			Rp550.000	Rp2.200.000	
10	Air Regulator	1	pc	SMC	AW-01			Rp1.800.000	Rp1.800.000	
11	Filter	4	pc	Betre	ZFC100-08			Rp300.000	Rp1.200.000	
12	Boring Head	1	pc	Long-ger	Custom by design			Rp20.000.000	Rp20.000.000	
13	Countersink drill	12	pc	Nachi	Custom by design			Rp175.000	Rp2.100.000	
14	Long Drat M10	2	pc	General	M10			Rp75.000	Rp150.000	
15	Rod End	5	pc	IKO	PHS10			Rp88.000	Rp440.000	
								Sub total	**Rp53.618.000**	
	Machining part									
2	Main frame	1	UNIT	SS400	CUSTOM			Rp 12.000.000	Rp12.000.000	
3	Mounting Motor	1	UNIT	SS400	CUSTOM			Rp 5.000.000	Rp5.000.000	
4	Stopper	1	UNIT	SS400	CUSTOM			Rp 1.500.000	Rp1.500.000	
								Sub total	**Rp18.500.000**	
					Page 2					Rp0
								Grand Total	Rp85.096.700	

Page 1

LAMPIRAN 9 2D *DRAWING*



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. : 027 /YI/ PKL /III/2021

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

Nama	: NAUFAL SYAHRIZAL
Nomor Induk Mahasiswa	: 16525035
Jurusan	: TEHNIK MESIN
Fakultas	: TEKNOLOGI INDUSTRI
Alamat	: UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA –YOGYAKARTA

Telah melakukan program Internship melalui penelitian dan pengamatan untuk penyusunan Tugas Akhir dengan Judul *"Perancangan Mesin Automatic Horizontal Drill pada Proses Assembly Top Board Grand Piano di PT. Yamaha Indonesia"*.
Program ini dilaksanakan mulai Tanggal 26 Februari sampai dengan Tanggal 26 Agustus 2020.
Kami mengucapkan terima kasih atas usaha dan partisipasi yang telah diberikan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 9 Maret 2021

HRD Department

PT. YAMAHA INDONESIA

PT. YAMAHA INDONESIA
MAIN OFFICE JAKARTA

Kalkausar Chalid
Manager