

MESIN PEMOTONG KAYU DENGAN METODE *MULTI CUTER*

Didi A. Manimau¹⁾, Nasarudin²⁾, Alexius L. Johanis³⁾

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang

Alamat institusi masing-masing penulis jika berbeda disesuaikan

* E-mail: nasarkupang@gmail.com

Abstrak

Kualitas produksi kayu sangat penting dalam meningkatkan permintaan konsumen. Diantaranya industri yang memerlukan pengendalian kapasitas adalah industri meubel, Diindonesia industri meubel didominasi oleh hasil kayu dan diolah para pengrajin meubel untuk membuat lemari, meja, kursi dan lain-lain. Untuk membuat lemari, meja, kursi atau sebagainya pengrajin meubel membutuhkan sebuah mesin pemotong, Agar memudahkan para pengrajin meubel untuk membuatnya. Saat ini diindustri meubel masih menggunakan mesin pemotong yang menggunakan satu mata pisau gergaji, akan tetapi mesin ini hanya menghasilkan kapasitas produksi yang sedikit saja dengan waktu yang lambat. Untuk menanggulangi masalah tersebut perlu adanya pengembangan mesin pemotong dengan menggunakan dua buah mata pisau gergaji, Untuk meningkatkan kapasitas produksi dengan waktu yang cepat dan multi fungsi. Pengembangan ini dilakukan dengan tahapan berikut yaitu merancangan dua buah mata pisau gergaji dimana mata pisau satu bisa naik turun dan mata pisau kedua bisa dipindah-pindahkan. Perancangan dua buah mata pisau gergaji ini terdiri dari 3 tahap yaitu: Embodiment design (merealisasikan konsep), Manufacturability(keterbuatan), dan desain rinci menggunakan aplikasi Inventor Autodesk 2016. Selanjutnya perancangan mata pisau naik turun dan yang bisa dipindah-pindahkan menggunakan poros berulir dan tuas kemudi. Setelah komponen sudah dibuat dan dirakit selanjutnya dilakukan pengujian didapatkan hasil 2 potongan kayu dalam proses 1kali pemotongan dengan rata-rata waktu 41 detik dengan ukuran kayu yang dipotong berdimensi tebal kayu 40 cm, lebar kayu 30 cm dan panjang kayu 1 m.

Kata kunci: mesin pemotong kayu, multi Cutter, kapasitas.

Abstract

The quality of wood production is very important in increasing consumer demand. Among the industries that require capacity control are the furniture industry, Indonesia furniture industry is dominated by wood products and processed by furniture craftsmen to make cabinets, tables, chairs and others. To make a cabinet, table, chair or furniture craftsman, etc. requires a cutting tool, in order to facilitate the furniture craftsmen to make it. At present the furniture industry still uses a cutting tool that uses one saw blade, but this tool only produces a small production capacity with a slow time. To overcome this problem, it is necessary to develop a cutting tool using two saw blades, to increase production capacity in a fast time. This development is carried out with the following stages, namely designing two saw blades. The design of these two saw blades consists of 3 stages: Embodiment design (realization of the concept), Manufacturability, and detailed design using the Autodesk Inventor 2016 application. Furthermore, the design of the blade up and down and which can be moved using a threaded shaft and the steering lever. After the components have been made and assembled then the test results are obtained 2 pieces of wood in the process of 1 time cutting with an average time of 41 seconds with the size of cut wood measuring 40 cm thick wood, wood width 30 cm and wood length 1 m.

Keywords : wood cutting tools, multi cutter, capacity

PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi telah merambah di berbagai sektor, salah satunya adalah sektor industri meubel yang tidak ketinggalan dalam memanfaatkan teknologi seiring perkembangan teknik pertukangan kayu dalam untuk menghasikan suatu produk yang berkualitas dengan proses pengerjaan yang

efektif. Pada awalnya pemotongan kayu dilakukan secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia yang kemudian berubah menggunakan gergaji tangan dan seiring perkembangan jaman maka saat ini industri meubel pada umumnya telah menggunakan mesin gerjaji, baik yang menggunakan motor listrik maupun menggunakan motor bakar sebagai penggerak.

Ismail dkk (20017) menyatakan bahwa mesin pemotong yang digunakan belum mampu melakukan pemotongan kayu dengan kapasitas yang banyak. Umumnya mesin gergaji yang digunakan pada industri meubel menggunakan satu mata gergaji, dalam proses pemotongan untuk menghasilkan jumlah potongan yang banyak dan walaupun dengan ukuran yang sama maka harus dilakukan pengulangan sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk memperoleh hasil pemotongan dengan kapasitas besar, seperti yang dikemukakan Osly Rachman dkk (2011) setelah melakukan tiga kali percobaan pemotongan kayu jati dengan diperoleh masing masing kapasitas pemotongan 23,14 m³/s ; 22,187 m³/s dan 15,790 m³/s sehingga rata-rata kapasitas pemotongan adalah 20,374m³/s.

Kelas kekuatan kayu didasarkan pada berat jenis, Keteguhan lengkung mutlak (klm) dan keteguhan tekan mutlak (ktm) dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel Kelas kekuatan kayu

Kelas Kayu	Berat Jenis	Klm (Kg/cm2)	Ktm (Kg/cm2)
I	0,90	1.100	650
II	0,60-<0,90	725-<1.100	425-<650
III	0,40,<0,60	500-<725	300-<425
IV	0,30,<0,40	300-<500	215-<300
V	<0,30	<300	<215

(Sumber: Revandi Iskandar, 2005)

Pada penelitian ini mesin potong berjenis *table saw* dimodifikasi dengan menggunakan dua buah mata pisau potong sehingga mampu menghasilkan kapasitas potongan kayu yang lebih banyak, posisi mata pisau kedua yang dapat diubah sehingga memungkinkan untuk dapat mengatur ukuran pemotongan sesuai kebutuhan.

METODE PENELITIAN

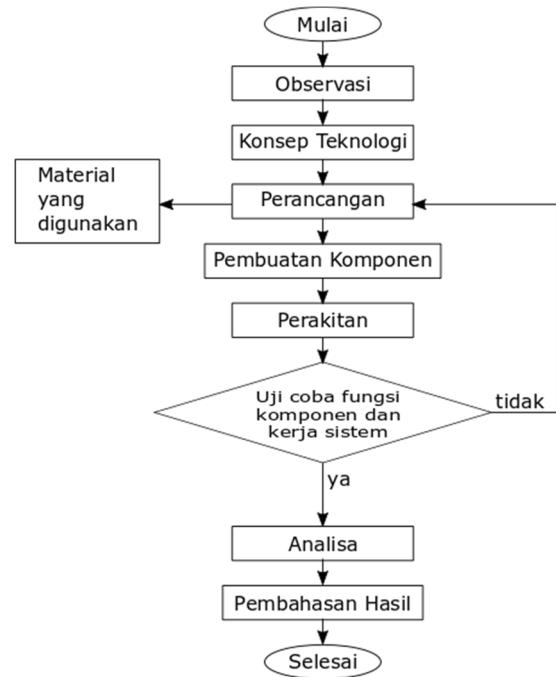
Penelitian ini mengaplikasikan metode perancangan dan perakitan mesin dengan bagan alir seperti pada gambar...

Perancangan komponen-komponen dari mesin pemotong kayu meliputi perhitungan gaya yang bekerja pada piasu gergaji dengan persamaan (shigley, 1983);

$$\sigma_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

$$A = \frac{\alpha}{360^\circ} \times \pi \cdot D \cdot t \dots\dots\dots(2)$$

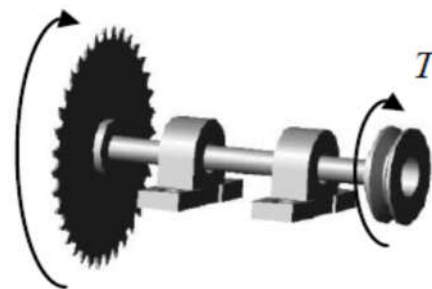
Dengan F = Gaya gergaji (Kg), σ_g =Tegangan geser kayu (Kg/mm²), A = Luas penampang mata pisau gergaji (mm²), D = Diameter pisau Gergaji (mm) dan t = tebal piasu gergaji (mm).



Perancangan poros didasarkan pada pembebanan yang terjadi akibat gaya yang dibutuhkan untuk memotong kayu yang mengakibatkan momen puntir pada poros pisau gergaji, sehingga tegangan geser poros dirancang dengan persamaan (Sularso, 1997);

$$\tau = \frac{5,1.T}{d_s^3} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan τ = Tegangan geser (Kg/mm²), T = Momen Puntir (Kg/mm), d_s^3 = Diameter poros (mm).



Gambar 1. Desain Porors dan pisau gergaji

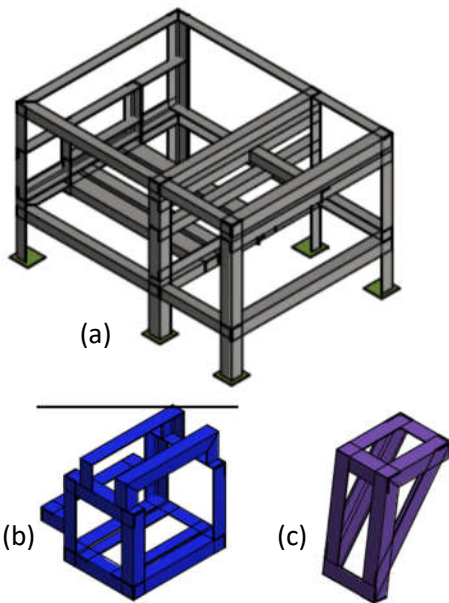
Ranga mesin dirancang menggunakan material besi profil L dengan ukuran dan spesifikasi seperti terlihat pada tabel..... adapun perancangan kekuatan struktur rangka mesin menggunakan pendekatan mekanika pembebanan statis, beban maksimum rangka dihitung berdasarkan beban total yang disangga rangka, termasuk didalamnya berat kayu, motor penggerak dan komponen-komponen pembentuk mesin menggunakan persamaan (G. Niemann, 1999) ;

$$Fr = m.g \dots\dots\dots(4)$$

$$\sigma_t = \frac{Fr}{Ar} \dots\dots\dots(5)$$

dengan F_r = gaya yang bekerja pada rangka(N), σ_t = tegangan yang terjadi pada batang rangka (N/mm²), A_r = luas penampang batang rangka (mm²), seangkan m = massa total beban yang diterima rangka (kg) dan g = percepatan gravitasi.

Pembuatan rangka dengan metode sambungan las dengan desain rangka seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 (a)rangka utama, (b) Rangka penopang mata pisau yang bisa dipindah; (c) rangka penopang mata pisau naik-turun.

Tabel 1. Bahan yang digunakan

NO	NAMA BAHAN	UKURAN (mm)	JUMLAH
1	Besi profil L	50x50x5x6000	6 Staff
2	Poros	Ø30 Ø25	1 Meter 1 Staff
3	Puli	Ø101 Ø50,8	2 2
4	V-belt	A42,43	2
5	Bearing	P206 NIS P205 NIS	4 8
6	Poros berulir	Ø19	2
7	Mata pisau naik turun dan bergerak	Ø200	2
8	Tripleks	1200x900x8	1
9	Baut dan mur	Ø17 Ø14 Ø12 Ø10	24 4 4 4
10	Kawat las	RB26 Ø2,6	1
11	Motor	0,5 hp (2800 rpm)	2

Digunakan dua buah motor listrik sebagai penggerak, adapun perhitungan daya motor menggunakan persamaan ;

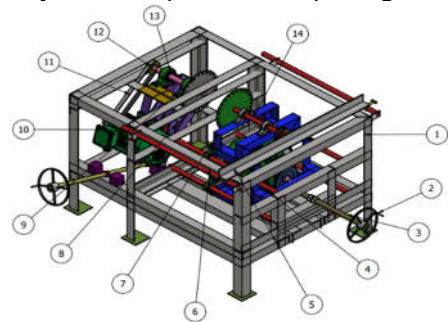
$$Pd = Fc.P \dots\dots\dots(6)$$

$$P = F \cdot v \dots\dots\dots(7)$$

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana d_p = Diameter mata pisau (mm), n_1 = Putaran motor (rpm), P_d = Daya motor rencana motor (kW) , P = Daya (rpm), F = Gaya yang bekerja pada pisau gergaji (N), v = Kecepatan putaran motor (m/s), F_c = Faktor koreksi.

Komponen lain yang juga termasuk dalam perancangan dan pemilihan antara lain; pemilihan V-belt dan pulli, pemilihan Bearing, perancangan poros ulir, poros alur, mekanisme stoper dan mekanisme kemudi. Desain Assembly mesin seperti terlihat pada gambar.



- 1. rangka utama
- 2. tuas kemudi
- 3. poros ulir
- 4. poros alur
- 5. stoper
- 6. poros stoper
- 7. rangka penggerak mata pisau
- 8. rangka penggerak mata pisau naik turun
- 9. mata pisau
- 10. motor
- 11. V-belt
- 12. pulli
- 13. bearing
- 14. poros mata pisau

Gambar 3. desain assembly mesin

Perbandingan rancangan mesin pemotong kayu metode multi cutter dengan mesin pemotong kayu konvensional sebagai berikut ;

Tabel 2. Perbandingan mesin potong kayu

No	RANCANGAN SEBELUMNYA	PENGEMBANGAN MESIN
1	Pisau pemotong : Menggunakan satu mata pisau gergaji	Pisau gergaji: Menggunakan dua mata pisau gergaji. Dimana mata pisau 1 yang pisaunya bisa naik turun dan mata pisau kedua bisa dipindah-pindahkan sesuai dimensi yang diinginkan.
2	Kapasitas produksi: Menghasilkan satu potongan kayu saja dalam proses satu kali pemotongan.	Kapasitas produksi: Menghasilkan lebih dari satu potongan kayu dalam proses satu kali pemotongan.

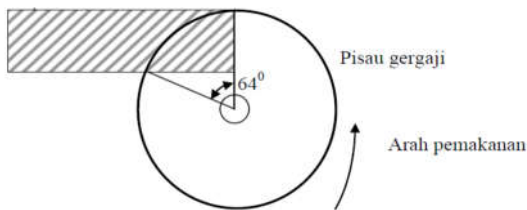
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan komponen

Komponen mesin yang termasuk dalam perancangan antara lain ; poros pisau gergaji, pemilihan pully, pemilihan v-belt, perhitungan daya motor listrik, analisa kekuatan rangka.

1. poros pisau gergaji.

Perancangan poros dihitung berdasarkan beban poros yang terjadi saat proses pemotongan kayu, dengan bahan poros ST 37. Diketahui Tegangan geser kayu = 104 Kg/cm² = 0,0104 Kg/mm² (Djoko Wahjono, 2005).



Gambar 4. Sketsa pemotongan kayu oleh pisau gergaji

Dengan diameter mata pisau =200mm, tebal pisau 2 mm, menggunakan persamaan (1) dan (2), diperoleh gaya yang dibutuhkan oleh mata pisau gergaji untuk dapat membelah kayu adalah sebesar 2,322 kg atau 22,75 N.

Besarnya momen puntir yang dibutuhkan pada poros pisau gergaji dihitung menggunakan persamaan (Sularso,1997);

$$T = F \times r \dots\dots\dots(9)$$

Untuk penggunaan mata pisau berdiameter 200 mm maka diperoleh besarnya momen puntir poros T = 232,2 kg.mm.

Tegangan geser yang dizinkan (τ_a) dihitung dengan persamaan (Sularso,1997);

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \times Sf_2)} \dots\dots\dots(10)$$

Poros dibuat dari material ST 37 dengan tegangan tarik (σ_B) =37 Kg/mm², sedangkan merujuk pada Sularso (1997), faktor keamanan (Sf_1) untuk bahan S-C adalah 6 dan faktor pengaruh (Sf_2) adalah 2, sehingga diperoleh nilai tegangan geser yang diijinkan sebesar 3,083 Kg/mm.

Diameter minimal poros dihitung dengan persamaan (Sularso,1997);

$$d_s = \left\{ \left(\frac{5.1}{\tau_a} \right) \times K_t \times C_b \times T \right\} \dots\dots\dots(11)$$

Dengan merujuk pada Sularso (1997) nilai faktor koreksi menurut ASME(K_t) = 1,5 dan faktor koreksi untuk beban lentur (C_b) = 1,5 dan dengan memasukan nilai momen puntir serta tegangan geser yang diijinkan pada persamaan (11) maka diperoleh diameter minimal poros = 9,52 mm. Menyesuaikan dengan diameter lubang mata pisau gergaji serta ukuran standar dari bantalan maka dipilih diameter poros (d_s) sebesar 30 mm, dari persamaan (3) dapat dihitung besarnya tegangan geser yang terjadi pada poros yakni sebesar 0,43 kg, nilai tegangan yang terjadi jauh lebih kecil dibandingkan nilai tegangan geser yang diijinkan.

2. Daya motor dan perbandingan pulli

Poros digerakan oleh motor listrik dengan transmisi putaran melalui puli dan v-belt, puli pada poros pisau gergaji berdiameter 101 mm sedangkan diameter puli pada motor listrik adalah 50 mm. Dipilih motor listrik dengan putaran 2800 rpm. Perbandingan putaran motor dan poros diperoleh dengan persamaan ;

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} \dots\dots\dots(12)$$

Dengan memasukan diameter puli dan putaran motor maka diperoleh putaran poros pisau gergaji sebesar 5600 rpm.

Daya motor yang dibutuhkan pada saat pemotongan kayu dapat dihitung dengan persamaan berikut (Subagja, 2007);

$$P = F \times v \dots\dots\dots(13)$$

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots(14)$$

Dengan v sebagai kecepatan keliling mata pisau, d_p adalah diameter mata pisau dan n_1 adalah putaran motor, sehingga diperoleh nilai daya P = 0,66671 kW. Dipilih daya motor sebesar 1 kW.

3. Perencanaan sabuk (v-belt)

Panjang sabuk dihitung dengan persamaan berikut (Sularso,2000) ;

$$L_s = \pi(r_1+r_2)+2x+[(r_1+r_2)^2/x] \dots\dots\dots(15)$$

Dengan memasukan nilai jari-jari masing-masing puli , $r_1 = 25$ mm, $r_2 = 50$ mm dan jarak antara kedua sumbu poros (x) = 400,5 mm, diperoleh panjang sabuk yang dibutuhkan adalah 2920,45 mm. Kecepatan linier sabuk Vs dihitung dengan menggunakan persamaan (14) dengan memasukan mengganti nilai dp dengan diameter puli, diperoleh nilai Vs = 14,65 m.s

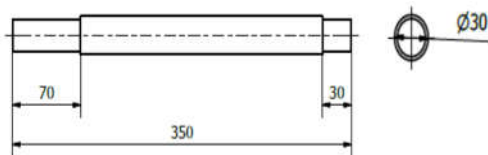
4. Kekuatan rangka

Rangka dirancang agar dapat menopang komponen-komponen mesin yang terpasang antara lain komponen transmisi, poros dan pisau gergaji dengan massa 22,5 kg, dua buah motor listrik 21 kg, poros ulir dan porors alur 5 kg, serta meja landasan 0,2 kg sehingga total massa yang ditopang oleh rangka adalah 43,7 kg.

Rangka dibuat dari besi siku ST 37 berukuran 5x5 cm dengan tebal 5 mm sehingga luas penampang melintang (A) = 475 mm². Gaya maksimum yang bekerja pada rangka dihitung dengan persamaan (4) diperoleh nilai Fr = 428,697 N, Tegangan pada rangka dihitung dengan menggunakan persamaan (5) dan diperoleh $\sigma_r = 0,90252 \text{ N/mm}^2$

4. Pembuatan dan assembly komponen

Mesin terdiri dari komponen yang harus dibuat dan juga beberapa komponen standar, komponen yang harus dibuat antara lain poros mata pisau gergaji, rangka utama dan rangka serta mekanisme pergerakan mata pisau. Poros mata pisau dibuat dari batang besi ST 37 yang dibubut hingga mencapai ukuran sesuai perencanaan.



Gambar 5. Ukuran komponen poros mata pisau



Gambar 6. pembuatan poros mata pisau

Rangka mesin dibentuk dari potongan besi siku yang disambungkan dengan cara pengelasan menggunakan las listrik dengan elektroda RB 26, sedangkan kekuatan las dihitung dengan persamaan berikut (Khurmi,2005) ;

$$\sigma = \frac{f}{t.l} \dots\dots\dots(16)$$

Dengan σ adalah tegangan yang terjadi, f adalah besarnya pembebanan dan t dan l adalah tebal dan lebar pengelasan dan untuk penggunaan elektroda las RB 26 maka nilai $\sigma \leq 55 \text{ Mpa}$.



Gambar 7. Proses pengelasan rangka



Gambar 8. Rangka utama setelah dilas

Dua unit mekanisme untuk menggerakkan mata gergaji untuk arah pergerakan horisontal dan vertikal dipasang pada rangka utama seperti terlihat pada gambar 8



Gambar 9. Mekanisme penggerak mata gergaji

Tabel 3. Bahan dan komponen pementuk mesin

NO	NAMA BAHAN	UKURAN (mm)	JUMLAH
1	- Rangka		
	- Besi profil L		
	a. Tiang	50x50x5x900	6
	b. Lebar	50x50x5x900	6
	c. panjang	50x50x5x1250	4
	- Dudukan motor	pxlxt:250x350x	1
	penggerak untuk pisau	400	
	naik turun		1
	- Dudukan/rangka untuk	pxlxt:350x300x	
	motor penggerak mata	400	1
	pisau ke dua		
	- Stoper		
2	- Poros		
	a. Poros bertingkat untuk	Ø30 – Ø25	2
	dudukan pisau		
	b. Poros bertingkat untuk	Ø20	2
	dudukan puli penggerak		
	c. Poros bertingkat untuk	Ø25	2
	dudukan puli digerakan		
	d. Poros untuk alur mata	Ø25	4
	pisau ke dua		
3	- Puli		
	Puli (pisau naik turun)		
	a. Puli digerakan	Ø101	1
	b. Puli penggerak	Ø50,8	1
	Puli (Pisau bergerak)		
	a. Puli digerakan	Ø101	1
	b. Puli penggerak	Ø50,8	1
4	V-belt	A42,43	2
5	Bearing	P206 NIS	4
		P205 NIS	8
6	Poros berulir	Ø19	2
7	Mata pisau naik turun dan	Ø200	2
	bergerak		
8	Meja landasan	1200x900	1
9	Baut dan mur	Ø17	24
		Ø14	4
		Ø12	4
		Ø10	4
10	Kawat las	RB26 Ø2,6	1
11	Motor	1 hp (2800 rpm)	2



Gambar 10. Final Asembly mesin

Tabel 3 menunjukkan bahan yang dan komponen yang digunakan dalam pembuatan mesin pemotong kayu dengan multicutter.

Ujicoba Mesin

Uji coba Alat Pemotong Kayu Multi Cutter/Pisau menggunakan kayu jati dengan dimensi awal kayu yang akan dipotong 0,04x0,3x4 m, dilakukan 3 kali uji coba dengan posisi pemotongan melintang dan memotong (membelah). Sehingga didapat waktu rata-rata pemotongan dan kapasitas rata-rata terhadap waktu dengan posisi memotong melintang yang menggunakan 1 mata pisau didapat waktu rata-rata pemotongan 7,6 detik dan kapasitas rata-rata terhadap waktu dengan posisi memotong melintang yang menggunakan 1 mata pisau didapat waktu rata-rata pemotongan 0,048 m³/7,6 detik meghasilkan dimensi kayu 0,04x0,3x1 m dalam satu kali proses pemotongan menghasilkan 1 potongan kayu, Posisi memotong melintang yang menggunakan 2 mata pisau didapat waktu rata-rata pemotongan 12,67 detik dan kapasitas rata-rata terhadap waktu 0,048 m³/12,67 detik meghasilkan dimensi kayu 0,04x0,3x0,33 m dalam satu kali proses pemotongan menghasilkan 2 potongan kayu, Posisi memotong (membelah) dengan 1 mata pisau mendapatkan waktu rata-rata pemotongan yaitu 30,6 detik dan kapasitas rata-rata terhadap waktu 0,012 m³/30,6 detik menghasilkan dimensi kayu 0,04x0,1x1 m dalam satu kali proses pemotongan menghasilkan 1 potongan kayu. Setelah itu dilakukan lagi posisi memotong (membelah) dengan menggunakan 2 mata pisau mendapatkan waktu rata-rata pemotongan yaitu 41 detik dan kapasitas rata-rata terhadap waktu 0,012 m³/30,6 detik menghasilkan dimensi kayu 0,04x0,1x1 m dalam satu kali proses pemotongan menghasilkan 2 potongan kayu. Dengan hasil ukuran kayu yang telah dipotong (mebelah) pada mata pisau 1 berdimensi: 0,04x0,1x1m. dan pada mata pisau 2 berdimensi 0,04x0,1x1m. Proses pemotongannya bisa dilihat pada gambar berikut:



Gambar 11. Ujicoba pemotongan kayu dengan posisi melintang menggunakan 2 matau pisau



Gambar 12. Ujicoba pemotongan kayu dengan posisi membelah menggunakan 2 mata pisau

PENUTUP

Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

a. Alat Pemotong Kayu Multi Cutter/Pisau yang telah dibuat memiliki ukuran keseluruhan tinggi 900 mm, panjang 900 mm, lebar 1250 mm. Dengan spesifikasi keseluruhan alat menggunakan bahan besi siku 50x50x5mm dan mempunyai dua mata pisau, Dimana mata pisau 1 bisa bergerak naik turun dan mata pisau ke-2 bisa dipindah-pindahkan sesuai keinginan operator. Pada penggerak menggunakan dua motor penggerak 1 HP.

b. Hasil dari 1 kali proses pemotongan dari Alat Pemotong Kayu Multi Cutter/Pisau ini adalah Kayu jati yang dimensi awalnya 0,04x0,3x1 m dan volume kayu 0,012 m³ menghasilkan 2 potongan dengan rata-rata waktu 41 detik dan kapasitas rata-rata terhadap waktu yaitu 0,012 m³/30,6 detik dalam proses 1 kali pemotongan, Dengan jarak maksimum 320 mm dan minimum 60 mm.

Saran

Pada pembuatan alat ini masih terdapat kekurangan, yaitu pada alur mata pisau ke-2 masih menggunakan pillow block untuk menjadi bushing, Pada dudukan rangka mata pisau ke-2 yang bisa dipindah-pindahkan tidak menggunakan rel roda, dan tidak ada penutup motor listrik untuk mencegah serbuk masuk kedalam ruang atau dudukan motor, disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penyempurnaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ismail, dkk.2017 *Peningkatan Produktifitas Proses Produksi Pengrajin Kusen dan Pintu Berbasis Mesin Band Saw*.Malang : Penerbit Universitas Widyagama Malang
- Khurmi RS Gupta, JK., 2005. *Text Book Of Machine Design Eurasia*, Publising House, ltd Ram Nagar, New Delhi
- Niemann G., A. 1999 *Elemen Mesin Jilid II*", Erlangga, Jakarta
- Osly Rachman, dkk 2011 *Pengaruh Pola Pengrajin Terhadap Rendamen Dan Waktu Menggergaji Kayu Meranti (SHOREA SPP.)*
- Revandy Iskandar 2015 *Kekuatan Kayu* Program Studi Ilmu Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara *Rimba.kita.com, Indonesia.alibaba.com*
- Shigley (1984). *Perencanaan Teknik Mesin*. Jakarta: Erlangga.
- Sularso, Kiyokatsuga. (1997) (2002). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.