

---

## PEMODELAN DAN ANALISIS DIMENSI UNTUK MENENTUKAN TORSI PADA GERGAJI PIRINGAN PEMOTONG KAYU

Christian Soolany, S.TP., M.Si.  
Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap  
christiansoolany@gmail.com

### Abstrak

Kayu merupakan kebutuhan dasar pada konstruksi bangunan, pengolahan kayu pada industri kayu menggunakan mesin perkakas untuk proses pemotongan seperti mesin gergaji. Banyaknya jenis – jenis kayu membuat mesin gergaji memerlukan penyesuaian terhadap ukuran torsi mesin gergaji yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pendekatan yang dilakukann untuk mengetahui torsi yang dibutuhkan pada mesin gergaji yaitu dengan membuat pemodelan sistem dengan analisis dimensi terhadap faktor – faktor yang mempengaruhi pada mesin gergaji piringan menggunakan metode bujur sangkar (*latin square*) dan *least square multivariabel*. Dari hasil pemodelan dan analisis dimensi yang dilakukan untuk menentukan besarnya torsi pada mesin gergaji piringan diperoleh persamaan  $y = 9,8645 x - 23,486$  dengan  $R^2 = 0.9833$  dengan metode bujur sangkar (*latin square*) ataupun *least square multivariabel*.

**Keywords : Kayu, Torsi, Pemodelan, Analisis Dimensi**

### 1. Pendahuluan

Sebagai salah satu bahan konstruksi, kayu memegang peranan cukup penting terutama untuk bahan bangunan sederhana atau yang bersifat sementara dan rangka untuk atap. Kayu adalah bahan di dapat dari tumbuh – tumbuhan di alam termasuk vegetasi hutan. Tumbuhan yang dimaksud disini adalah pohon (*tree*). Pohon berbeda dengan tanaman (*plant*). Dari tanaman tidak menghasilkan kayu. Kayu sebenarnya adalah daging pohon. Gergaji merupakan alat perkakas yang berguna untuk memotong benda kerja. Mesin gergaji merupakan mesin pertama yang menentukan proses lebih lanjut. Untuk mempermudah proses pemotongan kayu, perlu digunakan mesin gergaji. Alat pertanian mekanis yang ditawarkan adalah jenis alat potong piringan rotari *portable* dengan gerigi gergaji pada sekeliling luar piringannya yang digerakan oleh motor pembangkit daya (Sugiyanto, 2003).

Torsi dalam konsep fisika disebut momen, diawali dari awali dari kerja Archimedes dalam lever. Informalnya, torsi dapat dipikir sebagai gaya rotasional. Analog rotational dari gaya, masa, dan percepatan adalah torsi, momen inerti dan percepatan angular. Gaya yang bekerja pada lever, dikalikan dengan jarak dari titik tengah lever, adalah torsi.

**RATIH VOL.2 Edisi 2 Juni 2016**

---

Torsi yang didapat dari model matematika dan simulasi dapat digunakan untuk menghitung besarnya daya yang digunakan untuk memotong kayu dengan mesin gergaji piringan, sehingga jauh lebih efektif dan efisien dalam memotong kayu.

Secara umum pengertian model adalah suatu usaha untuk menciptakan suatu replica/tiruan dari syuatu fenomena/peristiwa alam. Model adalah penyederhanaan dari sistem yang akan dipelajari. Model sangat beragam, bisa dalam bentuk ikon, analog atau simbol. Model ikon meniru sistem nyata secara fisik, seperti globe (model dunia), planetarium (model system ruang angkasa), dan lain-lain. Model analog meniru sistem hanya dari perilakunya. Model simbol tidak meniru sistem secara fisik, atau tidak memodelkan perilaku sistem, tapi memodelkan sistem berdasarkan logikanya. Logika bisa bervariasi mulai dari intuisi ke bahasa verbal atau logika matematik. Karena model analisis simulasi harus dapat diimplementasikan pada komputer, maka model simulasi harus eksplisit, yaitu harus sebagai model simbolik paling tidak untuk level aliran logika sedangkan simulasi adalah suatu prosedur kuantitatif, yang menggambarkan sebuah sistem, dengan mengembangkan sebuah model dari sistem tersebut dan melakukan sederetan uji coba untuk memperkirakan perilaku sistem pada kurun waktu tertentu (Langhaar, 1986).

Analisis dimensi adalah alat konseptual yang sering diterapkan dalam fisika, kimia, dan teknik untuk memahami keadaan fisis yang melibatkan besaran fisis yang berbeda-beda. Analisis dimensi rutin digunakan dalam fisika dan teknik untuk memeriksa ketepatan penurunan persamaan. Misalnya, jika suatu besaran fisis memiliki satuan massa dibagi satuan volume namun persamaan hasil penurunan hanya memuat satuan massa, persamaan tersebut jelaslah tidak tepat. Hanya besaran-besaran berdimensi sama yang dapat saling ditambahkan, dikurangkan, atau disamakan. Jika besaran-besaran berbeda dimensi terdapat di dalam persamaan dan satu sama lain dibatasi tanda “+” atau “?” atau “=”, persamaan tersebut tidaklah mungkin; persamaan tersebut harus dikoreksi terlebih dahulu sebelum digunakan. Jika besaran-besaran berdimensi sama maupun berbeda dikalikan atau dibagi, dimensi besaran-besaran tersebut juga terkalikan atau terbagi. Jika besaran berdimensi dipangkatkan, dimensi besaran tersebut juga dipangkatkan (Glenn, 1950).

Tujuan dilakukannya kajian ini antara lain : mengetahui besarnya torsi yang digunakan untuk memutar gergaji piringan, membuat permodelan matematika dengan parameter-parameter yang mempengaruhi, membuat simulasi dari model yang di dapat dan melihat pengaruh dari masing-masing parameter terhadap nilai torsi yang dihasilkan.

**2. Metode**

**RATIH VOL.2 Edisi 2 Juni 2016**

Metode yang dilakukan dimulai dengan membuat model matematika yang dibentuk untuk mengetahui model dari torsi yang bekerja pada gergaji piringan. Model ini dapat dihitung dengan analisis dimensi kemudian dilakukan uji Least square Multivariabel untuk mendapatkan model matematikannya dan mensimulasikannya.

**a. Analisis Dimensi**

Variabel-variabel yang diduga berpengaruh terhadap torsi pemotongan bahan batang oleh gergaji piringan seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel yang diduga berpengaruh

No	Variabel bebas dan tak bebas	Simbol	Satuan	Dimensi
	Variabel Bebas			
	Bahan Batang Uji			
1	Diameter Batang	Db	m	L
2	Tegangan geser	$\tau$	N/m <sup>2</sup>	F L <sup>-2</sup>
3	Koefisien gesekan	$\mu$	-	-
4	Sudut kemiringan bahan	$\Theta$	-	-
	Peralatan			
5	Jari – jari piringan	R	.m	L
6	Sudut mata gergaji	$\beta$	-	-
7	Tebal pelat gergaji	.t	.m	L
	Sistem			
8	Kecepatan pengumpan	Vb	.m/sec	LT <sup>-1</sup>
9	Kecepatan Tangensial piringan gergaji	Vt	m/sec	LT <sup>-1</sup>
10	Torsi	T	N m	F L

Dari variabel ini kemudian di buat ke dalam matriks, antara dimensi dari variabel. Berikut ini adalah tabel matriksnya:

Tabel 2. Matriks hubungan analisis dimensi

	Db	$\tau$	R	T	Vb	Vt	T
M	0	1	0	0	0	0	1
L	1	-2	1	1	1	1	2
T	0	-2	0	0	-1	-1	-2

**RATIH VOL.2 Edisi 2 Juni 2016**

- Matriks ini mempunyai rank 3
- Dengan menggunakan teorema Buckingham, tujuannya adalah membentuk grup-grup tak berdimensi, maka di dapat untuk bilangan tak berdimensinya dengan rumus  $i = n - r$ , dimana  $i =$  jumlah grup tak berdimensi ;  $n =$  jumlah parameter yang terlibat ;  $r =$  rank dari matriks dimensional
- Didapat nilai  $\pi_1, \pi_2, \pi_3$ , dan  $\pi_4$ .
- Selanjutnya dipilih kombinasi yang tetap diambil secara acak yaitu  $T, \tau, Vt, \mu$  sebagai variabel tetap, didapat bilangan tak berdimensi  $\pi_1 = \frac{T}{\tau x R^3}$  ;  $\pi_2 = \frac{Db}{R}$  ;  $\pi_3 = \frac{Vt}{Vb}$  ;  $\pi_4 = \mu$ .

Berdasarkan persamaan Bentuk persamaan Pi-bebas pada ruas kanan hasil analisis dimensi tersebut di atas sangatlah kompleks/rumit jika akan dilakukan pengujian di laboratorium. Oleh karena itu perlu dilakukan penyederhanaan dan idealisasi saat pengujian di laboratorium, dengan asumsi – asumsi (Langhaar Henry L.,1986). Asumsi-asumsi dan idealisasi dalam melakukan percobaan yaitu tegangan geser  $\tau$ , koefisien gesek  $\mu$  yang dimiliki oleh seluruh bahan batang uji karena sejenis adalah sama.

Setelah mendapatkan persamaan bilangan tak berdimensi ( $\pi_1, \pi_2, \pi_3$ ), data dianalisa menggunakan metode bujur sangkar (*latin square*) untuk mendapatkan model matematis persamaan torsinya. Data yang dianalisa menggunakan kayu meranti sebagai sampel kayu yang digunakan. Langkah yang dilakukan yaitu:

- Hubungan antara  $\pi_1$  dan  $\pi_2$

$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3)$ , dalam hal ini  $\pi_3$  pada nilai konstan tertentu yaitu  $\pi_3$  pada nilai  $Vt = 3,67$  m/s,  $Vb = 4,5 \times 10^{-4}$  m/s. Tegangan geser ( $\tau$ ) kayu meranti =  $22460647,61$  N/m<sup>2</sup>, jari-jari piringan ( $R$ ) = 0,125 m.

- Hubungan antara  $\pi_1$  dan  $\pi_3$

Hubungan  $\pi_1$  dan  $\pi_3$  secara matematis dapat dituliskan  $\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3)$ , dalam hal ini  $\pi_1 = f \pi_2$  pada nilai konstan tertentu dengan diameter bahan ( $Db$ ) = 3 cm dan jari-jari piringan gergaji ( $R$ ) = 12,5 cm.

No	T perc.	T pred.
1	5.3089	28.671295
2	5.5395	31.624631
3	5.8624	33.887681
4	6.0251	36.151074

**RATIH VOL.2 Edisi 2 Juni 2016**

Persamaan yang didapat dari hubungan antara  $\pi_1$ ,  $\pi_2$ , dan  $\pi_3$  didapatkan model persamaan matematis untuk menghitung nilai torsi adalah sebagai berikut:

$$T = 9,4627 \times 10^{-4} \tau R^3 \left(\frac{Db}{R}\right)^{0,2751} \left(\frac{Vb}{Vt}\right)^{0,242}$$

Untuk lebih memvalidasikan model matematis yang didapatkan, dibandingkan dengan metode least square multivariable.

Model yang diajukan  $Y = a X_1^b X_2^c$

Dimana Y merupakan nilai dari  $\pi_1$ ,  $X_1$  adalah nilai dari  $\pi_2$ , dan  $X_2$  adalah nilai dari  $\pi_3$ . Dengan mengubah bentuk model diatas menjadi bentuk linier, maka dengan menggunakan metode Least Square untuk persamaan linier multivariabel bisa diperoleh koefisien a, b, dan c.

Bentuk umum untuk persamaan linier multivariabel dan penyelesaiannya dengan menggunakan metode Least Square:

$$y = a + bx_1 + cx_2$$

$$\sum_{i=1}^n (a + bx_{1i} + cx_{2i} - y_{di})^2 \rightarrow \min$$

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} \\ \sum x_{1i} & \sum (x_{1i})^2 & \sum x_{2i}x_{1i} \\ \sum x_{2i} & \sum (x_{1i}x_{2i}) & \sum (x_{2i})^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_{di} \\ \sum (y_{di}x_{1i}) \\ \sum (y_{di}x_{2i}) \end{bmatrix}$$

Berdasarkan model yang diajukan untuk penerapan pada kasus ini, maka dibuat persamaan linier multivariabel seperti di bawah ini sehingga bisa diselesaikan dengan menggunakan Least Square Multivariabel.

$$\text{Log } Y = \text{log } a + b \text{ log } X_1 + c \text{ log } X_2$$

**3. Hasil dan Pembahasan**

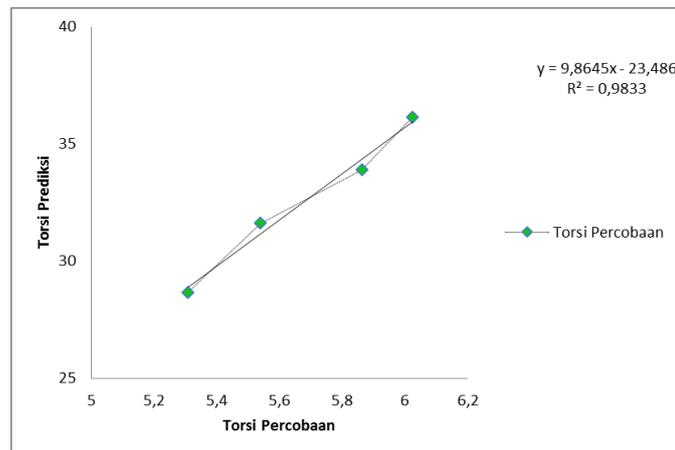
Dengan menggunakan program microsoft excel 2013 diperoleh y model dalam batas error yang kecil.

$$T = 5,29 \times 10^{-4} \tau R^3 \left(\frac{Db}{R}\right)^{0,385} \left(\frac{Vb}{Vt}\right)^{-0,126}$$

Model yang di dapatkan dengan menggunakan persamaan least square multivariabel kemudian di buat simulasi untuk mengetahui nilai regresi dari model matematis yang dibentuk.

Dari data yang diperoleh dari jurnal yang menghitung besarnya torsi yang digunakan untuk memotong kayu meranti dibandingkan dengan torsi prediksi yang didapatkan dari model matematis yang dibentuk. Berikut ini adalah tabel nilai hasil percobaan dan prediksi.

Tabel 4. Hasil perbandingan antara Torsi percobaan dengan Torsi Prediksi



Dari grafik ini dapat dilihat bahwa hasil torsi prediksi memiliki nilai error yang kecil jadi dapat dikatakan valid. Model matematis yang dihasilkan dengan menggunakan metode bujur sangkar (latin square) ternyata tidak jauh berbeda dengan menggunakan metode least square multivariabel, karena nilai error yang dihasilkan rendah. Jadi untuk menentukan torsi yang digunakan untuk memotong sebuah batang kayu dapat menggunakan metode bujur sangkar (*latin square*) ataupun *least square* multivariabel.

#### 4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, model matematis yang didapatkan dapat digunakan untuk menghitung besarnya torsi yang dibutuhkan untuk memotong kayu.
2. Nilai error yang didapatkan pada model matematis sangat kecil sehingga model bisa dikatakan valid dan bisa dijadikan referensi

#### 5. Referensi

- Glenn, Murphy, 1950. *Similitude in Engineering*. The Ronald Press Company, New York.
- Langhaar, Henry, 1986. *Dimensional Analysis and Theory of Model*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Sugiyanto, Bambang, 2003, *Kajian Torsi Gergaji Piringan Pada Mesin Pemanen*, Pascasarjana UGM, Yogyakarta

**RATIH VOL.2 Edisi 2 Juni 2016**

---

Sugiyanto, B dan Taufik R, 2006, Torsi Gergaji Piringan Untuk Memotong batang Tanaman Tebu,  
Buletin Agricultural Engineering Bearing, USU, Sumatera Barat