

# PEMODELAN UNTUK MENENTUKAN HUBUNGAN TWIST TERHADAP NOMOR BENANG NM PADA MESIN ROTOR OPEN-END SPINNING MENGGUNAKAN METODE LAGRANGE DAN KOMPUTASI NUMERIK (PENDEKATAN FISIKA)

---

Valentinus Galih Vidia Putra<sup>1</sup> & Andrian Wijayono<sup>1</sup>

Textile Engineering Departement, Politeknik STTT Bandung, Indonesia<sup>1</sup>

**Abstrak:** Penentuan nomor benang Nm dalam industri tekstil dapat ditentukan dari nilai twist pada benang. Penentuan twist pada benang dapat diselesaikan dengan berbagai teori pemodelan untuk menentukan hubungan antara twist pada proses spinning, baik di mesin ring spinning ataupun di mesin open-end spinning, terhadap nomor benang telah banyak dilakukan dan terus dikembangkan untuk mendapatkan bentuk pemodelan yang dapat memperlihatkan nilai twist terhadap nomor benang. Pada penelitian ini telah dijabarkan perumusan yang dapat memperlihatkan hubungan antara twist terhadap nomor benang dengan menggunakan pendekatan teoritik secara lebih lengkap serta pendekatan mekanika analitik (metode Lagrange) dan komputasi numerik. Didapatkan hasil bahwa rumusan twist optimum untuk mesin rotor open end  $T = 3,3\beta\sqrt{N_m}$  sedangkan twist minimum adalah  $T = \beta\sqrt{N_m}$

**Kata Kunci:** *actual twist, nomor benang, metoda Lagrange.*

## 1. PENDAHULUAN

Hubungan penjabaran twist dengan nomor benang dalam tinjauan mekanika analitik dalam berbagai literatur jarang ditemui, beberapa penelitian lebih menitikberatkan pada penjabaran hubungan twist terhadap kecepatan rotor, seperti Furter (2009) dan Lawrence (2010) besar *twist* pada mesin spinning bergantung pada kecepatan rotor pada mesin rotor spinning/spindle pada mesin ring spinning dan juga kecepatan *delivery yarn*, dan dirumuskan seperti pada persamaan (1) di bawah, sedangkan menurut Vaclav Rohlena (1975) bentuk *twist* dapat dibedakan menjadi dua buah bentuk yaitu: tipe Z-Twisted dan tipe S-Twisted. Benang tekstil sudah banyak dibahas dan diteliti oleh berbagai peneliti [5-13]. Bentuk S-Twisted adalah bentuk yang mana arah kecepatan antara penghantar yarn dan kecepatan rotor memiliki arah yang sama, sebaliknya jika arahnya berlawanan, maka tipe twist adalah Z-Twisted, nilai twist bergantung dari kecepatan anguler yarn terhadap kecepatan *delivery yarn*, hubungan Antara actual twist dengan nomor benang menurut Vaclav Rohlena (1975) seperti persamaan (2)

$$T = \frac{n_{rotor}}{Vd} (1/m) \quad (1)$$

$$T = \eta N_m^{2/3} \quad (2)$$

Dengan  $\eta$  adalah koefisien pengali twist. Hubungan twist terhadap kecepatan rotor ( $n_{rotor}$ ) dan delivery yarn ( $Vd$ ) menurut Gunter Trommer (1995) pada mesin rotor spinning adalah sesuai dengan persamaan (3) dan hubungan terhadap nomor benang secara umum dapat diperlihatkan pada persamaan (4)

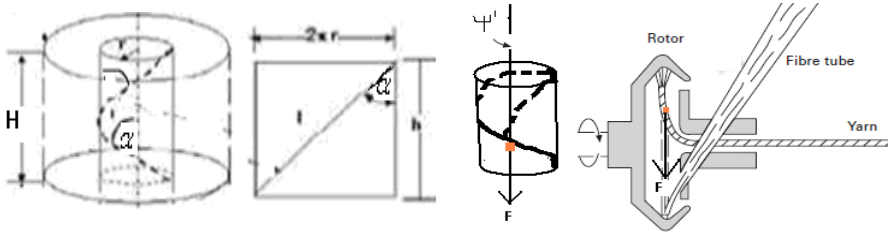
$$T = \left( \frac{n_{rotor}}{Vd} + \frac{1000}{\pi d} + e_G \frac{1000}{\pi d} \right) \approx \frac{n_{rotor}}{Vd} \quad (3)$$

Terdapat berbagai macam pemodelan untuk menentukan besar *twist* terhadap kecepatan rotor, tetapi jarang ditemui rumusan baku yang menghubungkan besar *twist* dengan nomor benang. Kajian *twist* terhadap penomoran benang  $N_m$  yang lebih akurat yaitu dengan mengacu pada rumusan Gunter Trommer (1995) [4] dan Furter (2009) [1] serta Vaclav Rohlena (1975) [3] perlu dikaji, karena terdapat berbagai metode yang menghasilkan rumusan yang berbeda.

$$T = \alpha_e \sqrt{N_m} \quad (4)$$

## 2. PEMODELAN TWIST DENGAN METODE LAGRANGE

Definisi *twist* adalah jumlah puntiran dalam tiap panjang  $H$  pada yarn. Dapat diperlihatkan pada **Gambar-1**.



**Gambar-1 Panjang satu putaran twist**

$\alpha$  adalah Besar sudut twist,  $F$  adalah  $F_{\text{spin}}$  gaya take up roller,  $r$  adalah jejeri yarn, maka

$$T = \frac{1}{H} \quad (5)$$

$$\text{tgn } \alpha \approx \frac{\pi r}{h} = \frac{2\pi r}{H} \quad (6)$$

$$\frac{1}{H} = \frac{\text{tgn } \alpha}{2\pi r} \quad (7)$$

Lagrangian L adalah

$$L = T - V = \frac{1}{2} m (\dot{l}^2 + l^2 \sin^2 \alpha \dot{\psi}^2) - Fl \cos \alpha \quad (8)$$

$$L = \frac{1}{2} m (\dot{l}^2 + l^2 \sin^2 \alpha \dot{\psi}^2) - F \frac{l \sin \alpha}{\text{tgn } \alpha} \quad (9)$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{r}'} \right) = \frac{dL}{dr} \quad (10)$$

$$m \dot{l}'' = m l \sin^2 \alpha \dot{\psi}^2 - F \cos \alpha \quad (11)$$

Jika dianggap kecepatan  $l'$  lilitan yarn konstan, maka

$$ml \sin^2 \alpha \psi'^2 = F \cos \alpha$$

$$\frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = \frac{F}{ml \psi'^2}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{F}{ml \psi'^2}} \approx \sqrt{\frac{Fh}{\psi'^2 l^2 m}} \quad (12)$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{F}}{\psi' l} \sqrt{N_m} \quad (13)$$

$$\sin \alpha = \text{tgn} \alpha = \text{const} \sqrt{N_m} \quad (14)$$

Maka didapatkan bahwa nilai twist adalah

$$\frac{1}{H} = \frac{\text{tgn} \alpha}{2\pi r} \quad (15)$$

$$\quad (16)$$

$$T = \frac{\sqrt{F}}{2\pi r \psi' l} \sqrt{N_m} = \beta \sqrt{N_m}$$

Dengan nilai  $\psi' r = R\phi' - (R - r)\theta'$  dan  $\beta$  adalah koefisien (17)

twist

$$T \propto \sqrt{N_m} \quad (18)$$

(19)

Hasil hubungan antara twist dan nomor benang pada persamaan di atas sesuai dengan hasil studi Gunter Trommer (1995), Lawrence (2010) dan Furter (2009). Bentuk pemodelan di atas dapat dianggap bahwa kecepatan  $l'$  bernilai konstan. Untuk percepatan  $l''$  pelilitan memiliki suatu nilai tertentu, maka

$$ml''' = ml \sin^2 \alpha \psi'^2 - F \cos \alpha \quad (20)$$

$$ml \sin^2 \alpha \psi'^2 = ml''' + F \cos \alpha \quad (21)$$

$$ml \sin^2 \alpha \psi'^2 = F_{\text{fibre}} + F \cos \alpha \quad (22)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{F_{\text{fibre}}}{ml \psi'^2} + \frac{F_{\text{spin}}}{ml^2 \psi'^2} h} \quad (23)$$

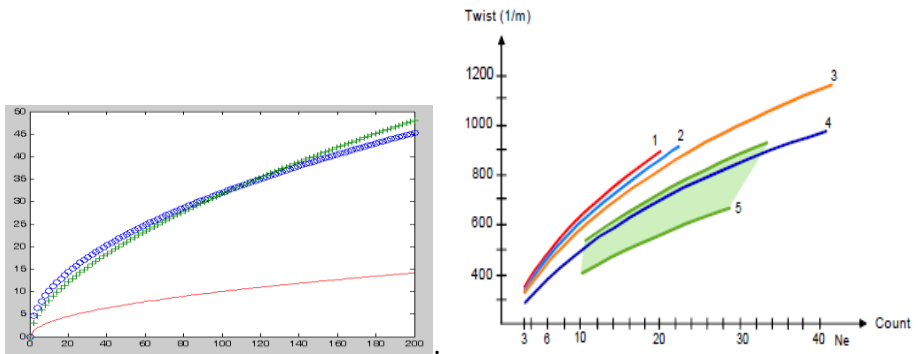
$$\sin \alpha \approx \sqrt{\frac{F_{\text{fibre}}}{ml^2 \psi'^2} h + \frac{F_{\text{spin}}}{ml^2 \psi'^2} h} \quad (24)$$

$$\tan \alpha \approx \left(1 + \frac{F_{\text{spin}}}{F_{\text{fibre}}}\right)^{1/2} \frac{\sqrt{F_{\text{fibre}}}}{l \psi} \sqrt{N_m} \quad (25)$$

Mengutip hasil eksperimen Gunter (1995) [4],  $F_{\text{fibre}} = 10, \dots, 15 F_{\text{spin}}$ , maka

$$\tan \alpha \approx \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{F_{spin}}{F_{fibre}} \right) 3,1 \frac{\sqrt{F_{spin}}}{l\psi'} \sqrt{N_m} \approx 3,3 \frac{\sqrt{F_{spin}}}{l\psi'} \sqrt{N_m} \quad (26)$$

Hasil model teori ini sesuai dengan rumusan secara eksperimen yang dilakukan oleh Gunter (1995). Lawrence (2010) dan Furter (2009) yang juga menyatakan bahwa dengan bertambahnya nomor benang, maka nilai twist juga akan semakin membesar tidak secara linear dan hasil grafik hubungan antara yarn twist dengan nomor yarn seperti pada **Gambar-2**.



(A)

(B)

Gambar-2 (A) Hubungan twist dan *yarn number* untuk variasi nomor benang: merah adalah twist minimum, biru dan hijau adalah twist maksimum (untuk koefisien twist yang berbeda); (B) Hubungan twist dan *yarn number* (R. Futher, 2009)

### 3. KESIMPULAN & SARAN

#### 3.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa rumusan twist  $T$  yang didapatkan menggunakan metode Lagrange untuk  $l'$  konstan adalah

$T = \frac{\sqrt{F}}{2\pi \cdot \psi' \cdot l} \sqrt{N_m} = \beta \sqrt{N_m}$ , sedangkan untuk nilai rumusan twist  $T$  yang didapatkan

menggunakan metode Lagrange untuk  $l'$  tidak konstan adalah  $T = 3,3\beta \sqrt{N_m}$ .

Rumusan twist optimum untuk mesin rotor open end  $T = 3,3\beta \sqrt{N_m}$ ,

sedangkan twist minimum adalah  $T = \frac{\sqrt{F}}{2\pi \cdot \psi' \cdot l} \sqrt{N_m} = \beta \sqrt{N_m}$ ,  $\beta$  adalah koefisien

twist yang merupakan suatu konstanta pengali.

#### 3.2. Saran

Perlu dikaji lebih dalam secara teoritik hubungan bentuk tipe twist dengan pemodelan tensor tekanan dan juga tensor regangan dalam hubungannya dengan nomor benang agar didapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat.

### 4. REFERENCE

- [1] Furter, Measurement and significance of yarn twist, Uster Technology AG, Switzerland, 2009.
- [2] Lawrence, Advances in yarn spinning technology, The textile Institute, Cambridge, UK, 2010.
- [3] Rohlena, Vaclav., Open-End Spinning, Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1975.
- [4] Trommer, Gunter., Rotor Spinning, Deutscher fachverlag, Frankfurt, 1995.



- [5] Wijayono A, Putra VGV, Iskandar S, Rohmah, S & Irwan. *Penerapan Teknologi Pengolah Citra Dan Fisika Pada Bidang Tekstil*. ISBN 978-602-72713-8-8. CV. Mulya Jaya. 2017.
- [6] VGV Putra, MF Rosyid, G Maruto. *A Simulation Model of Twist Influenced by Fibre Movement Inside Yarn on Solenoid Coordinate*. Global Journal of Pure and Applied Mathematics 12 (1), 405-412. 2016.
- [7] VGV Putra, MF Rosyid. *Theoretical Modeling for Predicting the Optimum Twist Angle of Cotton Fiber Movement on OE Yarn Made by Rotor Spinning Machine*. Journal of Applied Mathematics and Physics 3 (05), 623. 2015.
- [8] V.G.V Putra, M.F Rosyid, G. Maruto. *New Theoretical Modeling For Predicting Yarn Angle On OE Yarn Influenced By Fibre Movement On Torus Coordinate Based On Classical Mechanics Approach*. Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR) 42 (3), 359-363. 2017.
- [9] Putra, V.G.V. *Penerapan Kalkulus Tensor Pada Kasus Pemintalan Benang*. ISBN 978-602-72713-7-1. CV. Mulya Jaya. 2017.
- [10] Putra, V.G.V. *Predicting Non Inertia frame related by Speed of Bobbin Compared by Speed of Rotor*. Global Journal of Pure and Applied Mathematics 12 (5), 4107-4114. 2016.
- [11] VGV Putra, RA Dewanto, MF Rosyid. *Theoretical Modelling For The Effect Tenacity On Take-Up Roller (R o) And Tenacity On Winding Device (R W) Related With The Yarn Breakage On Rotor Open End Spinning*. THE 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON THEORETICAL AND APPLIED PHYSICS (ICTAP-2014).
- [12] Hernawati R.M, Putri W.R, Putra VGV. *Bentuk Pemodelan Pergerakan Serat-Benang dalam Tampang Lintang Struktur Benang Ring Spinning (Tinjauan Fisika Teori)*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015 (SNIPS 2015). Pp 157-160. 2015.
- [13] Hernawati R.M, Putra V.G.V, Fauzi I. *Predicting the Actual Strength of Open-End Spun Yarn Using Mechanical Model*. Applied Mechanics and Materials Conference, Vol 780 pp 69-74.