

Sistem Pengolahan Limbah Kayu Untuk Membuat Jam Bandul Dengan Menggunakan Metode *Hand Lay Up*

Almay Afif¹, Teuku Zulfadli² Misswar Abd^{*3} Kamarullah⁴ Muhammad Yusuf⁵

^{1,3,4} Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Iskandarmuda, Banda Aceh

² Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Politeknik Negeri Lhokseumawe

E-mail: almay.afif1998@gmail.com, zoel_mo4@yahoo.co.id,
misswar@unida-aceh.ac.id*

Abstrak

Bagi orang yang menyukai jam dinding, mungkin akan tertarik pada jam dinding yang memiliki bentuk yang artistik dan menarik di toko jam, salah satu contohnya yaitu jam bandul. Jam dinding yang memiliki bentuk artistik dapat disebut sebagai alat yang memiliki sifat multifungsi, karena selain memiliki fungsi sebagai petunjuk waktu, juga dapat dialih fungsi sebagai hiasan interior yang indah di rumah. Jam bandul juga sebagai pilihan karna selain design yang artistik, jam bandul juga sudah jarang kita jumpai saat ini. Pendulum, suara yang indah, pegas maupun rantai ini yang menjadikannya tujuan pengayaan interior rumah hingga saat ini, tidak hanya bagi kolektor benda antik. Jam pendulum atau bandul bekerja dengan memanfaatkan gaya gravitasi atau pegas karena tidak menggunakan tenaga baterai. Tujuan pembuatan produk jam bandul dari bahan kayu adalah agar mengetahui pengolahan limbah kayu untuk membuat jam bandul dengan menggunakan metode hand lay up. Rasio yang didapat dari perbandingan roda gigi A/pinion b (60/10) adalah 6, rasio roda gigi B/pinion c (64/8) adalah 8, dan rasio roda gigi C/ pinion d (60/10) adalah 6. Karena roda gigi C adalah roda gigi yang akan berputar sesuai putaran jarum menit dan dengan rasio roda gigi C/pinion d adalah 6 akan membuat roda gigi D berputar sebanyak 6 putaran permenit atau 360 putaran perjam, dengan rasio roda gigi B/pinion c adalah 8 akan membuat roda gigi B berputar sebanyak 0,125 putaran permenit atau 7,5 putaran perjam, dengan rasio roda gigi A/pinion b adalah 6 akan membuat roda gigi A berputar sebanyak 0,021 putaran permenit atau 1,25 putaran perjam jika dihitung dari roda C.

Kata kunci: Jam bandul, Gaya gravitasi, Metode *hand lay up*, Rasio roda gigi

Abstract

People who like wall clocks might be interested in wall clocks with artistic and attractive shapes in clock shops, one example is a pendulum clock. A wall clock with an artistic shape can be called a multifunctional tool because apart from telling the time, it can also be used as a beautiful interior decoration at home. Pendulum clocks are also an option because apart from their artistic design, we rarely see pendulum clocks nowadays. Pendulums, lovely sounds, springs and chains make it a destination to enrich home interiors to this day, not only for antique collectors. Pendulum or pendulum clocks utilise gravity or springs because they do not use battery power. The aim of making pendulum clock products from wood is to understand the processing of wood waste to make pendulum clocks using the hand layup method. The ratio obtained from the gear ratio A/pinion b (60/10) is 6, the gear ratio B/pinion c (64/8) is 8, and the gear ratio C/pinion d (60/10) is 6. Because gear C is a gear that will rotate according to the minute hand and with a gear ratio C/pinion d of 6 it will make gear D rotate 6 revolutions per minute or 360 revolutions

per hour, with a gear ratio $B/\text{pinion } c$ of 8 will make gear B rotate 0.125 revolutions per minute or 7.5 revolutions per hour, with a gear $A/\text{pinion } b$ ratio of 6 it will make gear A rotate 0.021 revolutions per minute or 1.25 revolutions per hour if calculated from wheel C .

Key words: Pendulum clock, Gravitational force, Hand lay up method, Gear ratio

1. PENDAHULUAN

Jam merupakan suatu inovasi insan tertua yang memenuhi kebutuhan agar konsisten mengukur interval waktu yang lebih singkat dari pada unit alami seperti hari, bulan, dan tahun. Jam dinding juga bisa difungsikan sebagai pajangan atau sebagai hiasan di dalam ruangan. Bagi para penggemar barang antik, jam bandul juga menjadi salah satu pilihan karena selain bentuknya yang artistik, jam bandul juga sudah jarang kita jumpai saat ini [1].

Di dalam KBBI, pendulum adalah “bandul yang bergantung pada seutas tali (rantai dan sebagainya) atau gantungan yang relatif panjang”. Jam bandul tetap diproduksi walaupun di zaman modern ini sudah banyak jam yang lebih efisien dengan menggunakan baterai. Sesuai namanya, jam ini digambarkan dengan bandul yang terus bergerak ke kanan dan ke kiri. Ciri khas lainnya ialah terdapat pegas ataupun rantai dengan beban yang setiap beberapa harinya selalu rutin ditarik.

Jam bandul memiliki dua jenis berdasarkan fungsinya, untuk jenis pertama yaitu jam bandul yang menggunakan beban yang terikat dengan rantai, dan jenis kedua yaitu yang memanfaatkan per atau pegas. Jam rantai dan jam pegas memiliki satu kesamaan, yaitu memanfaatkan putaran yang dihasilkan oleh rantai dan pegas. Pada roda gigi terdapat sisi yang saling bersinggungan. Di antaranya roda gigi pengatur kecepatan (*escapement*), jam, dan menit. Juga terdapat bilah-bilah roda gigi yang berfungsi untuk nada penunjuk waktu. Jam bandul yang memiliki spesifikasi lengkap, juga memiliki roda gigi penunjuk bulan dan hari. Apabila bandul berhenti mengayun, jam akan berhenti secara otomatis. Oleh karena itu, rantai harus ditarik ke posisi awal sebelum bandul berhenti mengayun. Rantai yang terhubung dengan beban dan roda penggerak akan berputar akibat gravitasi yang kemudian menciptakan gerakan pada bandul roda gigi lainnya. Apabila rantai dan beban diganti dengan pegas, pegas harus diputar sebelum ayunan bandul berhenti. Energi yang disimpan oleh pegas kemudian berfungsi untuk menggerakkan roda gigi dan mengayunkan bandul [2].

Pada industri pemotongan kayu dan kayu lapis, dimana batang kayu diproses hingga menjadi produk kayu siap pakai yang memiliki berbagai bentuk dan ukuran (3). Saat batang kayu diolah menjadi kayu siap pakai, menghasilkan beragam limbah(4). Limbah yang dimaksud yaitu bagian atau sisa kayu yang dianggap sudah tidak layak pakai lagi dalam suatu waktu, proses, dan tempat tertentu, akan tetapi masih dapat digunakan pada waktu, proses, dan tempat yang berbeda [5]. Terjadinya getaran bebas yaitu ketika gerakan didukung oleh gaya gravitasi atau gaya pemulihan elastis, contohnya gerakan mengayun pada bandul atau getaran benda fleksibel. Dengan kata lain, sistem tersebut terjadi karena aktivitas yang terdapat dalam sistem itu sendiri (bawaan) dan apabila gaya dari luar tidak ada yang bekerja. Sedangkan getaran paksa dipengaruhi oleh gaya gerak dari luar yang terjadi secara berulang dalam selang waktu yang sama atau gaya tidak tetap atau berjeda yang diterapkan pada sistem [6]. Yang artinya sistem beresilasi karena pengaruh gaya dari luar dan dipaksa untuk konsisten beresilasi pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan setara dengan salah satu frekuensi alami sistem,

maka keadaan resonansi akan diperoleh, dan osilasi yang berbahaya dapat terjadi [7].

Roda gigi pada umumnya adalah suatu benda dari logam atau non logam yang bulat dan pipih pada pinggirnya bergerigi[8]. Roda gigi sangat berguna sebagai pemindah gaya dari suatu roda gigi menuju roda gigi yang lain [9]. Transmisi yang berubah – ubah berangsur-angsur juga dapat diperoleh menggunakan roda-roda gigi. Salah satu maksud tersebut adalah dipergunakan pada perkakas pemindah kecepatan, dan merubah beban yang berat menjadi seringan mungkin [10].

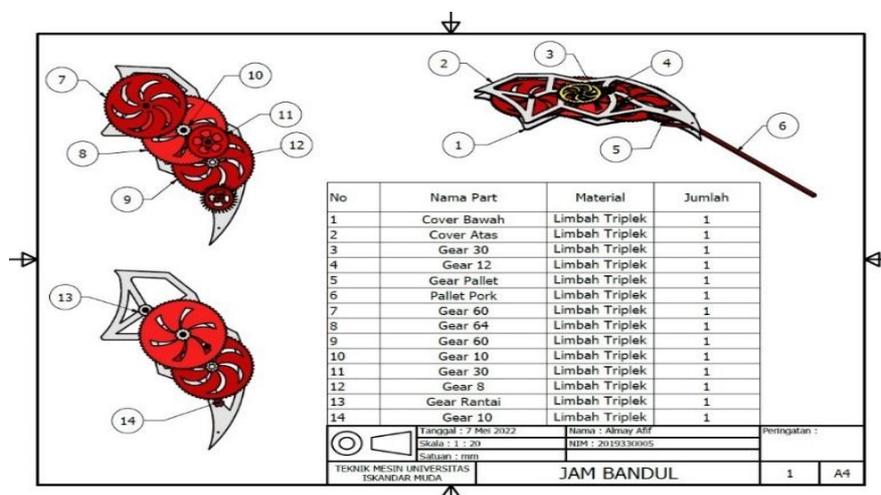
Rangkaian roda gigi dapat dibuat dari banyak rangkaian roda gigi, bukan hanya terdiri dari satu roda gigi yang digerakkan dan satu roda gigi penggerak. Pada rangkaian yang menggunakan banyak roda gigi, roda gigi pertama akan tetap menjadi roda penggerak, roda gigi terakhir akan tetap menjadi roda gigi yang digerakkan, dan roda gigi di antara roda penggerak dan yang digerakkan disebut roda gigi nirbeban. Roda gigi nirbeban ini sering kali digunakan untuk mengarahkan belokan atau untuk menghubungkan dua roda gigi, sedangkan mengatur roda pinion secara langsung akan membuatnya berat atau tidak mudah diakses.

2. METODELOGI

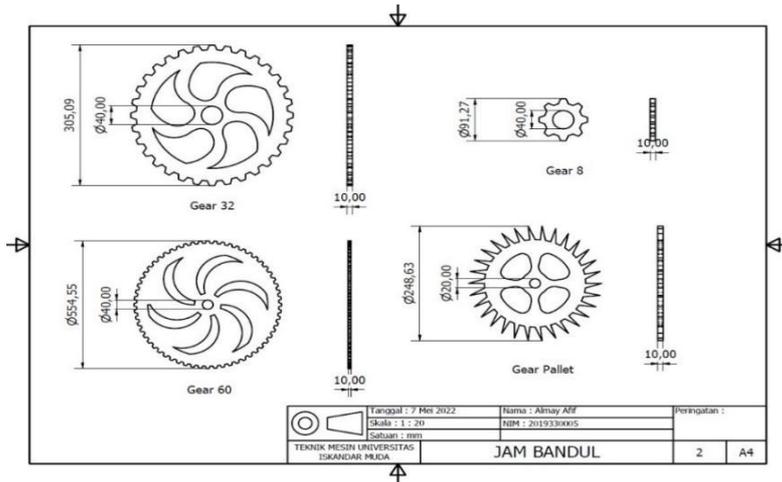
Proses pembuatan jam bandul (*pendulum*) ini dilakukan di salah satu panglong kayu milik saudara penulis, berlokasi di desa tungkop Kabupaten Aceh Besar. Pembuatan jam bandul menggunakan berbagai peralatan dan bahan, diantaranya sebagai berikut:

- Multiplek Melamin
- Beban 10 Kg
- Roda Gigi Sepeda
- Lem
- Cat Semprot Kaleng
- Mesin Las
- Mesin Bor
- Kuas Cat
- Bantalan
- Rantai Penahan Beban 10 Kg
- Baut dan Mur
- Cat Kayu
- Paku
- Mesin *Scroll Saw*
- Gunting
- Amplas

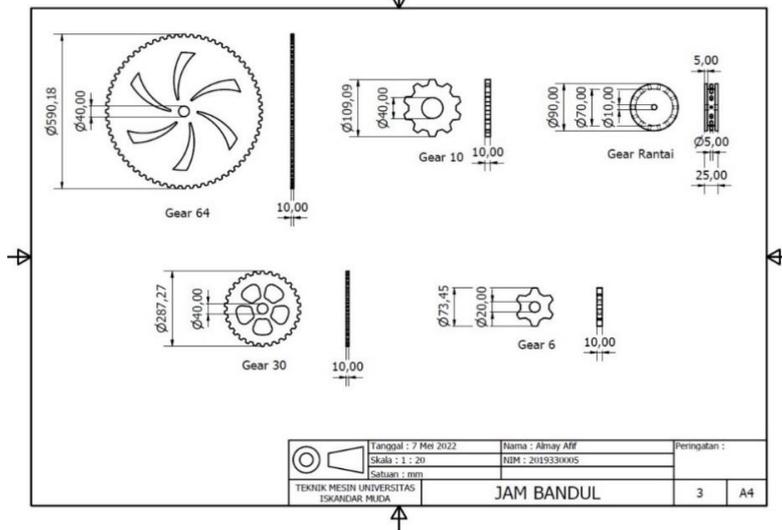
Pada penelitian kali ini, perencanaan bentuk produk jam bandul menggunakan aplikasi *Autodesk Inventor 2022*, bentuk perencanaan desain produk tertera padagambar berikut ini:



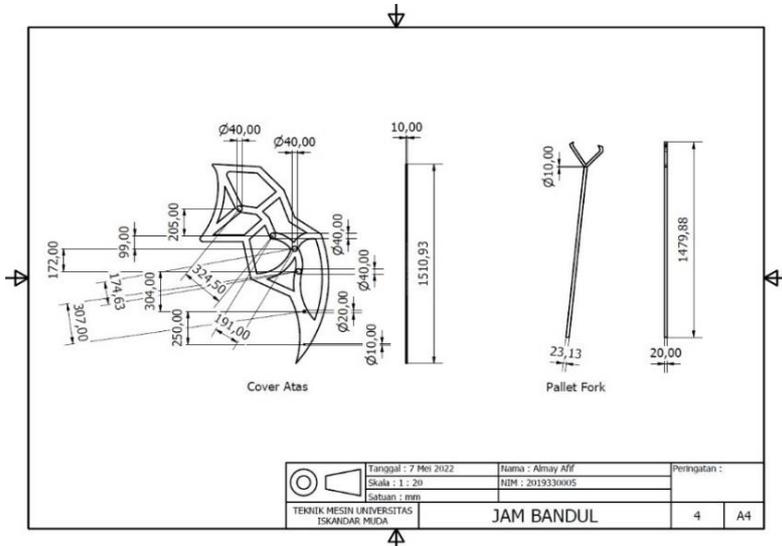
Gambar 1. Detail *drawing* komponen jam bandul Part 1



Gambar 2. Detail *drawing* komponen jam bandul Part 2



Gambar 3. Detail *drawing* komponen jam bandul Part 3



Gambar 4. Detail *drawing* komponen jam bandul Part 4

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian roda gigi yang di gunakan pada jam adalah rangkaian yang menunjukkan cara kerja jam tersebut. Pada penelitian ini, peneliti menerapkan rangkaian 4 roda yang tertera pada gambar berikut:



Gambar 5. Rangkaian 4 Roda

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa roda gigi A adalah roda gigi yang berperan sebagai penggerak utama, dan di ujungnya adalah roda gigi D yang berperan sebagai roda gigi *escapement*. Huruf besar A, B, C, dan D merupakan nama-nama roda gigi, dan huruf kecil a, b, c, dan d menunjukkan, sedangkan jumlah gigi pada roda gigi di sebut *leaves*. Pinion memiliki lebih sedikit jumlah gigi (*leaves*) dari pada roda gigi. Jika pinion b bersinggungan dengan roda gigi A, maka rasio A/b akan mendapatkan hasil lebih besar dari satu. Sebagai contoh, jika rasio $A/b = 6$ dapat diartikan satu putaran roda gigi A dapat memutar roda gigi B sebanyak 6 kali.

Roda gigi A adalah roda gigi yang bersinggungan dengan rantai penggerak dan beban, dengan kata lain roda gigi A adalah roda gigi yang berperan sebagai penggerak utama. Roda gigi C adalah roda gigi yang akan menentukan gerakan jarum menit, sedangkan roda gigi D adalah roda gigi *escapement* yang akan menentukan berapa kali setiap roda gigi harus berputar. Tiga roda gigi ini disebut roda gigi inti, karena jam tetap dapat bekerja meskipun hanya menggunakan tiga rangkaian roda gigi. Pada roda gigi D akan berhubungan dengan dua sisi palet, sehingga roda gigi D akan mengikuti pergerakan palet karena palet berfungsi sebagai penahan dari roda D (*escapement*). Total gigi pada roda gigi A, B, C, D, dan pinion a, b, c, dan d dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Total gigi pada masing – masing roda gigi

Roda gigi	Jumlah gigi
A	60
B	64
C	60
D	30

Tabel 2. Total gigi pada masing – masing pinion

Pinion	Jumlah gigi
a	-
b	10
c	8
d	10

Dari tabel di atas, rasio dari keduanya sudah dapat dihitung karena jumlah gigi dari masing – masing roda dan pinion sudah diketahui. Berikut adalah tabel perhitungan rasio dari masing – masing roda gigi dan pinion.

Tabel 3. Perhitungan rasio roda gigi

No	Nama Roda	Jumlah Roda Gigi	Jumlah Roda Pinion	Rasio	Hasil
		X	x	(X/x)	
1	A	60	-	A/b (60/10)	6
2	B	64	10	B/c (64/8)	8
3	C	60	8	C/d (60/10)	6
4	D	30	10		

Berikut adalah tabel data putaran roda gigi permenit dan perjam yang telah dihitung.

Tabel 4. Perhitungan putaran roda gigi

No	Nama Roda	Putaran Permenit	Putaran Perjam
1	A	0,021	1,25
2	B	0,125	7,5
3	C	1	60
4	D	6	360

Palet (*pallet fork*) atau yang dalam bahasa indonesia di sebut bandul (pendulum) adalah bagian pada jam yang berfungsi sebagai *escapement* atau mengatur putaran pada setiap roda gigi yang memiliki dua sisi yang berhubungan langsung ke roda gigi D.

Untuk menghitung detak pada palet, digunakan beberapa tahapan sebagai berikut.

Diketahui:

Putaran roda gigi D = 6 putaran/menit

- 1 menit = 60 detik
- Jumlah gigi roda gigi D = 30 gigi

Jawab:

- a. Putaran roda gigi D perdetik

$$= \frac{60 \text{ detik}}{\text{Putaran roda gigi D}}$$

$$= \frac{60}{6}$$

$$= 10 \text{ detik/putaran}$$

- b. Detak palet

$$= \frac{10 \text{ detik/putaran}}{\text{jumlah gigi roda gigi D}}$$

$$= \frac{10}{30}$$

$$= 0,33 \text{ detik}$$

Berikut adalah tabel yang menunjukkan nama dan jumlah gigi dari roda gigi dan pinion tambahan tersebut.

Tabel 5. Perhitungan rasio roda gigi jarum jam

No	Nama/Nomor Roda	Jumlah Gigi	Rasio	Hasil
1	Pinion b	10		
2	Roda Gigi 11	30	30/10	3
3	Pinion 4	12		
4	Roda Gigi 3	30	30/12	2,5

Putaran jarum jam di dapat dari menghubungkan pinion B dengan roda gigi nomor 11 yang berporos pada cover depan dan satu poros dengan pinion nomor 4, yang artinya putaran pada roda gigi nomor 11 akan sama dengan pinion nomor 4. Kemudian pinion nomor 4 akan berhubungan dengan roda gigi nomor 3 yang akan menunjukkan putaran jarum jam.

Untuk menghitung putaran jarum jam, digunakan beberapa tahapan sebagai berikut.

Diketahui:

- Putaran pinion b = 0,125 putaran per menit
- Rasio $\frac{\text{roda gigi 11}}{\text{pinion b}} = \frac{30}{10} = 3$
- Rasio $\frac{\text{roda gigi 3}}{\text{roda gigi 4}} = \frac{30}{12} = 2,5$
- Putaran roda gigi 4 = putaran roda gigi 11

Jawab:

- Putaran roda gigi 11
- = $\frac{\text{putaran pinion b}}{\text{rasio roda gigi 11}} = \frac{0,125}{3}$
- = 0,0416 putaran per menit
- Putaran pinion b = 0,125 putaran per menit
- Rasio $\frac{\text{roda gigi 11}}{\text{pinion b}} = \frac{30}{10} = 3$
- Rasio $\frac{\text{roda gigi 3}}{\text{roda gigi 4}} = \frac{30}{12} = 2,5$
- Putaran roda gigi 4 = putaran roda gigi 11

Jawab:

- Putaran roda gigi 4 = 0,0416

a. Putaran roda gigi 3

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{putaran roda gigi 4}}{\text{rasio roda gigi 3}} \\
 &= \frac{0,0416}{2,5}
 \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil jam bandul yang telah dibuat, peneliti mendapatkan kesimpulan dan analisa yaitu rasio yang didapat dari perbandingan roda gigi A/pinion b (60/10) adalah 6, rasio roda gigi

B/pinion c ($64/8$) adalah 8, dan rasio roda gigi C/ pinion d ($60/10$) adalah 6. Pada roda gigi A akan berputar sebanyak 0,021 putaran permenit dan 1,25 putaran perjam, pada roda gigi B akan berputar sebanyak 0,125 putaran permenit dan 7,5 putaran perjam, pada roda gigi C akan berputar sebanyak 1 putaran permenit dan 60 putaran perjam, pada roda gigi D akan berputar sebanyak 6 putaran permenit dan 360 putaran perjam. Karena roda gigi C adalah roda gigi yang akan berputar sesuai putaran jarum menit dan dengan rasio roda gigi C/pinion d adalah 6 akan membuat roda gigi D berputar sebanyak 6 putaran permenit atau 360 putaran perjam, dengan rasio roda gigi B/pinion c adalah 8 akan membuat roda gigi B berputar sebanyak 0,125 putaran permenit atau 7,5 putaran perjam, dengan rasio roda gigi A/pinion b adalah 6 akan membuat roda gigi A berputar sebanyak 0,021 putaran permenit atau 1,25 putaran perjam jika dihitung dari roda C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Landes, Davis S. (1983). *Revolusi dalam Waktu: Jam dan Pembuatan Dunia Modern*. Cambridge: Harvard University Press.
- [2] Bimo, W. (2011). *Bandul Penunjuk Waktu*. Jakarta.
- [3] Djoko, P. (2009). *Analisa Jenis Limbah Kayu pada Industri Pengolahan Kayu di Kalimantan Selatan*. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*.
- [4] Wayan, S. (2016). *Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu Di Kota Denpasar (studi Kasus Pada CV Aditya)*. *Jurnal Pasti*.
- [5] Widharmana, S. (1973). *Logging Waste dan Kemungkinan Pemanfaatannya Kerjasama Direktorat Jendral Kehutanan dan Fakultas Kehutanan IPB*. Bogor.
- [6] D. Dimargonas, Andrew. (2002). *Vibration For Engineers*. New Jersey.
- [7] E. Novianarenti, Y. Susantio, R. Hantoro. (2013). *Penentuan Parameter Bandul Matematis Untuk Memperoleh Energi Maksimum Dengan Gelombang Dalam Tangki*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Cooley P. (1972). *Engineering Drawing Comunication and Design*. Pitman Publishing.
- [9] Hawitt T. H. (1975). *Advanced Geometrikal and Enggineering Drawing*. The English University Press.
- [10] S. Hantoro, Tiwan. (2006). *Desain Profil Gigi Lurus Dengan Sistem Koordinat*. Yogyakarta.