

Perancangan Mesin *Auto Level Buff* Untuk Komponen Panel Kayu *Upright Piano*

Anggi Karmana¹, Ismet P. Ilyas^{2*}, Ade Ramdan³

¹ Mahasiswa Teknik Perancangan Manufaktur Polman Bandung

² Dosen Teknik Perancangan Manufaktur Polman Bandung, *Corresponding Author

³ Dosen Teknik Perancangan Manufaktur Polman Bandung

Email: anggikarmana@yahoo.co.id¹, ismetpi@polman-bandung.ac.id², ade_r@de.polman-bandung.ac.id³

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<p><i>Received</i> : 13 Oktober 2020</p> <p><i>Accepted</i> : 27 November 2022</p> <p><i>Available</i> 05 Mei 2022</p>	<p><i>Buffing</i> adalah proses untuk menghilangkan serat halus dan membuat permukaan panel kayu menjadi mengkilap. Di sebuah perusahaan pembuat alat musik piano terdapat 9 varian komponen yang di proses <i>buffing</i>. Proses <i>buffing</i> yang ada saat ini terdapat beberapa permasalahan yang harus dicarikan solusinya yaitu mengenai keselamatan kerja dan kinerja produktivitas yang harus ditingkatkan. Atas dasar permasalahan ini perlu dirancang mesin baru berbasis otomasi yang dapat meningkatkan produktivitas serta meminimalkan risiko kecelakaan kerja. Mesin baru tersebut dinamakan <i>Auto Level Buff</i>. Pada perancangan mesin ini diaplikasikan metodologi perancangan VDI 2222. Metodologi perancangan VDI 2222 terdapat 4 tahapan yaitu: merencana, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian. Pembuatan model rancangan memanfaatkan teknologi <i>Computer Aided Design (CAD)</i>. Model rancangan mesin <i>Auto Level Buff</i> yang telah dibuat dan dianalisis dapat menyederhanakan proses dan meningkatkan kinerja produktivitas dari 79% ke 98%. Pengoperasian mesin juga menjadi lebih mudah dan dapat memberikan keamanan karena posisi operator jauh dari <i>buff wheel</i> yang berputar.</p>
Kata Kunci:	ABSTRACT
<p><i>Auto Level Buff</i> <i>Proses Buffing</i> Perancangan mesin Produktivitas VDI 2222</p>	<p><i>Buffing is a process to remove fine fibers and make the surface of wood panels shiny. In a company that makes piano musical instruments, there are 9 variants of components that are buffed. The current buffing process has several problems that must be addressed, namely the work safety and productivity performance that must be improved. On the basis of this problem, it is necessary to design a new machine based on automation that can increase productivity and minimize the risk of work accidents. The new machine is called Auto Level Buff. In designing this machine, the VDI 2222 design methodology is applied. The VDI 2222 design methodology consists of 4 stages, namely: planning, conceptualizing, designing, and finishing. Making a design model using Computer Aided Design (CAD) technology. The Auto Level Buff machine design model that has been created and analyzed can simplify the process and increase productivity from 79% to 98%. Machine operation is also easier and can provide safety because the operator is away from the rotating buff wheel.</i></p>

jtrm.polman-bandung.ac.id

1 PENDAHULUAN

Piano merupakan instrumen *keyboard* dimana suara dihasilkan melalui ketukan senar dengan *hammer* (pemukul), dengan karakter jangkauan luas dan mampu memainkan *chord* secara bebas¹. Di sebuah perusahaan piano, hampir semua komponen pembentuk piano mengalami proses *buffing*. Proses *buffing* adalah proses yang dilakukan untuk menghilangkan serat halus hasil *sanding* sehingga permukaan komponen panel kayu piano tampak halus dan mengkilap [1]. Komponen yang dilakukan proses *buffing* ada 3 jenis yaitu *top board*, *top frame*, dan *fall center*. Komponen *Top Board* berfungsi untuk menutup rangka dan senar piano pada bagian atas. Komponen *Top Frame* berfungsi untuk menutup rangka dan senar piano pada bagian depan. Komponen *Fallcenter* berfungsi untuk menutup *toots* piano ketika piano tidak digunakan. Masing-masing jenis mempunyai varian 3 komponen, sehingga totalnya menjadi 9 komponen. Bahan komponen tersebut semuanya terbuat dari kayu. Ilustrasi komponen ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini, dan dimensi komponen ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Komponen Piano

Tabel 1. Varian komponen yang diproses buffing

Nomor	Komponen	Dimensi (mm)
1	Top Board B1	1427 x 214 x 16,6
2	Top Board B2	1498 x 287 x 19,6
3	Top Board B3	1518.6 x 327,5 x 19,6
4	Top Frame B1	1427 x 302,9 x 16,6
5	Top Frame B2	1374.5 x 300,1 x 16,6
6	Top Frame B3	1391 x 379,8 x 16,6
7	Fallcenter B1	1372 x 168,5 x 16,6
8	Fallcenter B2	1372 x 161 x 16,6
9	Fallcenter B3	1389 x 169,8 x 16,6

Proses *buffing* yang saat ini dilakukan adalah proses *buffing* halus dan *finish* bagian piano UP dengan mesin manual. Komponen yang diproses dipegang oleh operator dan digesekkan bagian permukaannya secara vertikal tegal lurus ke mesin *level buff* yang berputar. Tentu hal ini sangat berbahaya karena tangan operator bisa mengenai kain *buff* dan kemungkinan besar terlilit kain *buff* yang berputar, bahkan menurut catatan dari perusahaan telah terjadi kecelakaan kerja pada tanggal 17 Juni 2018 di bagian tersebut. Ini merupakan potensi bahaya keselamatan kerja yang harus diminimalisir atau bahkan dihilangkan. Selain adanya permasalahan potensi bahaya keselamatan kerja, produktivitas proses *buffing* hanya mencapai 79%. Mengacu pada kedua permasalahan diatas, maka diperlukan rancangan dan

¹ https://id.yamaha.com/id/products/contents/musical_instrument_guide/piano/index.html

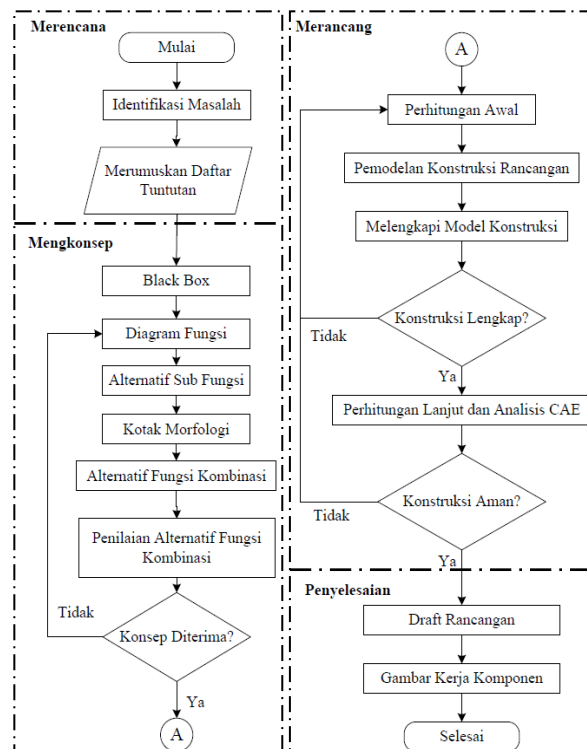
pengembangan mesin *buffing* otomatis yang mampu meminimalisir potensi bahaya keselamatan kerja, dan mampu meningkatkan produktivitas.

Pada mesin yang dirancang, proses *buffing* dilakukan oleh mesin secara otomatis. Operator hanya melakukan proses *loading-unloading*². Seperti yang telah dilakukan Riza Fairuzza dkk yang mengembangkan perancangan mesin amplas kayu menggunakan motor induksi 3 fasa dengan *zelio logic smart relay* [2]. Pada penelitian tersebut, penggunaan motor induksi 3 fasa dengan kontrol *zelio logic smart relay* menunjukkan rata-rata nilai efisiensi mesin amplas kayu sebesar 71,9%. Penelitian mengenai desain dan fabrikasi mesin *buffing* otomatis untuk produk sepatu juga pernah dilakukan oleh Amogh Anath N., dkk. Mesin yang dirancang mampu menjamin kerusakan minimal produk sepatu yang sedang dipoles, mengurangi waktu proses, dan mengurangi keterlibatan manusia [3].

Rancangan mesin *buffing* yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah bagian dari otomatisasi proses produksi di sebuah perusahaan dalam rangka program pengembangan *smart factory* yang meliputi pengembangan sistem manufaktur/produksi yang otomatis, cerdas, modular dan adaptif [4]. Ide dasar rancangan mesin ini adalah bahwa produk diproses secara otomatis mulai dari pencekaman menggunakan *air cylinder*, sampai dengan diproses *buffing*, sehingga diharapkan akan meningkatkan produktivitas dan kinerja keseluruhan proses.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan mesin *auto level buff* serta kegiatan penelitian yang dilakukan mengacu pada metodologi perancangan yang sesuai dengan kebutuhan, yaitu mengikuti metodologi perancangan VDI 2222. Metodologi ini merupakan metodologi yang dihasilkan dari persatuan Insinyur Jerman [5]. Gambar 2 di bawah ini menampilkan tahapan-tahapan penelitian yang mengacu pada metodologi perancangan VDI 2222.



Gambar 2. Metodologi perancangan VDI 2222

² Loading-unloading yaitu proses pemasangan dan pelepasan benda kerja ke mesin (sumber: repository.ub.ac.id/eprint/145573)

3 HASIL

3.1 Merencana

Tahapan pertama dalam metode perancangan VDI 2222 adalah merencana. Luaran dari tahapan merencana ini adalah berupa daftar tuntutan atau spesifikasi teknis mesin yang didapat dengan mengidentifikasi permasalahan/kebutuhan.

Identifikasi masalah

Dengan latarbelakang permasalahan yang telah dipaparkan diatas, serta studi lapangan yang telah dilakukan, pada dasarnya terdapat beberapa pertanyaan yang menjadi perhatian agar bisa dijadikan rujukan dalam perancangan mesin ini diantaranya adalah:

1. Berapa dimensi terluar mesin yang diperlukan?
2. Berapa bobot maksimum mesin?
3. Apa penggerak *buffing* yang digunakan?
4. Berapa putaran *buffing* yang diperlukan?
5. Berapa *feeding* gerakan *buffing* yang diperlukan?
6. Berapa dimensi *buff* yang digunakan?
7. Berapa pencekaman produk yang diperlukan?
8. Berapa dimensi meja mesin yang diperlukan?
9. Apa komponen pengaman mesin yang digunakan?
- 10.

Daftar Tuntutan

Selanjutnya, setelah melakukan identifikasi masalah berdasarkan kajian lapangan, kajian literatur dan sumber keilmuan yang berkaitan maka didapatkan daftar tuntutan atau spesifikasi mesin yang dibutuhkan (Tabel 2).

Tabel 2. Daftar Tuntutan

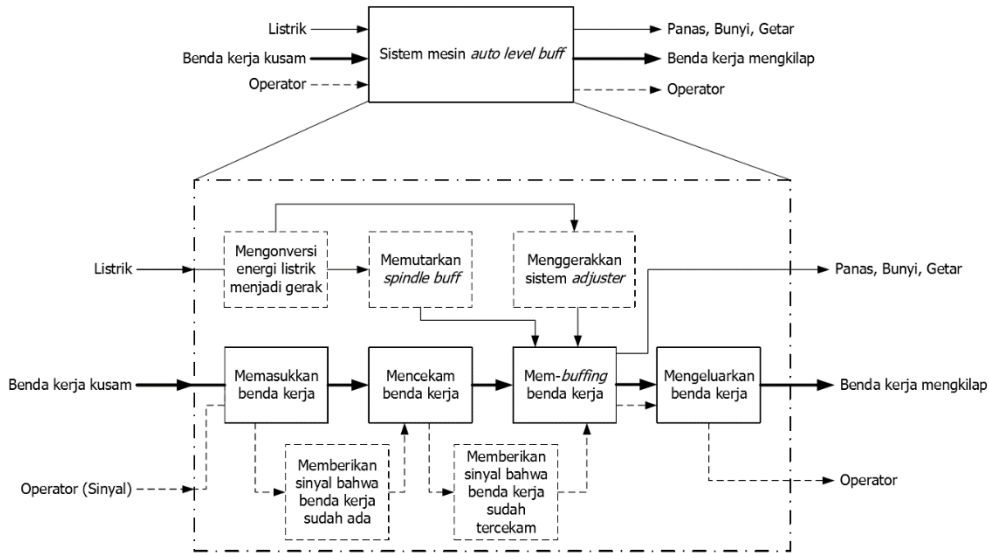
Nomor	Tuntutan	Keterangan
1	Dimensi terluar	Maks. 3800 x 2750 x 2500 mm
2	Berat	1945 kg
3	Penggerak	Motor listrik (induksi)
4	Putaran <i>buff</i>	835 – 1075 rpm
5	<i>Feeding buff</i>	9 – 10 m/menit
6	Dimensi <i>buff</i>	Ø16 inch x 300 mm
7	Pencekaman produk	Maks. 12,9 bar
8	Dimensi meja mesin	Maks. 1800 x 1800 x 1000 mm
9	Komponen pengaman	<i>Cover buff</i> pengaman

3.2 Mengkonsep

Pada tahap mengkonsep, penulis mengidentifikasi masalah yang esensial dengan membangun *black box*, membangun struktur fungsi, mencari prinsip kerja yang tepat dan menggabungkannya ke dalam struktur kerja. Luaran dari tahapan ini adalah konsep rancangan mesin.

Black box

Black box merupakan diagram konsep rancangan yang berisi struktur fungsi untuk menguraikan *input*, proses pada sistem dan *output* guna mendapatkan uraian subfungsi yang bekerja pada sistem [6]. *Black box* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

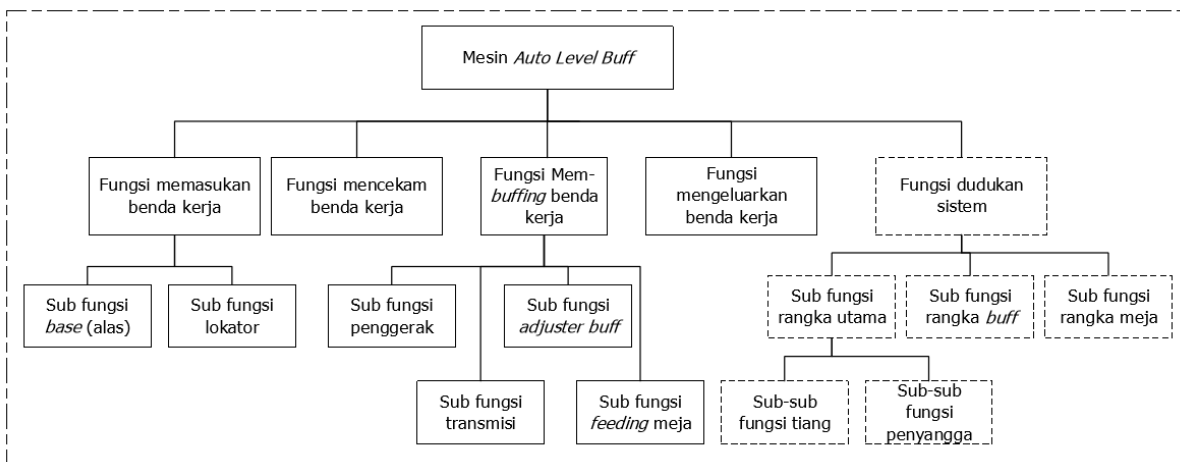


Gambar 3. *Black box* rancangan

Black box pada Gambar 3 menunjukkan alur kerja mesin yang dirancang. Listrik, benda kerja yang kusam dan operator yang didefinisikan sinyal yang menjadi input. Selanjutnya masuk ke bagian proses dari mulai memasukkan benda kerja yang masih kusam, kemudian benda kerja dilakukan pengecaman, kemudian dilakukan proses *buffing*, hingga mengeluarkan benda kerja dari sistem. Sehingga menghasilkan output berupa energi panas, bunyi, dan getar. Selain itu *output* benda kerja yang mengkilap, serta operator.

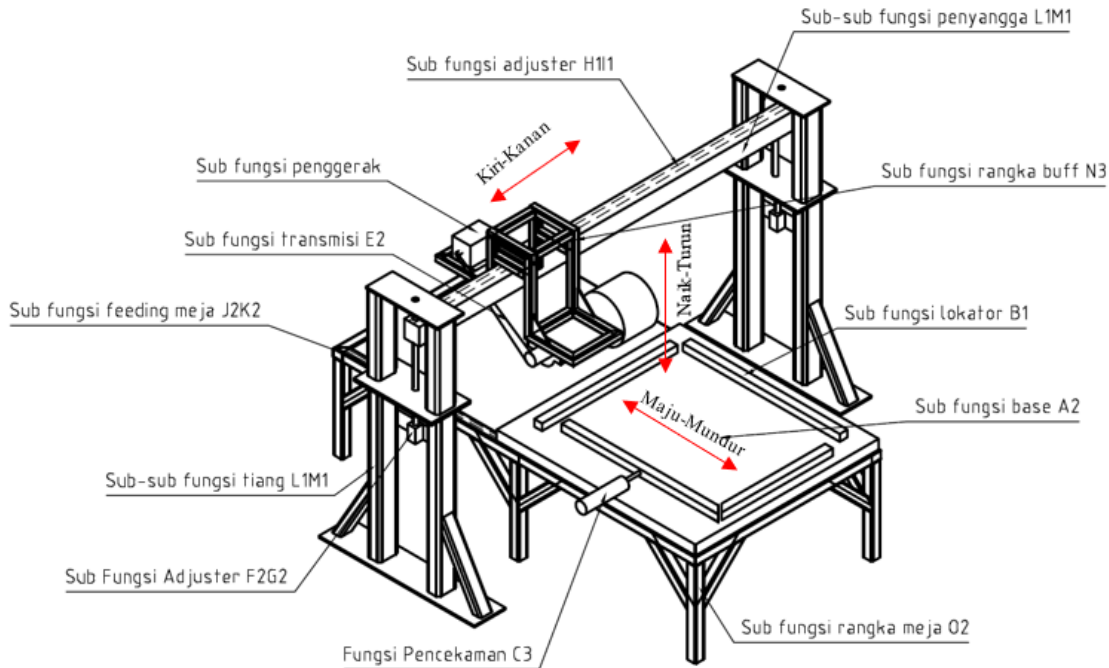
Struktur Fungsi

Berdasarkan *black box* yang telah dibuat, maka dihasilkan struktur fungsi yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Fungsi

Gambar 4 menunjukkan fungsi-fungsi yang ada pada mesin. Fungsi yang digambar dengan kotak putus-putus adalah fungsi pelengkap guna melengkapi fungsi utama [6]. Dari penentuan struktur fungsi tersebut didapatkan alternatif konsep mesin yang dipilih. Konsep mesin yang dipilih merupakan hasil dari penggabungan sub-fungsi sistem yang disusun menggunakan matriks morfologi, kemudian dilakukan penilaian konsep. Konsep mesin yang dipilih ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Konsep mesin terpilih

3.3 Merancang

Pada tahap merancang, alternatif konsep yang telah dipilih kemudian dirancang untuk diwujudkan dalam model rancangan yang nyata. Sebelum dilakukan pemodelan 3D, dilakukan perhitungan awal untuk menentukan dimensi awalan dari fungsi dan sub fungsi mesin.

Perhitungan Awal

- Menentukan putaran *buffing*

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, digunakan *buff* yang digunakan dengan dimensi 16 inch, dan kualitas *buffing* paling maksimum 4500 SFPM³, sehingga putaran mesin dicari dengan persamaan berikut.

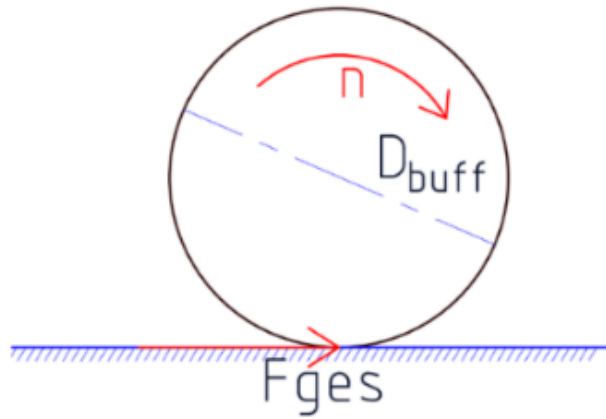
$$n_{buff} = \frac{SFPM \times 12}{Diameter (inch) \times \pi} = \frac{4500 \times 12}{16 \times \pi} = 1075 \text{ rpm} \quad (1)$$

³ Surface Feet Per Minutes, <https://www.schaffnerrmfg.com/engineers-peripheralspeed/>

Perhitungan Lanjut

A. Menentukan daya motor penggerak

Prinsip kerja *buffing* dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 6, sehingga dalam penentuan daya motor digunakan rumus yang berkaitan dengan momen puntir umum dengan parameter yang di masukkan pada perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 6. Ilustrasi proses *buffing*

Tabel 3. Parameter perhitungan daya motor

Simbol	Parameter	Data yang dimasukkan
P	Daya motor	-
F_n	Gaya normal pada buff	127,5 N (13 kg)
μ	Koefisien gesek buff dengan benda kerja	0,15 [7]
D_{1r}	Diameter puli penggerak rencana	100 mm [8]
D_{2r}	Diameter puli pengikut rencana	132 mm [8]
D_{buff}	Diameter buff awal	16" (406,4 mm)
n_2	Kecepatan putar output	1075 rpm
η_{motor}	Efisiensi motor penggerak	0,90 [9]
η_{sabuk}	Efisiensi transmisi sabuk	0,92 [9]

Rumus umum torsi :

$$M_{p2} = \frac{9550 \times P}{n_2}$$

(2)

Torsi yang dibutuhkan :

$$M_{p1} = \frac{M_{p2}}{i} = \mathbf{2,944 Nm} \quad (7)$$

Gaya tangensial :

$$F_t = F_n \times \mu = \mathbf{19,125 N}$$

(3)

Putaran dan daya motor rencana :

$$n_1 = n_2 \times i = \mathbf{1419 rpm} \quad (8)$$

Torsi *output* :

$$M_{p2} = F_t \times \frac{D_{buff}}{2} = \mathbf{3,89 Nm} \quad (5)$$

(5)

$$P' = \frac{M_{p1} \times n_1}{9550} = \mathbf{0,437 kW} \quad (9)$$

Rasio terjadi :

$$i = \frac{D_{2r}}{D_{1r}} = \mathbf{1,32} \quad (6)$$

(6)

Daya motor yang dibutuhkan :

$$P_m = \frac{P'}{\eta_{motor} \times \eta_{sabuk}} = \mathbf{0,528 kW} \quad (10)$$

B. Perhitungan kecepatan gerakan *feeding* meja mesin

Berdasarkan model konstruksi yang telah dirancang, didapatkan *input* parameter untuk menghitung kecepatan gerakan *feeding* meja yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter perhitungan kecepatan feeding meja

Simbol	Parameter	Data yang dimasukkan
V	Kecepatan gerak meja rencana	0,16 m/s (9-10 m/menit)
r	<i>Pitch</i> jari-jari <i>pinion gear</i>	42 mm (dari rancangan)

Karena kecepatan meja diharuskan 9-10 m/menit, diambil kecepatan tengah-tengah yaitu 9,5 m/menit atau 0,16 m/s. Maka, konversi kecepatan linear ke kecepatan putar dapat dicari dengan persamaan berikut.

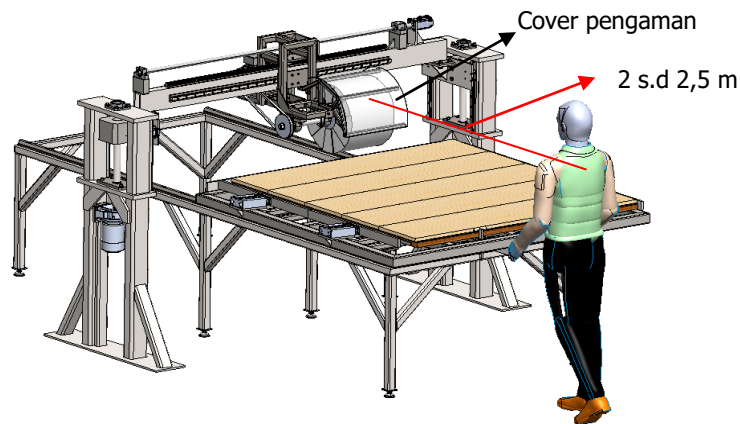
$$\omega = \frac{V}{r} \times \frac{60}{2\pi} = \mathbf{36,4 rpm} \quad (11)$$

Berarti, putaran *output* motor *feeding* gerakan meja adalah 36,4 rpm. Berdasarkan katalog yang tersedia, maka dipilih tipe motor Smallgear Liming SH10-1/40-0,1-A (50Hz) dengan

torsi maksimum 2,3 kgm dan rpm sebesar 37,5 sehingga jika dikonversi ke kecepatan linear adalah sebesar 164,934 mm/s atau sekitar 9,896 m/menit.

Pemodelan dan Melengkapi Konstruksi Rancangan

Pemodelan mesin menggunakan perangkat lunak *Solidworks*. Model mesin yang telah dirancang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Model 3D Mesin *Auto Level Buff*

Gambar visualisasi model rancangan mesin di atas menunjukkan bahwa posisi operator jauh dari buff yang berputar. *Cover* pengaman terlihat menutupi *buff*, sehingga dapat disimpulkan bahwa minimum risiko kecelakaan kerja telah tersolusikan.

Validasi dan Perhitungan Waktu Proses serta Produktivitas

Waktu proses *buffing* dipengaruhi oleh gerakan maju-mundur meja dan jumlah siklus *buffing*. Siklus *buffing* yang optimal adalah sebanyak 3-4 kali proses dalam satu bidang permukaan untuk komponen. Mengacu pada rancangan mesin *auto level buff* yang telah dibuat, meja mesin dapat menampung benda dengan panjang aktual 1647 mm dan lebar aktual 1510 mm. Komponen yang diproses mempunyai dimensi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Dari 9 komponen yang diproses, hanya komponen *Top Frame* yang diproses satu bidang permukaan, sedangkan komponen lainnya diproses dua bidang permukaannya. Diketahui bahwa kecepatan linear gerakan meja adalah 164,934 mm/s, dan panjang gerakan meja aktual pada rancangan ditambah dengan *clearance* gerakan adalah 1700 mm. Lebar *buff wheel* adalah 300 mm, sehingga membutuhkan pergeseran pada sumbu X sebanyak 5 kali. Maka waktu rata-rata proses *buffing* tiap komponen seperti ditampilkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Waktu rata-rata proses *buffing*

Komponen	Jumlah yang dapat ditampung (unit)	Waktu proses (detik)	Waktu proses (menit)
Top Board B1	7	58,90	0,98
Top Board B2	5	82,46	1,37
Top Board B3	5	82,46	1,37
Top Frame B1	5	30,92	0,52
Top Frame B2	5	30,92	0,52
Top Frame B3	4	38,65	0,64

Komponen	Jumlah yang dapat ditampung (unit)	Waktu proses (detik)	Waktu proses (menit)
Fallcenter B1	9	45,81	0,76
Fallcenter B2	10	41,23	0,69
Fallcenter B3	9	45,81	0,76

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan waktu proses yang telah dilakukan, terdapat pengurangan waktu keseluruhan proses *buffing* komponen panel piano UP. Perbandingan waktu proses *buffing* keseluruhan saat ini dengan setelah adanya mesin *auto level buff* ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan waktu proses sebelum dan sesudah adanya mesin *auto level buff* (ALB)

Komponen	Tanpa mesin ALB	Dengan mesin ALB	Selisih (menit)	Selisih (persen)
Top Board B1	16,03	13,05	2,98	18,58%
Top Board B2	16,18	13,33	2,85	17,59%
Top Board B3	16,18	13,33	2,85	17,59%
Top Frame B1	8,84	7,26	1,58	17,93%
Top Frame B2	9,30	7,34	1,96	21,12%
Top Frame B3	9,39	7,47	1,93	20,50%
Fallcenter B1	9,47	7,42	2,06	21,70%
Fallcenter B2	9,47	7,34	2,13	22,51%
Fallcenter B3	9,47	7,42	2,06	21,70%
Rata-rata efisiensi waktu proses				19,91%

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan waktu proses yang telah dilakukan, peningkatan efisiensi proses rata-rata sebesar 19,91% dapat berdampak pada produktivitas parsial. Produktivitas parsial (*single factor productivity*) berguna untuk menunjukkan produktivitas faktor tertentu yang digunakan untuk menghasilkan keluaran. Faktor produktivitas parsial adalah bahan baku, tenaga kerja, material, energi, dan modal [10]. Peningkatan potensi *output* komponen setiap harinya. Contoh untuk komponen *Top Board* B2, jumlah *output* komponen yang diproduksi per hari dihitung dengan persamaan berikut.

$$Jumlah\ komponen = \frac{Waktu\ produksi\ komponen}{Waktu\ produksi\ dengan\ mesin\ ALB} = \frac{226,5}{13,33} = 17 \quad (17)$$

Dengan cara yang sama, maka *output* komponen lainnya beserta produktivitas yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Produktivitas proses *buffing* setelah adanya mesin *auto level buff*

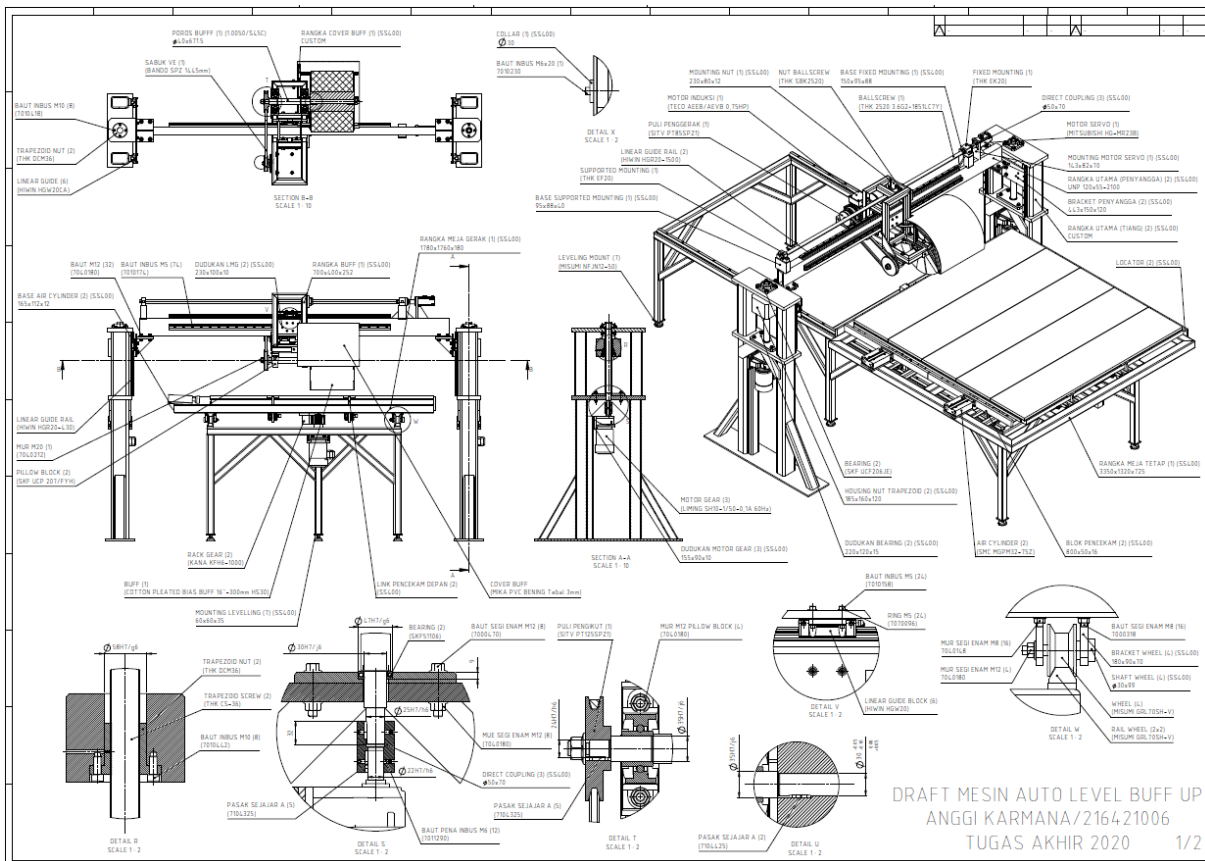
Komponen	Target produksi	Aktual produksi	Waktu produksi	produktivitas
Top Board B1	31	26	336,6	83%
Top Board B2	17	17	226,5	100%
Top Board B3	32	34	453,0	106%
Top Frame B1	31	34	247,5	110%

Perancangan Mesin Auto Level Buff Untuk Komponen Panel Kayu Upright Piano

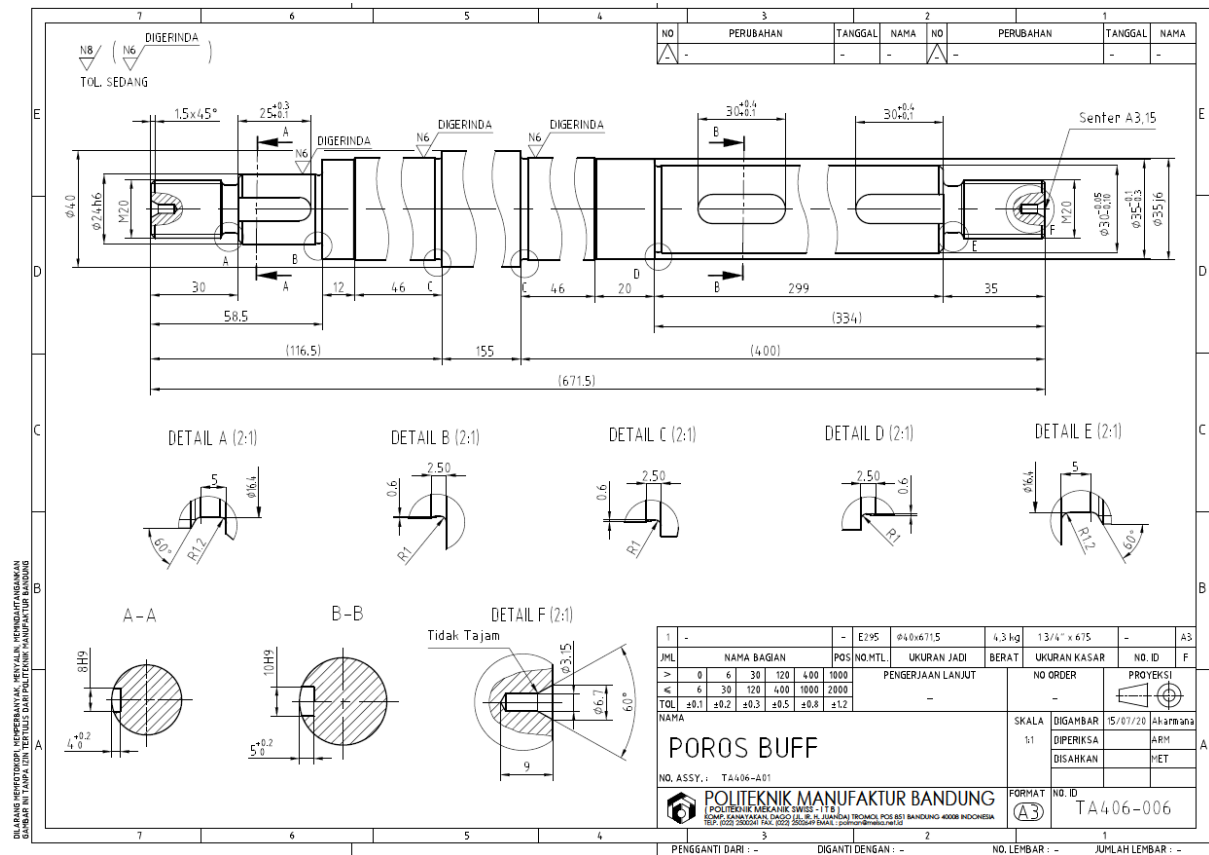
Komponen	Target produksi	Aktual produksi	Waktu produksi	produktivitas
Top Frame B2	17	18	130,2	104%
Top Frame B3	32	29	216,0	90%
Fallcenter B1	31	27	199,0	87%
Fallcenter B2	17	19	142,1	114%
Fallcenter B3	32	32	236,9	100%
Jumlah komponen	240	236	Rata-rata :	98%

3.4 Penyelesaian

Pada tahap ini perancang menyusun, membentuk, memperhatikan proses pembuatan serta membuat dokumentasi teknik. Hasil dari tahapan ini adalah dokumentasi teknik berupa draft rancangan dan gambar kerja. Contoh draft rancangan ditampilkan pada Gambar 8a, serta contoh gambar kerja ditampilkan pada Gambar 8b.



Gambar 8a. Contoh draft rancangan mesin



Gambar 8b. Contoh draft rancangan mesin

4 KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya model rancangan berhasil dibuat dan disajikan beserta dokumentasi teknik berupa draft mesin. Model rancangan mesin *auto level buff* yang telah dibuat dapat meningkatkan nilai produktivitas dari 79% ke 98%. Selain itu, model rancangan juga telah menunjukkan bahwa posisi operator jauh dari *buff* yang berputar dengan jarak antara 2 sampai 2,5 meter (lihat Gambar 7). *Cover* pengaman terlihat menutupi *buff*, sehingga dapat disimpulkan bahwa risiko kecelakaan kerja juga telah tersolusikan.

5 REFERENSI

- [1] Benny Satria Herlambang, "Desain Mesin Auto Edge Buff Proses Buffing Halus Dan Finishing Untuk Meningkatkan Produksi Piano," Universitas Islam Yogyakarta, 2018.
- [2] R. Fairuzza dkk, "Perancangan Mesin Amplas Kayu Menggunakan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Zelio Logic Smart Relay," *ISSN 2302-9927, 676*, vol. 6 No.4, 2017.
- [3] A. A. Neermarga dan V. R. Chirag, "Design and Fabrication of Automatic Shoe Polishing Machine," *ISSN 2231-5381*, pp. 249–252, 2016.
- [4] H. Prasetyo dan W. Sutopo, "Industri 4.0: Telaah Klasifikasi Aspek Dan Arah Perkembangan Riset," *Jati Undip J. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 1, p. 17, 2018.
- [5] J. Jansch dan H. Birkhofer, "The development of the guideline VDI 2221 - The change of direction," *9th Int. Des. Conf. Des. 2006*, pp. 45–52, 2006.
- [6] G. Pahl, *Engineering Design: A Systematic Approach*, Third. German: Springer, 2006.
- [7] E. I. Akpan, B. Wetzel, and K. Friedrich, "A fully biobased tribology material based on acrylic resin and short wood fibres," *Tribology Int.*, vol. 120, pp. 381–390, 2018.
- [8] H. Wittel dkk, *Roloff / Matek Maschinenelemente*. German: Springer, 2007.
- [9] P. H. Joshi, *Machine Tools Handbook*. India: Tata McGraw Hill, 2007.
- [10] H. Sarjono, "Model Pengukuran Produktivitas Berdasarkan Pendekatan Rasio Output Per Input," *The Winners*, vol. 2, no. 2, p. 130, 2001.

