

**Mempercepat Perpindahan yang Tidak Perlu Untuk Mengurangi  
*Standard Time* Pada Mesin *Level Buffing Auto* Di Departemen  
*Sanding Buffing GP* PT. Yamaha Indonesia**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Iqbal Maulana**

**No. Mahasiswa : 16525101**

**NIRM : 2016080692**

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

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**Mempercepat Gerakan yang Tidak Perlu Untuk Mengurangi  
*Standard Time* Pada Mesin *Level Buffing Auto* Di Departemen  
*Sanding Buffing GP* PT. Yamaha Indonesia**

### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Iqbal Maulana  
No. Mahasiswa : 16525101  
NIRM : 2016080692

Yogyakarta, 16 Agustus 2021

Pembimbing,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

### Mempercepat Gerakan yang Tidak Perlu Untuk Mengurangi *Standard Time* Pada Mesin *Level Buffing Auto* Di Departemen *Sanding Buffing GP* Pt. Yamaha Indonesia

#### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Iqbal Maulana

No. Mahasiswa : 16525101

NIRM : 2016080692

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.


Ketua



Tanggal : 08/09/2021

Purtojo, S.T., M.Sc.


Anggota I



Tanggal : 08/09/2021

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

Anggota II




Tanggal : 08/09/2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



  
Dr. Eng. Risdiyono, ST., M.Eng

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini ditulis oleh diri saya sendiri dan belum pernah diajukan ataupun ditulis oleh orang lain, kecuali teori -teori yang terdapat didalam tulisan ini dan saya sudah sebutkan sumbernya. Jika dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman sesuai ketetapan yang berlaku.

Bekasi, 25 Agustus 2021

A yellow rectangular stamp with a decorative border. On the left side, it says 'SIAPA BELI BUNYAM'. In the center, there is a Garuda emblem. On the right side, it says 'METERAL TEMPEL'. At the bottom, there is a serial number 'E50AJK433272500'. A handwritten signature in black ink is written across the stamp.

Muhammad Iqbal Maulana

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri.



## HALAMAN MOTTO

*“Jangan lupa yang lima waktu”*

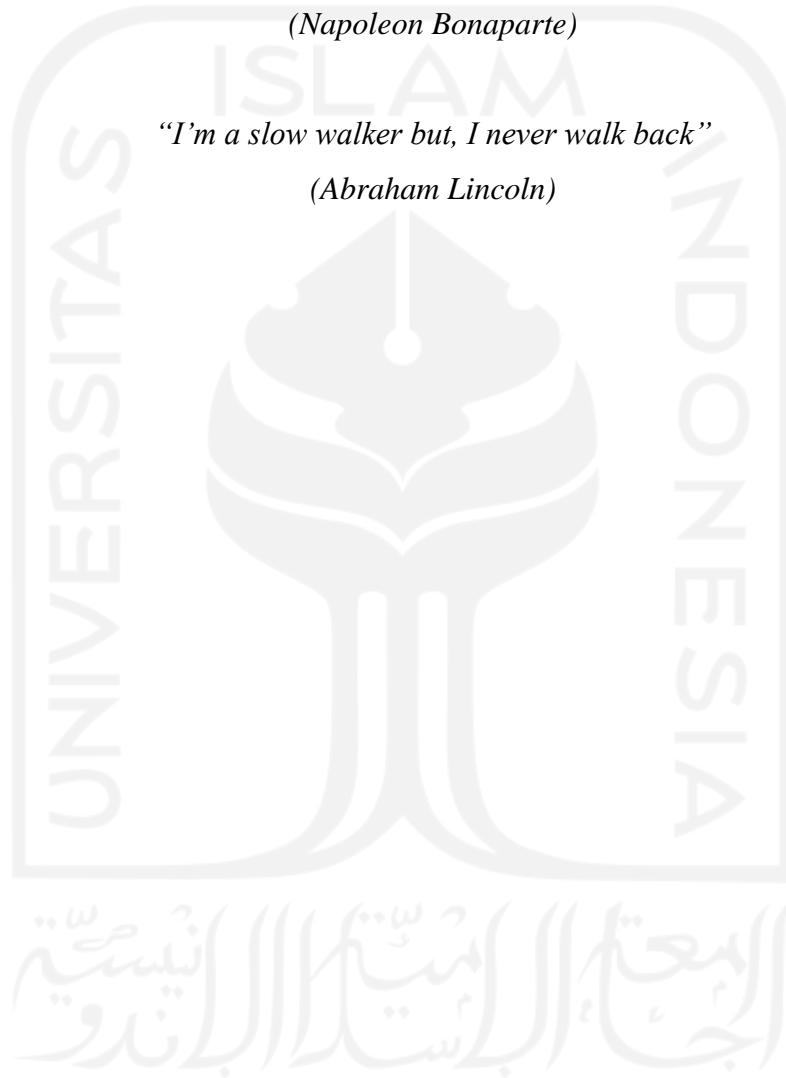
*(Ajiji Rohim)*

*“Un bon croquis vaut mieux qu’un long discours”*

*(Napoleon Bonaparte)*

*“I’m a slow walker but, I never walk back”*

*(Abraham Lincoln)*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan lancar. Sholawat beserta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah SAW, beserta keluarganya, sahabatnya, sampai kepada kita selaku umatnya.

Tugas akhir merupakan salah satu kegiatan yang wajib dilaksanakan oleh seluruh mahasiswa program studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana. Pelaksanaan tugas akhir ini dilaksanakan di PT. Yamaha Indonesia Departemen *Production Engineering* bagian *Facility* dan Fabrikasi.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini, penulis menapat banyak bantuan dan support dari berbagai pihak. Selanjutnya penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahnya penulis selalu diberikan kemudahan dan kelancaran dalam segala urusan dan aktivitas penulis selama menjalankan kerja praktik.
2. Keluarga tercinta, terutama Ayah, Ibu, dan Abah. Dimana mereka selalu memberikan doa dan support yang terbaik bagi penulis selama menjalani penyusunan laporan kerja praktik dan pada saat program kerja praktiknya itu sendiri sedang berlangsung.
3. Safira Ardy Pelita Fadila, selaku *support system*. Karena berkat support, dan doa beliau saya bisa menjalankan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini dengan penuh semangat.
4. Risdiyono, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ijin dan persetujuan bagi penulis untuk mengikuti program pelaksanaan tugas akhir di PT. Yamaha Indonesia.
5. Dr. Paryana Puspaputra Ir., M.Eng selaku pembimbing tugas akhir penulis, terima kasih untuk saran serta nasehat yang baik dalam proses bimbingan selama menjalani tugas akhir sehingga penulis dapat mengambil hikmah dari segala nasehat yang diberikan.

6. Seluruh jajaran direksi beserta karyawan PT. Yamaha Indonesia yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, penulis ucapkan terima kasih untuk ilmu yang telah diberikan serta pengalaman bahwa ketekunan, ketelitian, kerja keras, serta kedisiplinan dalam bekerja adalah kunci kesuksesan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Maka dari itu penulis mengharapkan kritik saran dan masukan yang bersifat membangun untuk penulisan yang lebih baik. Akhir kata, semoga laporan kerja praktik ini dapat memberikan banyak manfaat bagi penulis khususnya, dan bagi pembaca umumnya.





## ABSTRAK

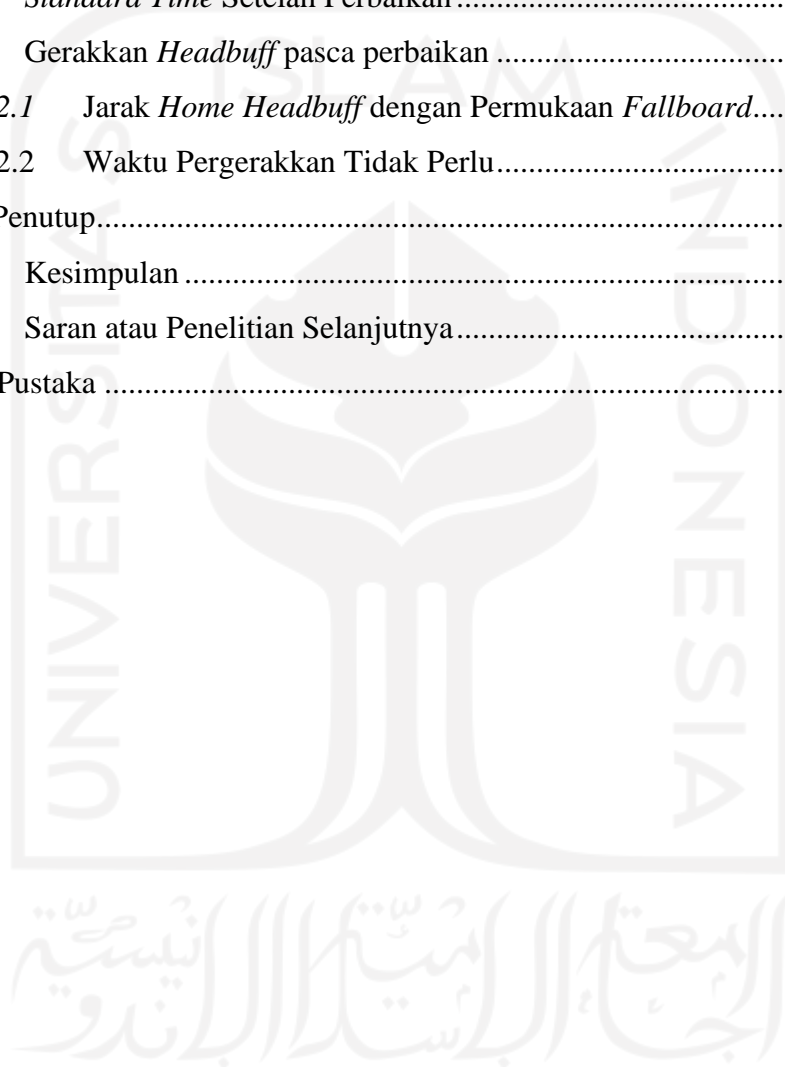
PT. Yamaha Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufakturing yang khusus untuk pembuatan piano. Ada beberapa proses produksi dalam pembuatan piano agar menghasilkan produk yang berkualitas. Departemen *Sanding Buffing GP* merupakan departemen kedua dalam alur proses pembuatan piano. Didalam department tersebut terdapat mesin *level buffing auto* yang bertugas untuk melakukan pemolesan tahap pertama terhadap *fallboard* sebelum dilakukan proses *buffing* yang lainnya. Namun, kecepatan waktu proses mesin *level buffing* tersebut cukup lama. Akibatnya, target harian dari mesin tersebut tidak bisa terpenuhi dan terdapat pemborosan menunggu. Salah satu penyebab lamanya proses dari mesin *level buffing auto* yaitu, dikarenakan adanya pergerakan tidak perlu yang membutuhkan waktu yang cukup lama. Pergerakan yang tidak perlu tersebut akan dipercepat sehingga waktu proses *buffing* bisa berkurang. Metode yang digunakan untuk mempercepat waktu yang tidak perlu tersebut yaitu dengan pemasangan *ballscrews double pitch* atau *multi-start*.

Kata Kunci: *Ballscrews Multi-start, Double Pitch Ball Screws, Multi-Thread Screws*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iii
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak .....	ix
Daftar Isi .....	x
Daftar Gambar .....	xii
Daftar Diagram .....	xiii
Daftar Tabel.....	xiv
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 <i>Plan – Do – Check – Act</i> .....	6
2.2.2 <i>Standard Time</i> .....	7
2.2.3 <i>Ball Screws</i> .....	7
2.2.4 <i>Feed Drives</i> .....	8
Bab 3 Metode Penelitian.....	9
3.1 Alur Penelitian .....	9
3.2 Peralatan dan Bahan.....	9
3.3 Hasil Pengamatan .....	9
3.3.1 Waktu Proses .....	9

3.3.2	Kapasitas Mesin <i>Level Buffing Auto</i> .....	10
3.3.3	Pemilihan Metode Perbaikan.....	11
3.3.4	Perhitungan dan Pemilihan Ball Screw .....	12
3.3.5	Gerak <i>Head Buff</i> .....	14
3.4	Identifikasi Masalah.....	18
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	19
4.1	<i>Standard Time</i> Setelah Perbaikan .....	19
4.2	Gerakkan <i>Headbuff</i> pasca perbaikan .....	20
4.2.1	Jarak <i>Home Headbuff</i> dengan Permukaan <i>Fallboard</i> .....	20
4.2.2	Waktu Pergerakkan Tidak Perlu.....	22
Bab 5	Penutup.....	25
5.1	Kesimpulan .....	25
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	25
Daftar Pustaka	.....	26



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Mesin <i>Level Buffing Auto</i> .....	2
Gambar 3. 1 <i>Ball screw</i> kondisi saat ini .....	12
Gambar 3. 2 Arah gerak posisi satu <i>fallboard UP</i> .....	15
Gambar 3. 3 Jarak awal <i>catridge</i> dengan posisi satu <i>fallboard UP</i> .....	15
Gambar 3. 4 Arah gerak posisi dua <i>fallboard UP</i> .....	15
Gambar 3. 5 Jarak awal <i>catridge</i> dengan posisi dua <i>fallboard UP</i> .....	16
Gambar 3. 6 Arah gerak posisi satu <i>fallboard GP</i> .....	16
Gambar 3. 7 Jarak awal <i>catridge</i> dengan posisi satu <i>fallboard GP</i> .....	16
Gambar 3. 8 Arah gerak posisi dua <i>fallboard GP</i> .....	17
Gambar 3. 9 Jarak awal <i>catridge</i> dengan posisi dua <i>fallboard GP</i> .....	17
Gambar 3. 10 Arah gerak posisi tiga <i>fallboard GP</i> .....	17
Gambar 3. 11 Jarak awal <i>catridge</i> dengan posisi tiga <i>fallboard GP</i> .....	18
Gambar 4. 1 Perbandingan Jarak Posisi Satu Antara <i>Headbuff</i> dan Permukaan <i>fallboard GP</i> .....	20
Gambar 4. 2 Perbandingan Jarak Posisi Dua Antara <i>Headbuff</i> dan Permukaan <i>fallboard GP</i> .....	20
Gambar 4. 3 Perbandingan Jarak Posisi Tiga Antara <i>Headbuff</i> dan Permukaan <i>fallboard GP</i> .....	21
Gambar 4. 4 Perbandingan Jarak Posisi Satu Antara <i>Headbuff</i> dan Permukaan <i>fallboard UP</i> .....	21
Gambar 4. 5 Perbandingan Jarak Posisi Dua Antara <i>Headbuff</i> dan Permukaan <i>fallboard UP</i> .....	21
Gambar 4. 6 Waktu Setiap Pergerakkan pada Posisi <i>Fallboard GP</i> satu .....	22
Gambar 4. 7 Waktu Setiap Pergerakkan pada Posisi <i>Fallboard GP</i> Dua .....	22
Gambar 4. 8 Waktu Setiap Pergerakkan pada Posisi <i>Fallboard GP</i> Tiga .....	23
Gambar 4. 9 Waktu Setiap Pergerakkan pada Posisi <i>Fallboard UP</i> Satu .....	23
Gambar 4. 10 Waktu Setiap Pergerakkan pada Posisi <i>Fallboard UP</i> Dua .....	24

## DAFTAR DIAGRAM

Diagram 3. 1 Alur Penelitian.....9



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel waktu proses <i>fallboard GP</i> .....	10
Tabel 3. 2 Tabel waktu proses <i>fallboard UP</i> .....	10
Tabel 3. 3 Waktu produksi <i>fallboard</i> .....	10
Tabel 3. 4 Jumlah target produksi perhari .....	11
Tabel 3. 5 Ukuran <i>ballscrew</i> yang tersedia .....	14
Tabel 5. 1 <i>Standard Time Level Buffing Auto</i> untuk proses <i>fallboard GP</i> pasca perbaikan .....	19
Tabel 5. 2 <i>Standard Time Level Buffing Auto</i> untuk proses <i>fallboard UP</i> pasca perbaikan .....	19
Tabel 5. 3 Selisih Total Waktu .....	19

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Yamaha Indonesia merupakan sebuah perusahaan yang memproduksi piano yang siap dipasarkan. Dalam memproduksi piano, PT. Yamaha Indonesia membagi proses produksinya menjadi empat tahapan yaitu, *wood working*, *painting*, *sanding buffing*, dan *assembly*. Pada setiap proses produksinya, PT. Yamaha Indonesia menerapkan *kaizen* untuk peningkatan yang terus menerus dan menjaga kualitas dari piano yang diproduksi.

Mesin *Level Buffing Auto* merupakan mesin yang berada pada *department sanding & buffing panel GP* di PT. Yamaha Indonesia, yang berfungsi untuk menghaluskan permukaan *fallboard* setelah melalui proses *sanding* untuk kabinet *Fallboard All Model*. Mesin *Level Buffing Auto* ini merupakan proses pertama di bagian *buffing* setelah *fallboard* melalui proses *sanding*. *Plan* output per hari dari mesin ini cukup banyak karena memproses semua model kabinet *Fallboard*. Karena *plan output* yang cukup banyak, mesin ini harus mampu memproses kabinet *fallboard* dengan waktu yang singkat dan kapasitas yang banyak.

Mesin ini digerakkan oleh 4 motor dengan pembagian tugas: satu motor untuk gerak naik-turun dari *headbuff*, satu motor untuk gerak maju-mundur meja kerja, satu motor untuk gerak kanan-kiri *headbuff*, dan satu motor lagi berfungsi agar *headbuff* bergerak zig-zag saat melakukan proses *buffing*. Seluruh gerakan dari mesin ini terkoneksi langsung dengan panel PLC. Jadi, Ketika mesin ini akan dioperasikan, operator cukup memasang *fallboard* pada *jig* yang berada di meja kerja, lalu melakukan *setting* pada bagian PLC panel kontrol. *Headbuff* tersambung dengan *ball screw* untuk gerakan axis X. *Ball screw* nya itu sendiri tersambung dengan *motor reducer* dan *motor encoder* untuk mengatur putaran dan jarak dari *headdbuff*.

Karena mesin ini dinamakan *Auto*, maka ketika mesin ini beroperasi operator dapat melakukan pekerjaan yang lain. Mesin ini juga mampu melakukan

proses *buffing* pada kabinet *fallboard all model*. Namun, gerakan proses dari *headbuff* -nya masih lambat dan membuat proses dari mesin ini cukup lama.

Meskipun demikian, kelemahan dari mesin *Level Buffing Auto* dimana gerakan dari *headbuff* atau *unvaluable moving* yang cukup lama menjadi masalah pada mesin tersebut. Permasalahannya itu, membuat proses produksi memakan waktu yang cukup lama.

*Unvaluable Moving* atau perpindahan yang tidak perlu merupakan perpindahan yang dialami oleh *headbuff* dan tidak berpengaruh pada proses produksi. Pada dasarnya perpindahan tersebut tidak diinginkan atau tidak diperlukan tapi dalam kasus ini perpindahan tersebut tidak bisa dihilangkan hanya bisa dipercepat atau dikurangi waktu perpindahannya.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dijadikan topik tugas akhir dengan judul “Mempercepat Waktu Perpindahan yang Tidak Perlu Untuk Mengurangi *Standard Time* Pada Mesin *Level Buffing Auto* di Departemen *Sanding Buffing GP* PT. Yamaha Indonesia”.



**Gambar 1. 1** Mesin *Level Buffing Auto*

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka penulis dapat menguraikan rumusan masalah yang akan diteliti sebagai berikut:

1. Apa saja yang mempengaruhi kecepatan gerak yang tidak diperlukan pada mesin *level buffing auto*?
2. Bagaimana metode yang paling efektif untuk mempercepat gerakan yang tidak perlu pada mesin *level buffing auto*?



3. Bagaimana hasil dari mempercepat gerakan yang tidak perlu pada mesin *level buffing auto*?

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Penelitian dilakukan di kelompok kerja *buffing GP* PT. Yamaha Indonesia
2. Penelitian ini membahas tentang kecepatan gerak yang tak perlu
3. Tidak membahas tentang program PLC
4. Tidak membahas tentang kekuatan struktur mesin

### **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mempercepat gerakan yang tak perlu dengan metode yang efektif sehingga proses produksi menjadi lebih cepat.

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

1. Mempercepat gerakan yang tak perlu dari mesin *level buffing auto*
2. Mengurangi waktu proses produksi
3. Meningkatkan produktifitas pada bagian *buffing GP*

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab agar lebih mudah dan terstruktur pembahasannya. Bab I membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian atau perancangan, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Selanjutnya di Bab II membahas tentang kajian Pustaka dan landasan teori pendukung untuk penelitian ini. Bab III membahas tentang alur penelitian, alat dan bahan serta tahapan – tahapan proses kerja. Bab IV membahas tentang hasil yang diperoleh dari penelitian. Lalu di Bab

V dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.

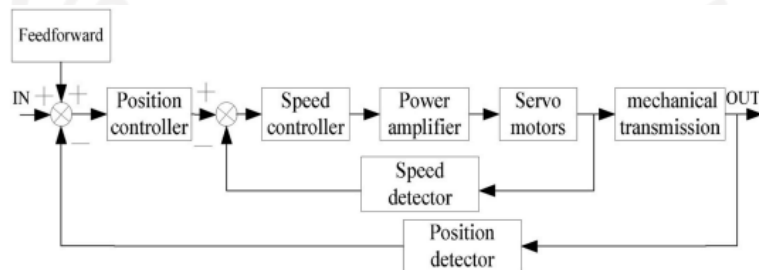


## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Mesin yang memiliki banyak sumbu gerak merupakan peralatan dasar dalam dunia manufaktur. Kinerja dari mesin yang memiliki banyak sumbu memiliki dampak penting bagi kualitas dan pemrosesan benda kerja. (Zhang, et al., 2021).



Gambar 2. 1 *Feed Drive System*

(sumber : *Precision Engineering*)

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia, pembaruan merupakan suatu kegiatan, cara, atau perbuatan membarui yang sifatnya berkaitan dengan teknologi dan ekonomi untuk menghasilkan sesuatu yang baru atau menghapuskan kesalahan fungsi dan system yang telah ada.



Gambar 2. 2 *Grand Baby Piano*

(Sumber: Google Image)

Dalam sebuah alat musik piano, terdapat sebuah kabinet yang dinamakan *fallboard*. *Fallboard* berfungsi sebagai penutup *tuts* dari piano Ketika piano

tersebut sedang tidak digunakan. *Fallboard* terpasang disemua model piano yang diproduksi oleh PT. Yamaha Indonesia. Pada proses produksinya, kabinet *fallboard* melewati proses *buffing* dimana proses tersebut berfungsi untuk memoles piano dan menghilangkan bekas proses *sanding*. Dalam Proses *buffing* di PT. Yamaha Indonesia, tahapan pertamanya yaitu kabinet masuk ke mesin *level buffing auto*. Proses *buffing* cukup memakan waktu yang sangat lama karena membutuhkan beberapa posisi penempatan kabinet untuk memoles seluruh permukaan dari kabinet tersebut. Selain itu yang membuat proses *level buffing auto* menjadi lama juga karena pergerakan yang tak perlu yaitu perpindahan *headbuff* cukup memakan waktu yang lama sehingga proses produksi menjadi cukup lama. Dengan adanya pembaruan pada gerakan yang tak perlu tersebut diharapkan mesin *level buffing auto* bisa bekerja dengan waktu yang relatif lebih cepat dan bisa menambah kapasitas produksi. Tujuan dari pembaruan pada gerakan yang tak perlu tersebut yaitu untuk mengurangi waktu gerak yang dialami oleh *headbuff* pada mesin *level buffing auto*.

## **2.2 Dasar Teori**

*Feed drives* berfungsi untuk memposisikan komponen atau bagian dari mesin dan membawa benda kerja ke lokasi yang diinginkan. Oleh karena itu akurasi dan kecepatan dari *feed drives* memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap kualitas dan produktivitas dari suatu mesin (Altintas, Verl, Brecher, Uriarte, & Pritschow, 2011). Beberapa landasan teori yang mendukung untuk pembaruan dari *feed drives* yang digunakan sebagai berikut.

### **2.2.1 Plan – Do – Check – Act**

Siklus PDCA merupakan tahapan pertama dalam pelaksanaan *kaizen* sebagai penjamin terlaksananya penerapan *kaizen* yang berkesinambungan.

Menurut (Imai, 2005) rencana (*plan*) bertujuan untuk menetapkan target untuk perbaikan, karena *kaizen* merupakan cara hidup, maka perbaikan untuk semua bidang harus selalu ada. Selanjutnya ada periksa

(*check*) yang bertujuan untuk penetapan apakah penerepan sesuai dengan rencana dan untuk memantau sejauh mana perbaikan telah dilaksanakan. Tindak (*action*) bertujuan untuk membuat standar yang baru agar tidak terjadi masalah yang berulang serta untuk menetapkan sasaran selanjutnya.

### **2.2.2 Standard Time**

Di dalam dunia Industri ada yang namanya *standard time*. *Standard time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh operator dengan kecepatan yang normal untuk melaksanakan pekerjaan sesuai metode yang telah diberikan (Zandin, 2001).

Kegunaan dari *standard time* yaitu untuk :

1. *Line Balance*
2. Perencanaan beban kerja
3. Perencanaan kebutuhan material
4. Simulasi pekerjaan
5. Pembayaran gaji
6. Perhitungan biaya
7. Evaluasi kinerja karyawan

Adapun teknik yang digunakan untuk mengetahui *standard time* yaitu:

1. *Predetermined motion time system*
2. *Time study*
3. *Work sampling*
4. *Standard data system* (Groover, 2007)

### **2.2.3 Ball Screws**

*Ball screws* merupakan komponen mekanik yang sangat penting yang mana fungsinya untuk mengubah gerakan rotasi menjadi gerak linear dengan tingkat presisi yang tinggi. Penggunaan dari *ball screws* sudah sangat banyak ditemukan di dalam sistem pemesinan yang membutuhkan tingkat presisi yang sangat tinggi seperti, sistem *feed drive* untuk *machine tools* dan kebutuhan tingkat presisi yang

tinggi untuk *leveling tools* didalam komponen pesawat tempur dan misil. (Li, et al., 2018).

Dalam *multi-start thread*, *lead* bisa meningkat dengan cara meningkatkan jumlah *pitch* tanpa mengubah ukuran dari *pitch*. Untuk *double start* berarti *lead* dapat bergerak sebanyak dua kali dari ukuran *pitch*. Intinya, *multi-start thread* ini berguna untuk membuat perpindahan lebih cepat tanpa mengubah ukuran dari *pitch*.

#### **2.2.4 Feed Drives**

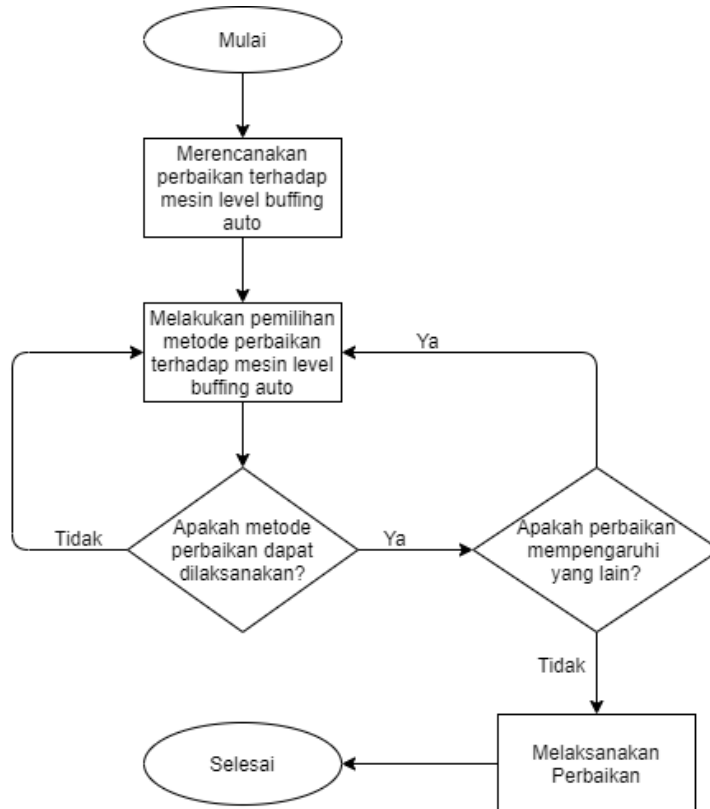
*Feed drives* berfungsi untuk menempatkan komponen mesin yang membawa *cutting tools* atau benda kerja ke titik yang diinginkan. Maka dari itu kecepatan pindah posisi dan akurasi menentukan kualitas dan produktivitas dari mesin itu sendiri (Altintas, Verl, Brecher, Uriarte, & Pritschow, 2011).

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Alur dari penelitian ini sebagai berikut:



**Diagram 3. 1 Alur Penelitian**

#### 3.2 Peralatan dan Bahan

Untuk peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *level buffing auto*, kabinet *fallboard GP*, kabinet *fallboard UP/PPR*, dan *Stopwatch*.

#### 3.3 Hasil Pengamatan

##### 3.3.1 Waktu Proses

.Perhitungan waktu proses dilakukan dengan metode *standard time* yang diambil dengan cara merekam seluruh kegiatan proses dari awal hingga akhir dan

menghitungnya menggunakan *stopwatch*. Dalam proses *level buffing auto*, waktu proses antara *fallboard UP* dan *fallboard GP* memiliki perbedaan waktu yang mencolok. Proses *fallboard GP* memiliki waktu yang lebih lama dibanding *fallboard UP*. Selanjutnya waktu proses akan ditampilkan dalam table berikut:

a. *Fallboard GP*

Proses	Waktu
ST Proses	27.98 Menit
Waktu Proses	15.14 Menit
Unvaluable movement	7.42 Menit
Unvaluable Back to home	5.42 Menit

**Tabel 3. 1** Tabel waktu proses *fallboard GP*

Proses *fallboard GP* memerlukan total waktu 27,98 menit untuk menghasilkan output sebuah *fallboard GP*. Waktu tersebut sudah termasuk waktu pergerakan yang tidak diperlukan selama 7,42 menit dan waktu yang tidak diperlukan untuk kembali ke posisi *stand by* selama 5,42 menit, yang mana untuk waktu prosesnya saja memerlukan waktu 15,14 menit.

b. *Fallboard UP*

ST Proses	11.78 Menit
Waktu Proses	4.28 Menit
Unvaluable movement	3.83 Menit
Unvaluable Back to home	3.67 Menit

**Tabel 3. 2** Tabel waktu proses *fallboard UP*

Proses *fallboard UP* memerlukan total waktu 11,78 menit, untuk menghasilkan output sebuah *fallboard UP*. Waktu tersebut sudah termasuk waktu pergerakan yang tidak diperlukan selama 3,83 menit dan waktu yang tidak diperlukan untuk kembali ke posisi *stand by* selama 7,43 menit, yang mana untuk waktu prosesnya saja memerlukan waktu 3,67 menit

### 3.3.2 Kapasitas Mesin *Level Buffing Auto*

Waktu yang digunakan sebelum perbaikan			
Model	Output	Total Waktu	
GP	6.00	167.85	Menit
UP	56.00	659.87	Menit
Total		827.72	Menit

**Tabel 3. 3** Waktu produksi *fallboard*



### Target Produksi per Hari

GP	23	unit/hari
UP & PPR	69	unit/hari
NG	28	unit/hari

Tabel 3. 4 Jumlah target produksi perhari

Waktu kerja dari PT. Yamaha Indonesia adalah 835 menit. Dari waktu tersebut maka dapat dihitung kapasitas mesin yang tersedia pada saat ini menunjukkan bahwa mesin *level buffing auto* mampu menghasilkan output *fallboard GP* sebanyak 6,11 unit dalam waktu 171,18 Menit. Sedangkan kemampuan mesin *level buffing auto* untuk menghasilkan output *fallboard UP* hanya mampu 56,33 unit dalam waktu 663,83 menit. Dilihat pada Tabel 3.4 yang menunjukkan target produksi dari PT. Yamaha Indonesia bahwa *level buffing auto* belum bisa mencapai target yang diharapkan.

### 3.3.3 Perhitungan Axial Load



Gambar 3. 1 Beban yang dibawa Mesin

Diketahui:

Total Massa : 85 kg = 833 N

g : 9,8 m/s<sup>2</sup>

Panjang : 860 mm

$$F_{axial\ load} = \sqrt[3]{\frac{833^3 \times 860}{860}}$$

= 833 N

Jadi untuk *axial load* pada mesin *level buffing auto* sebesar 833 N.

### 3.3.4 Pemilihan Metode Perbaikan

Kecepatan perpindahan dari *headbuff* dipengaruhi oleh *ball screw* dan motor yang digunakan. *Ball screw* yang digunakan memiliki *pitch* sebesar 2,5 mm, dan motor yang digunakan memiliki kecepatan putar sebesar 191 rpm. Mesin *headbuff* ini memiliki load sebesar 65 kg. Jika dilakukan peningkatan kecepatan putar tanpa dengan tetap mempertahankan *ballscrew* 2,5 mm maka *lifetime* dari *ballscrew* akan singkat dikarenakan membawa beban yang cukup besar. Disamping itu dikarenakan perpindahan *headbuff* juga memerlukan kepresisian dan membawa beban yang berat maka dilakukan perbaikan terhadap *ball screw* yang digunakan.

### 3.3.5 Perhitungan dan Pemilihan Ball Screw

Pada kondisi saat ini, *ballscrew* yang digunakan masih menggunakan *single start* dengan *pitch* ukuran 2,5 mm yang artinya, setiap putaran hanya mampu memindahkan benda sejauh 2,5 mm.



**Gambar 3. 2 Ball screw kondisi saat ini**

Diketahui bahwa panjang gerak dari *ball screw* saat ini dengan waktu perpindahan 1,8 menit yaitu 860 mm, dengan *pitch* 2,5 mm dan memiliki output 191 rpm. *Pitch* merupakan jarak gerak *ball screw* untuk satu putaran, maka jumlah putaran untuk 860 mm dapat diketahui dengan cara:

$$\text{Pitch} = \frac{\text{Panjang Travel}}{\text{Jumlah putaran}}$$

$$\text{Jumlah putaran} = \frac{\text{Panjang Travel}}{\text{Pitch}}$$

$$\text{Jumlah putaran} = \frac{860 \text{ mm}}{2,5 \text{ mm}}$$

$$\text{Jumlah putaran} = 344 \text{ Putaran}$$

Selanjutnya, dicari kecepatan perpindahan *headbuff*:

$$s = 860 \text{ mm} = 0,86 \text{ m}$$

$$t = 1,8 \text{ minutes} = 140 \text{ detik}$$

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

$$v = \frac{0,86 \text{ m}}{122 \text{ s}}$$

$$v = 0.006 \text{ m/s}$$

Jadi, dapat diketahui bahwa *ballscrew* sepanjang 860 mm memiliki 344 putaran.

Target pengurangan waktu yaitu sebanyak 50%, maka waktu yang diinginkan setelah perubahan adalah 0,9 menit.

$$\text{Waktu} = \frac{\text{Putaran}}{\text{rpm}}$$

$$\text{Jumlah Putaran} = \frac{191 \text{ rpm}}{0,9 \text{ menit}}$$

$$\text{Jumlah putaran} = 212,22 \text{ rotation}$$

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

$$v = \frac{0,86 \text{ m}}{61 \text{ s}}$$

$$v = 0,01 \text{ m/s}$$

Untuk menempuh waktu 0,9 menit, maka jumlah putaran yang dibutuhkan yaitu 212,22 putaran dan kecepatannya 0,01 m/s. Sedangkan *pitch* yang dibutuhkan dapat dicari sebagai berikut:

$$\text{Pitch} = \frac{\text{Panjang Travel}}{\text{Jumlah putaran}}$$

$$Pitch = \frac{860 \text{ mm}}{212,22 \text{ rotation}}$$

$$Pitch = 4,05 \text{ mm}$$

Maka ukuran minimal *pitch* yang diperlukan yaitu 4,05 mm, selanjutnya disesuaikan dengan *datasheet* yang ada untuk mencari *ballscrew* yang memiliki *pitch* 4,05 mm.

Screw shaft outer diameter d	Lead Ph	Model No.	Ball center-to-center diameter dp	Thread minor diameter dc	No. of loaded circuits Rows x turns	Basic load rating		Rigidity K
						Ca kN	C <sub>a</sub> kN	
32	4	BIF 3204-10	32.5	30.1	2×2.5	10.5	35.4	1010
		DIK 3204-6	32.5	30.1	3×1	6.4	19.6	580
		DIK 3204-8	32.5	30.1	4×1	8.2	26.1	760
		DIK 3204-10	32.5	30.1	5×1	10	32.7	940
	5	DIK 3205-6	32.75	29.2	3×1	11.1	30.2	620
		DIK 3205-8	32.75	29.2	4×1	14.2	40.3	810
		○ BIF 3205-5	32.75	29.2	1×2.5	10.2	28.1	570
		○ BIF 3205-6	32.75	29.2	2×1.5	12	33.8	690
		○ BIF 3205-10	32.75	29.2	2×2.5	18.5	56.4	1110
	6	○ BNFN 3205-7.5	32.75	29.2	3×2.5	26.3	84.5	1640
		DIK 3206-6	33	28.4	3×1	14.9	37.1	630
		DIK 3206-8	33	28.4	4×1	19.1	49.5	820
		○ BIF 3206-5	33	28.4	1×2.5	13.9	35.2	600
		○ BIF 3206-6	33	28.4	2×1.5	16.3	42.2	710
		○ BIF 3206-7	33	28.4	1×3.5	18.5	49.2	810
○ BIF 3206-10	33	28.4	2×2.5	25.2	70.4	1150		

Tabel 3. 5 Ukuran *ballscrew* yang tersedia

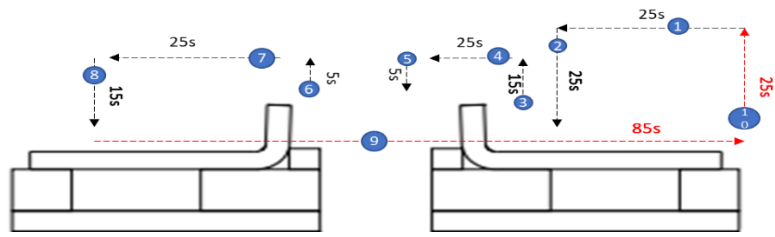
Dilihat dari *datasheet*, *ballscrew* yang memiliki ukuran *pitch* minimal 4,05 mm yaitu *ballscrew* dengan tipe BIF 3206-10. Tipe tersebut memiliki *pitch* 2,5 mm namun dengan *double pitch* yang mana satu putarannya memiliki jarak 5 mm.

### 3.3.6 Gerak *Head Buff*

Gerak *headbuff* merupakan gerakan *catridge* pada saat memproses pemolesan permukaan dari *fallboard Upright Piano* dan *Grand Piano*. Posisi penempatan *fallboard* antara *Upright Piano* dan *Grand Piano* pada *jig* nya tentu berbeda karena adanya perbedaan gerakan *catridge* itu sendiri. Pengambilan waktu dan arah gerak dari *headbuff* dilakukan dengan cara merekam menggunakan kamera dan *stopwatch*.

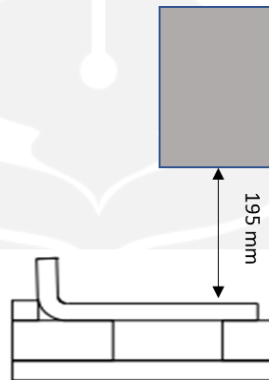
1. Gerakan *headbuff* untuk *fallboard Upright Piano*

*Fallboard Upright Piano* memiliki dua posisi sebagai berikut:

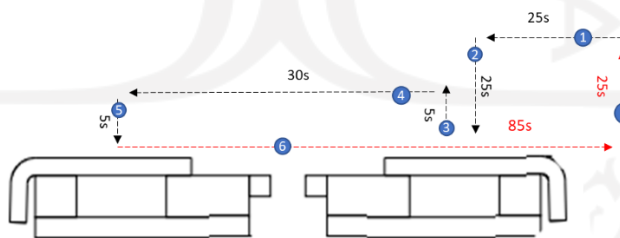


**Gambar 3. 3 Arah gerak posisi satu *fallboard UP***

Gambar 3.2 menunjukkan arah gerak dan waktu yang ditempuh oleh *headbuff* dalam satuan detik. Posisi satu *Upright Piano* memiliki sepuluh langkah dimana langkah satu sampai delapan merupakan arah dan waktu perpindahan *headbuff* selama proses *buffing* berlangsung, dan langkah delapan hingga sepuluh merupakan arah dan waktu perpindahan *buffing* menuju posisi nol.

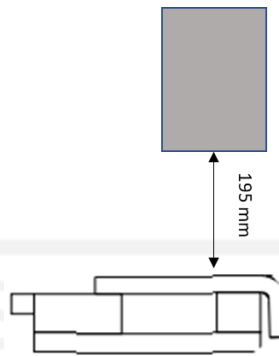


**Gambar 3. 4 Jarak awal *cartridge* dengan posisi satu *fallboard UP***



**Gambar 3. 5 Arah gerak posisi dua *fallboard UP***

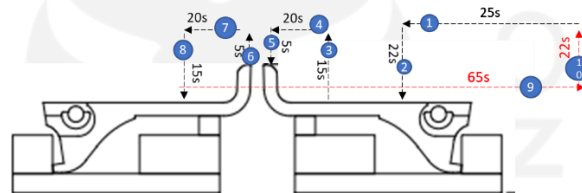
Gambar 3.4 menunjukkan arah gerak dan waktu yang ditempuh oleh *headbuff* dalam satuan detik. Posisi dua *Upright Piano* memiliki tujuh langkah dimana langkah satu sampai lima merupakan arah dan waktu perpindahan *headbuff* selama proses *buffing* berlangsung, dan langkah enam hingga tujuh merupakan arah dan waktu perpindahan *buffing* menuju posisi nol.



**Gambar 3. 6 Jarak awal cartridge dengan posisi dua fallboard UP**

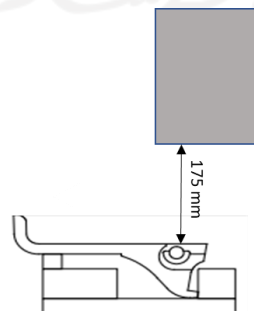
2. Gerakkan *headbuff* untuk *fallboard Grand Piano*

*Fallboard Grand Piano* memiliki tiga posisi sebagai berikut:

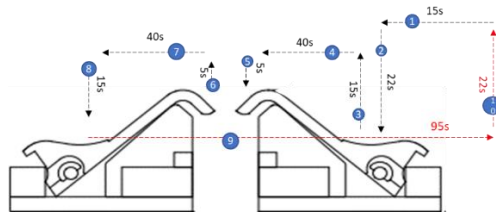


**Gambar 3. 7 Arah gerak posisi satu fallboard GP**

Gambar 3.6 menunjukkan arah gerak dan waktu yang ditempuh oleh *headbuff* dalam satuan detik. Posisi satu *Grand Piano* memiliki sepuluh langkah atau sepuluh arah dimana langkah satu sampai delapan merupakan arah dan waktu perpindahan *headbuff* selama proses *buffing* berlangsung, dan langkah delapan hingga sepuluh merupakan arah dan waktu perpindahan *buffing* menuju posisi nol.

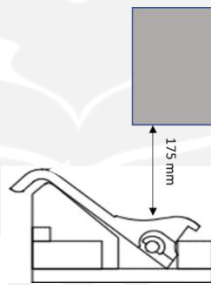


**Gambar 3. 8 Jarak awal cartridge dengan posisi satu fallboard GP**

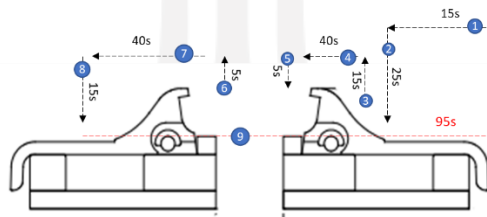


**Gambar 3. 9 Arah gerak posisi dua *fallboard GP***

Gambar 3.8 menunjukkan arah gerak dan waktu yang ditempuh oleh *headbuff* dalam satuan detik. Posisi dua *Grand Piano* memiliki sepuluh langkah atau sepuluh arah dimana langkah satu sampai delapan merupakan arah dan waktu perpindahan *headbuff* selama proses *buffing* berlangsung, dan langkah delapan hingga sepuluh merupakan arah dan waktu perpindahan *buffing* menuju posisi nol.

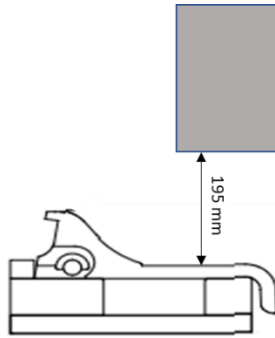


**Gambar 3. 10 Jarak awal *cartridge* dengan posisi dua *fallboard GP***



**Gambar 3. 11 Arah gerak posisi tiga *fallboard GP***

Gambar 3.10 menunjukkan arah gerak dan waktu yang ditempuh oleh *headbuff* dalam satuan detik. Posisi tiga *Grand Piano* memiliki sepuluh langkah atau sepuluh arah dimana langkah satu sampai delapan merupakan arah dan waktu perpindahan *headbuff* selama proses *buffing* berlangsung, dan langkah delapan hingga sepuluh merupakan arah dan waktu perpindahan *buffing* menuju posisi nol.



Gambar 3. 12 Jarak awal *cartridge* dengan posisi tiga *fallboard GP*

### 3.4 Identifikasi Masalah

Dari hasil observasi dilapangan dapat disimpulkan bahwa mesin *level buffing* auto memiliki waktu yang tidak diperlukan 12,84 menit untuk proses *Fallboard GP*, dan 7,5 menit untuk *Fallboard UP*. Dilihat dari target output dan output yang dihasilkan menunjukkan bahwa mesin *level buffing auto* masih belum bisa mencapai target yang diharapkan. Maka dari itu, waktu yang tidak diperlukan pada gerakan *level buffing auto* perlu diminimalisir agar tidak memakan waktu yang lama dan tidak menimbulkan pemborosan.



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 *Standard Time Setelah Perbaikan*

GP	ST Proses	21.49 Menit
	Waktu Proses	15.14 Menit
	Unvaluable movement	3.97 Menit
	Unvaluable Back to home	2.37 Menit

**Tabel 5. 1 *Standard Time Level Buffing Auto* untuk proses *fallboard GP* pasca perbaikan**

Setelah dilakukan perbaikan dapat diketahui bahwa, untuk menghasilkan satu *output fallboard GP* membutuhkan waktu selama 21,49 menit. Dari 21,49 menit tersebut, waktu proses yang dibutuhkan selama 15,14 menit, waktu yang tidak diperlukan untuk perpindahan *headbuff* selama 3,97 menit, dan waktu yang tidak diperlukan untuk kembali ke posisi nol adalah 2,37 menit.

UP + PPR	ST Proses	7.84 Menit
	Waktu Proses	4.28 Menit
	Unvaluable movement	1.95 Menit
	Unvaluable Back to home	1.61 Menit

**Tabel 5. 2 *Standard Time Level Buffing Auto* untuk proses *fallboard UP* pasca perbaikan**

Setelah dilakukan perbaikan dapat diketahui bahwa, untuk menghasilkan satu *output fallboard UP* membutuhkan waktu selama 7,84 menit. Dari 7,84 menit tersebut, waktu proses yang dibutuhkan selama 4,28 menit, waktu yang tidak diperlukan untuk perpindahan *headbuff* selama 1,95 menit, dan waktu yang tidak diperlukan untuk kembali ke posisi nol adalah 1,61 menit.

Maka, waktu yang digunakan pasca perbaikan untuk menghasilkan output yang sama ditampilkan dalam table 5.3 berikut:

Waktu yang digunakan sebelum perbaikan			Waktu yang digunakan setelah perbaikan		
Model	Output	Total Waktu	Model	Output	Total Waktu
GB	6	167.85 Menit	GB	6	128.91 Menit
UP	56	659.87 Menit	UP	56	438.95 Menit
Total		827.72 Menit			567.86 Menit

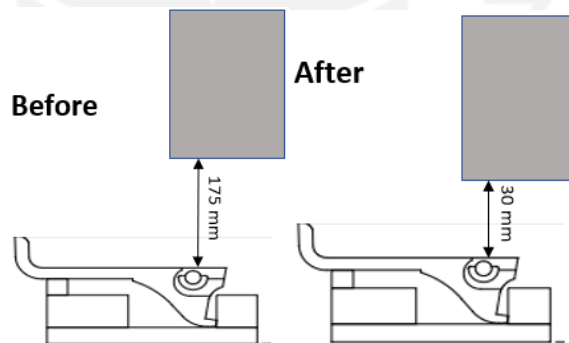
**Tabel 5. 3 Selisih Total Waktu**

Dengan total *output* yang sama, maka total waktu yang digunakan pasca perbaikan adalah 567,86 menit dari sebelumnya 827,72 menit. Setelah perbaikan, mesin *level buffing auto* mampu memotong waktu selama 259,86 menit. Waktu yang dibutuhkan untuk proses *fallboard GP* menjadi lebih cepat 38,95 menit dari yang sebelumnya memiliki total waktu 167,85 menit menjadi 128,91 menit. Sedangkan, waktu yang dibutuhkan untuk memproses *fallboard UP* menjadi lebih cepat 190,92 menit dari yang sebelumnya memiliki total waktu 659,87 menit menjadi 438,86 menit.

## 4.2 Gerakan *Headbuff* pasca perbaikan

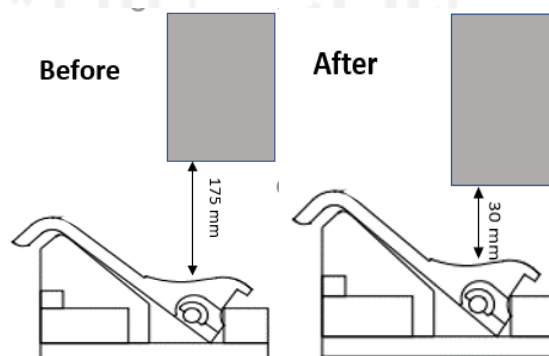
### 4.2.1 Jarak *Home Headbuff* dengan Permukaan *Fallboard*

Untuk mengurangi waktu yang tidak diperlukan, maka perlu dilakukan perubahan waktu gerakan dan perubahan jarak titik 0 ke titik yang pertama. Untuk lebih jelasnya dalam gambar berikut:

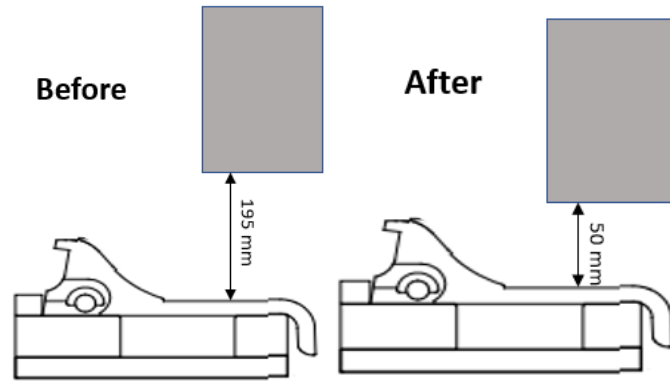


Gambar 4. 1 Perbandingan Jarak Posisi Satu Antara *Headbuff* dan Permukaan *fallboard*

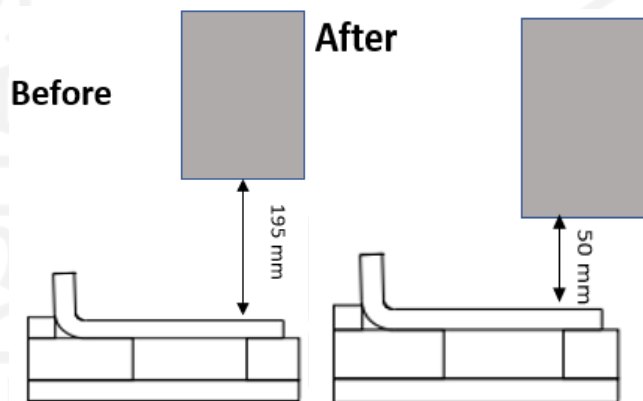
GP



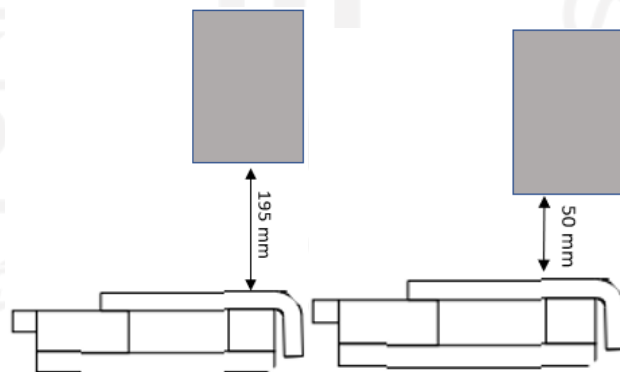
Gambar 4. 2 Perbandingan Jarak Posisi Dua Antara *Headbuff* dan Permukaan *fallboard GP*



Gambar 4. 3 Perbandingan Jarak Posisi Tiga Antara *Headbuff* dan Permukaan *fallboard GP*



Gambar 4. 4 Perbandingan Jarak Posisi Satu Antara *Headbuff* dan Permukaan *fallboard UP*



Gambar 4. 5 Perbandingan Jarak Posisi Dua Antara *Headbuff* dan Permukaan *fallboard UP*

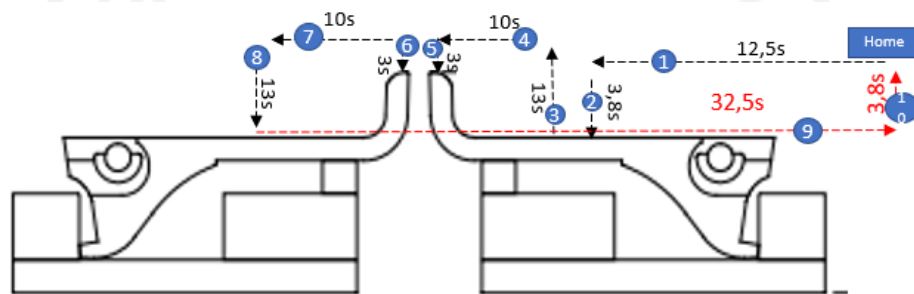
Jarak antara *headbuff* pada posisi satu dan dua *fallboard GP* mengalami pengurangan sebanyak 145 mm dari 175 mm menjadi 30 mm. Jarak 30 mm diambil karena *cartridge* mengalami penyusutan sebanyak 60 mm setiap empat minggu, dan setiap empat minggunya *cartridge* diganti. Jadi, pada posisi *cartridge* baru, *headbuff* tidak perlu turun. Sedangkan pada posisi *fallboard UP* satu, *fallboard UP* dua, dan *fallboard GP* tiga juga mengalami pengurangan jarak 145 mm dari 195 mm menjadi 50 mm. Ada perbedaan hasil pengurangan jarak antara posisi *fallboard GP* satu,

*fallboard GP* dua, dengan posisi *fallboard UP* satu, *fallboard UP* dua, dan *fallboard GP* tiga yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian dari *fallboard* itu sendiri.

## 4.2.2 Waktu Perpindahan Tidak Perlu

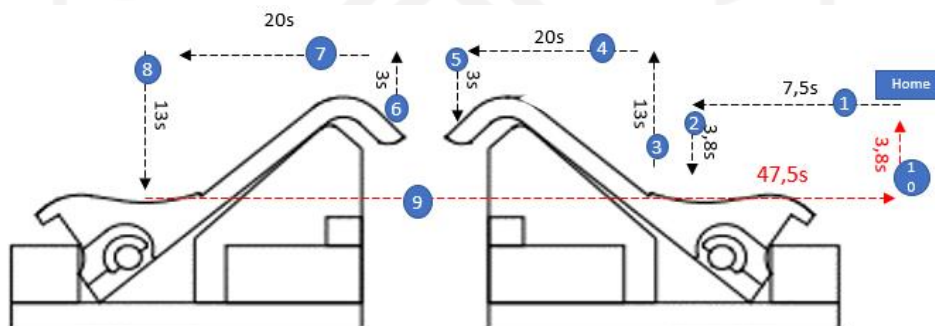
Setelah mengalami perbaikan, waktu setiap pergerakan yang tidak perlu mengalami perubahan yang tidak perlu. Waktu untuk setiap pergerakan tersebut dijelaskan pada gambar berikut:

### 1. Waktu Setiap Pergerakan *Fallboard GP*



**Gambar 4. 6 Waktu Setiap Pergerakan pada Posisi *Fallboard GP* satu**

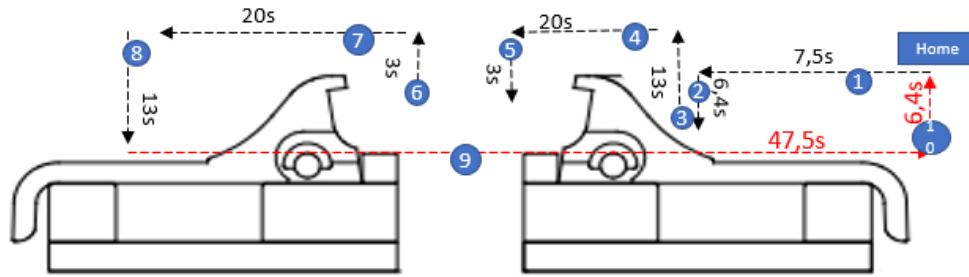
Untuk posisi GP satu, perpindahan horizontal dikurangi sebanyak 50%, pengurangan tersebut dipengaruhi oleh penggunaan *ballscrew multi-thread* yang memberi efek 50% lebih cepat. Untuk perpindahan vertical waktu perpindahannya bisa berkurang karena dipengaruhi oleh perubahan jarak antara *headbuff* dan permukaan dari *fallboard*.



**Gambar 4. 7 Waktu Setiap Pergerakan pada Posisi *Fallboard GP* Dua**

Untuk posisi GP dua, perpindahan horizontal dikurangi sebanyak 50%, pengurangan tersebut dipengaruhi oleh penggunaan *ballscrew multi-thread* yang memberi efek 50% lebih cepat. Untuk perpindahan vertical waktu perpindahannya

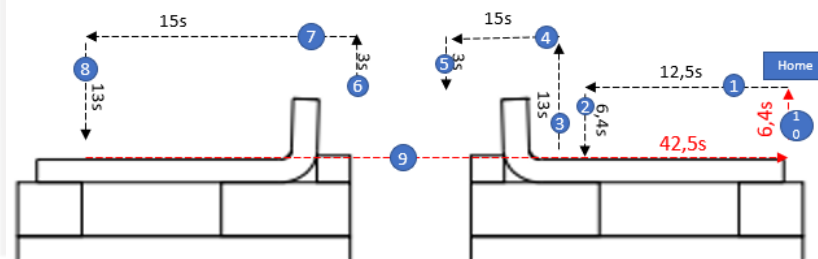
bisa berkurang karena dipengaruhi oleh perubahan jarak antara *headbuff* dan permukaan dari *fallboard*.



**Gambar 4. 8 Waktu Setiap Pergerakan pada Posisi *Fallboard GP Tiga***

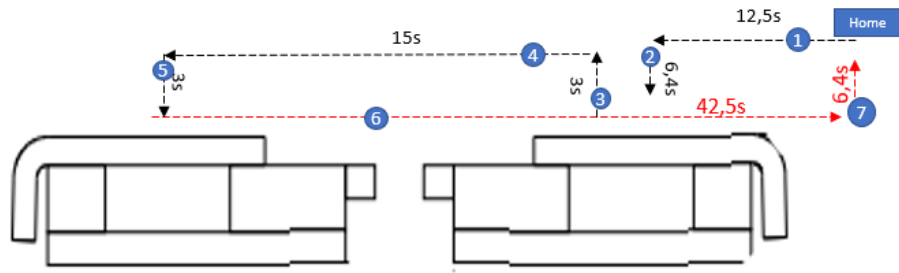
Untuk posisi GP tiga, perpindahan horizontal dikurangi sebanyak 50%, pengurangan tersebut dipengaruhi oleh penggunaan *ballscrew multi-thread* yang memberi efek 50% lebih cepat. Untuk perpindahan vertical waktu perpindahannya bisa berkurang karena dipengaruhi oleh perubahan jarak antara *headbuff* dan permukaan dari *fallboard*.

## 2. Waktu Setiap Pergerakan *Fallboard UP Satu*



**Gambar 4. 9 Waktu Setiap Pergerakan pada Posisi *Fallboard UP Satu***

Untuk posisi UP satu, perpindahan horizontal dikurangi sebanyak 50%, pengurangan tersebut dipengaruhi oleh penggunaan *ballscrew multi-thread* yang memberi efek 50% lebih cepat. Untuk perpindahan vertical waktu perpindahannya bisa berkurang karena dipengaruhi oleh perubahan jarak antara *headbuff* dan permukaan dari *fallboard*.



**Gambar 4. 10 Waktu Setiap Pergerakan pada Posisi *Fallboard UP* Dua**

Untuk posisi UP dua, perpindahan horizontal dikurangi sebanyak 50%, pengurangan tersebut dipengaruhi oleh penggunaan *ballscrew multi-thread* yang memberi efek 50% lebih cepat. Untuk perpindahan vertical waktu perpindahannya bisa berkurang karena dipengaruhi oleh perubahan jarak antara *headbuff* dan permukaan dari *fallboard*.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan perbaikan dengan pergantian *ballscrew*, dan penurunan jarak *home* antara *headbuff* dan permukaan pertama *fallboard*, mesin *level buffing auto* berhasil mengurangi *Standard Time* dalam proses *buffing fallboard GP* dan *buffing fallboard UP*. Sebelumnya *Fallboard UP* membutuhkan waktu 27,98 menit, sekarang menjadi 21,49 menit untuk proses per unitnya. Sedangkan untuk proses *fallboard UP* mengalami pengurangan *Standard Time* dari 11,78 menit menjadi 7,84 menit untuk proses per unitnya.

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

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu, pembuatan *Jig* yang cocok untuk proses *fallboard* semua model. *Jig* dengan kualifikasi dimana *Jig* tersebut mampu menahan *Fallboard* agar tidak mental sampai proses *buffing* mencapai ujung *fallboard*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Altintas, Verl, Brecher, Uriarte, & Pritschow. (2011). Machine tools feed drives .  
*CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 779-796.
- Altintas, Y., Verl, A., Brecher, C., Uriarte, C., & Pritschow, G. (2011). Machine  
Tool Feed Drives. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 779-796.
- Dasanti, A. F., Jakdan, F., Dedy, & Santoso, T. (2020). Penerapan Konsep Line  
Balancing Untuk Mencapai Efisiensi Kerja Yang Optimal Pada Setiap  
Stasiun Kerja di PT. Garment Jakarta. *Bulltein of Applied Industrial  
Engineering Technology* , 40-45.
- Groover, M. (2007). *Work systems: the methods, measurement and management  
of work*. New Jersey: Pretince Hall.
- Li, P., Jia, X., Jianshe, F., Davari, H., Qiao, G., Hwang, Y., & Lee, J. (2018).  
Prognosability study of ball screw degradation using systematic.  
*Mechanical Systems and Signal Processing*, 45-57.
- Yuselin, N., & Angganatha, I. G. (2019). Meningkatkan Efisiensi Line Painting  
Propeller Shaft Kategori 2 dan 3 Dengan Metode Line Balancing di PT Inti  
Garda Perdana. *Techlogoic*, 2-8.
- Zandin, K. (2001). *Maynard's Industrial Engineering Handbook, fifth edition*. New  
York: McGraw-Hill.
- Zhang, J., Ding, J., Sugita, N., Kizaki, T., Li, Q., Ding, Q., & Wang, L. (2021). A  
Sample Construction Method in Kinematics Characteristics Domain to  
Identify The Feed Drive Model. *Precision Engineering*, 82-96.