

## STUDI AWAL PEMBUATAN ALAT PENGUKUR *TWIST* AKTUAL PADA BENANG TEKSTIL MELALUI PEMODELAN MATEMATIK DAN VALIDASI EKSPERIMEN

Valentinus Galih Vidia Putra\*, Andrian Wijayono

Politeknik STTT, Bandung Jalan Jakarta No.31, Bandung  
e-mail\*: valentinus@kemeneptrin.go.id

Diterima 6 Juli 2019

Disetujui 25 Agustus 2019

Dipublikasikan 2 September 2019

<https://doi.org/10.33369/jkf.2.2.99-104>

### ABSTRAK

Pada bidang tekstil, perhitungan nomor benang, Nm, dapat dijabarkan dengan mengetahui besar puntiran (*twist*) pada benang. Pada penelitian ini pemodelan secara teori untuk menghubungkan antara besar puntiran dan juga nomor benang, baik pada mesin pintal rotor dan juga mesin pintal ring sudah didapatkan dan dikembangkan untuk mendapatkan sebuah pemodelan yang baik dan dapat memperlihatkan besar nilai puntiran nyata benang. Pada penelitian ini rumusan hasil studi sudah divalidasi yang digunakan untuk memperlihatkan hubungan antara nomor benang dan puntiran secara lebih umum menggunakan pendekatan teori. Pada penelitian ini juga telah dirancang suatu alat untuk menghitung puntiran nyata tersebut

Kata kunci: puntiran nyata, tekstil, nomor benang

### ABSTRACT

In textile, calculation the yarn count, Nm, can be derived by knowing the twist of yarn. Theoretical consideration for a modeling the relationship of twist and the yarn count, both in rotor spinning and ring spinning, has been done and developed to get a good model to show the actual twist. In this research, the formula has been verified and it has been investigated to show the relationship of twist with yarn count completely by theoretical approach and also it has done fabrication the actual twist measurement tool.

Keywords: actual twist, textile, yarn count

### I. PENDAHULUAN

Penerapan ilmu fisika pada bidang tekstil telah banyak dikaji oleh berbagai peneliti [1-17]. Pada penelitian terapan khususnya pada ranah tekstil beberapa peneliti seperti Putra, Rosyid & Maruto [1], Putra & Rosyid [2], Putra, dkk [17], Putra dan Rosyid [16], Putra, Dewanto & Totong [12] telah berupaya memodelkan fenomena fisika pada bidang tekstil, khususnya pada pemodelan benang diproses pemintalan. Pada ilmu tekstil nomor benang tidak langsung atau *indirect yarn count* didefinisikan sebagai rasio panjang benang terhadap massa benang dengan satuan (m/g), sedangkan jumlah puntiran atau *twist*, yang dikarakteristikkan berdasarkan arah dan kecepatan rotasi pada mesin pintal rotor dan juga kecepatan pada penghantar benang (*yarn*), adalah banyaknya lilitan pada benang atau *yarn* tiap satuan panjang dan memiliki dimensi  $[L]^{-1}$  dengan satuan jumlah puntiran tiap meter. Proses *twist* pada mesin spinning dapat dilakukan dengan mesin Ring Spinning atau Open End (OE) Spinning (Rotor Spinning, Friction Spinning dan Air Jet Spinning). Dalam industri tekstil variabel *twist* sangatlah penting untuk diteliti, karena dapat mempengaruhi kualitas suatu benang. Beberapa peneliti telah melakukan pemodelan pergerakan benang menggunakan pemodelan matematik dalam mensimulasikan pergerakan benang dan juga proses *twist* [1-17]. Menurut Putra, Rosyid, & Maruto [1,11], Lawrence [5], Rohlena [6] *twist* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *twist real /actual twist* dan *twist* yang terukur pada mesin/*adjusted twist*. Alat ukur *actual twist* pada benang OE untuk saat ini di Indonesia belum dapat ditemukan atau bahkan

terdapat anggapan dari beberapa peneliti tekstil *twist real/ actual twist* pada benang OE tidak dapat diukur. Trommer [9] dan Rohlena [6] mendapatkan rumusan untuk menentukan *actual twist* pada benang OE melalui pendekatan eksperimen, tetapi memiliki suatu bentuk rumusan yang berbeda antara kedua peneliti tersebut. Bentuk rumusan Trommer [9] dan Rohlena [6] memiliki bentuk rumusan yang sama dengan Lawrence [5] jika besar perbedaan *twist* tersebut diabaikan. Pada penelitian ini didapatkan rumusan baru yang menghubungkan kedua bentuk rumusan tersebut serta telah dirancang alat ukur *actual twist* sebagai alat prediksi perbedaan *twist*. Secara teori, Further [4] dan Lawrence [5] menyatakan bahwa besar *twist* pada mesin spinning bergantung pada kecepatan rotor untuk mesin rotor spinning/ spindle pada mesin ring spinning dan juga kecepatan *delivery yarn*, dan dirumuskan seperti pada persamaan (1) di bawah, sedangkan menurut Rohlena [6] bentuk *twist* dapat dibedakan menjadi dua buah bentuk yaitu: tipe *Z-Twisted* dan tipe *S-Twisted*. 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*, secara garis besar rumusan untuk *Z-twist* adalah sesuai persamaan (2)

$$T = \frac{n_{rotor}}{V_d} (1/m) \tag{1}$$

$$T = \frac{1}{\eta\pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} \approx \frac{n_{rotor}}{V_d} (1/m) \tag{2}$$

Dengan  $\eta$  adalah koefisien penyusutan dengan nilai  $\eta < 1$  dan umumnya berkisar 0.95;  $d$  adalah diameter rotor;  $n_{rotor}$  adalah kecepatan anguler rotor tiap satu putaran dalam satuan waktu; dan  $V_d$  adalah kecepatan *delivery yarn*. Sema [8] menyatakan bahwa semakin besar  $\Delta T$  (mengarah ke positif) maka akan semakin banyak WF (*Wrapped Fiber*) pada permukaan benang, yang mengindikasikan bahwa kekuatan benang akan semakin baik. Besar  $\Delta T$  untuk serat katun adalah sebesar 0 hingga -20, sedangkan untuk katun-poliester berkisar antara -10 hingga -45. Hubungan *twist* terhadap kecepatan rotor ( $n_{rotor}$ ) dan *delivery yarn* ( $V_d$ ) menurut Trommer [9] pada mesin rotor spinning adalah sesuai dengan persamaan (3)

$$T = \left( \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{1000}{\pi d} + e_G \frac{1000}{\pi d} \right) \approx \frac{n_{rotor}}{V_d} (1/m) \tag{3}$$

Pada ketiga persamaan di atas menunjukkan terdapat kesamaan bahwa untuk pengabaian nilai koefisien penyusutan  $\eta$  dan konstanta yang dikarenakan pengaruh perputaran *yarn* terhadap rotor  $e_G$ , maka didapatkan hasil persamaan (1). Pada persamaan (2) dan persamaan (3) (kedua persamaan tersebut disebut sebagai *actual twist*, yaitu besar *twist* yang terukur secara real ) terdapat berbagai macam pemodelan untuk menentukan besar *twist*. Dari rumusan (2) dan (3) terdapat suatu perbedaan rumusan dalam menentukan nilai *twist* jika faktor koefisien penyusutan  $\eta$  dan konstanta yang dikarenakan pengaruh perputaran *yarn* terhadap rotor  $e_G$  tidak diabaikan. Pentingnya penjabaran untuk mengetahui hubungan antara persamaan (2) dan (3) serta kesesuaiannya terhadap persamaan (1) adalah salah satunya untuk menentukan penomoran benang  $N_m$  yang lebih akurat yaitu dengan mengacu pada rumusan Trommer [9] dan Rohlena [6] hubungan *twist* dengan nomor benang adalah.

$$T = \alpha_e \sqrt{N_m} \tag{4}$$

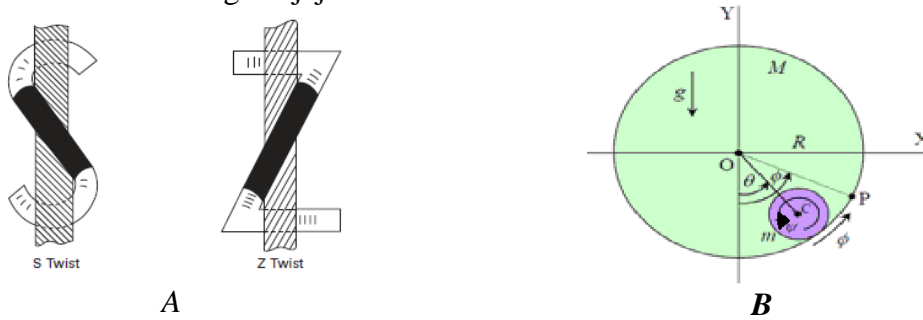
$$T^2 \propto N_m$$

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Pemodelan Twist Tipe Z

Bagian ini memuat metode penelitian yaitu pemodelan *twist* tipe Z yang dapat dianalisa sebagai berikut di bawah:

Jika dimisalkan bahwa rotor bergerak dengan suatu kecepatan sudut  $\phi'$  dan yarn bergerak dengan kecepatan  $\psi'$  dengan arah gerak yang sama seperti pada **Gambar-1**, maka dapat diperlihatkan bahwa jika yarn dan rotor dianggap sebagai suatu silinder pejal dengan massa  $m$  dan  $M$ , dengan jejari yarn adalah  $r$  sedangkan jejari rotor adalah  $R$ .



**Gambar-1.** a) Model S-Twisted dan Z-Twisted; B) Skema Pergerakan Mesin Spinning dan Yarn

$$(R - r)\theta' = \psi' r + R\phi' = Vd + R\phi' \quad (5)$$

$$V_d = (R - r)\theta' - R\phi' \quad (6)$$

Jika panjang jejari  $r \ll R$  maka nilai  $(R - r) \cong R$ , maka dapat dituliskan

$$V_d = (\theta' - \phi')R \quad (7)$$

$$V_d = (n_{yarn} - n_{rotor}) \frac{\lambda \pi}{180^0} R = \frac{(n_{yarn} - n_{rotor})}{360^0} \lambda \pi d \quad (8)$$

$V_d$  = kecepatan pengantar yarn (m/s)

$n_{yarn}, n_{rotor}$  = kecepatan yarn dan kecepatan rotor dalam setiap sudut  $\lambda$  (1/s)

$R$  = jejari rotor (m)

$d$  = diameter rotor (m)

Jika untuk satu putaran penuh Persamaan (8) dapat dituliskan menjadi

$$V_d = (n_{yarn} - n_{rotor}) \pi d \quad (9)$$

$$T = \frac{n_{yarn}}{V_d} = \frac{1}{\pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} \quad (10)$$

Dapat dilakukan pendekatan bahwa besar *twist* T adalah

$$T = \frac{n_{yarn}}{V_d} \approx \frac{n_{rotor}}{V_d} \quad (11)$$

$T$  = *twist* ( 1/m)

$n_{yarn}$  = kecepatan angular yarn untuk satu putaran penuh (1/s)

$n_{rotor}$  = kecepatan angular rotor untuk satu putaran penuh (1/s)

Jika jejari yarn  $r$  memiliki nilai yang cukup besar, maka dapat dimodelkan bahwa bentuk persamaan (5) adalah

$$(R - r)\theta' = \psi' r + R\phi' = Vd + R\phi' \quad (12)$$

$$(R - r) \frac{\lambda \pi}{180} n_{yarn} = Vd + R \frac{\lambda \pi}{180} n_{rotor} \quad (13)$$

$$2(R - r) \pi n_{yarn} = Vd + 2R \pi n_{rotor} \quad (14)$$

$$2V_G R \pi n_{yarn} = Vd + 2R \pi n_{rotor} \quad (15)$$

$$n_{yarn} = \frac{Vd + d \pi n_{rotor}}{V_G d \pi} = \frac{Vd}{V_G d \pi} + \frac{n_{rotor}}{V_G} \quad (16)$$

$$T = \frac{n_{yam}}{V_d} = \frac{1}{V_G \pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} \left( \frac{r}{R} \right) \cong \left( \frac{1}{V_G \pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} \right) \tag{17}$$

$$R - r = V_G R \tag{18}$$

$$V_G = \frac{2(R - r)}{d} \tag{19}$$

$V_G$  adalah suatu konstanta yang bergantung dari jejari *yarn* dan jejari rotor dan besarnya sekitar 0.99 semisal untuk nilai jejari rotor  $R=33$  mm dan  $r=0.10$  mm pada bahan katun (Trommer [9]) Pada persamaan (17) dapat pula dijabarkan ke dalam bentuk persamaan lain, yaitu

$$\begin{aligned} n_{yam} &= \frac{Vd}{\pi 2(R-r)} + n_{rotor} \frac{2R}{2(R-r)} = \frac{Vd}{\pi 2R(1-r/R)} + n_{rotor} \frac{R}{R(1-r/R)} \\ &= \frac{Vd}{\pi 2R} (1-r/R)^{-1} + n_{rotor} (1-r/R)^{-1} = \frac{Vd}{\pi R} (1-r/R)^{-1} + n_{rotor} (1-r/R)^{-1} \\ &= \frac{Vd}{\pi 2R} \left( 1 + \frac{r}{R} + \left(\frac{r}{R}\right)^2 + \left(\frac{r}{R}\right)^3 + \dots \right) + n_{rotor} \left( 1 + \frac{r}{R} + \left(\frac{r}{R}\right)^2 + \left(\frac{r}{R}\right)^3 + \dots \right) \\ &\approx n_{rotor} + \frac{Vd}{\pi 2R} + \frac{Vd}{\pi 2R} \left( \frac{r}{R} \right) + n_{rotor} \left( \frac{r}{R} \right) \end{aligned}$$

$$n_{yam} = n_{rotor} + \frac{V_d}{\pi d} + \left( \frac{r}{R} \right) n_{rotor} + \left( \frac{r}{R} \right) \frac{V_d}{\pi d} = \left( n_k + \frac{V_d}{\pi d} \right) + \left( G_{Vidia} n_k + G_{Vidia} \frac{V_d}{\pi d} \right) \tag{20}$$

$G_{Vidia}$  adalah konstanta perbandingan jejari benang (*yarn*) dengan jejari rotor. Umumnya nilai  $G_{Vidia}$  berkisar 0.003. untuk nilai jejari rotor  $R=33$  mm dan  $r=0.1$  mm pada bahan katun. Umumnya nilai dari *Z-twisted* dapat diambil pendekatan dengan mengabaikan besar kecepatan sudut yang dimunculkan oleh  $G_{Vidia} n_{rotor}$ , sehingga persamaan (21) dapat dituliskan menjadi

$$n_{yam} \cong n_{rotor} + \frac{V_d}{\pi d} + G_{Vidia} \frac{V_d}{\pi d} \tag{22}$$

Maka besar *twist T* secara lengkap adalah

$$T = \frac{n_{yam}}{V_d} = \frac{1}{V_d} \left( n_{rotor} + \frac{V_d}{\pi d} + G_{Vidia} \frac{V_d}{\pi d} + G_{Vidia} n_{rotor} \right) \tag{23}$$

$$T = \left( \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{1}{\pi d} + G_{Vidia} \frac{1}{\pi d} + G_{Vidia} \frac{n_{rotor}}{V_d} \right) \tag{24}$$

$$T \cong \left( \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{1}{\pi d} + G_{Vidia} \frac{1}{\pi d} \right) \text{(untuk } d \text{ dalam meter)} \tag{25}$$

$$T \cong \left( \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{1000}{\pi d} + G_{Vidia} \frac{1000}{\pi d} \right) \text{(untuk } d \text{ dalam milimeter)} \tag{26}$$

Persamaan (24) disebut persamaan ”*Twist G<sub>Vidia</sub>*”. Pada umumnya untuk menyederhanakan perhitungan di dunia Industri nilai *twist* hanya dilakukan dengan pendekatan. Persamaan (17) dan persamaan (24) yang dapat dilakukan aproksimasi menjadi

$$T_m = \frac{n_{yam}}{V_d} = \frac{1}{V_G \pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} \left( \frac{r}{R} \right) = \frac{1}{V_G \pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} (1 + G_{Vidia}) \approx \frac{n_r}{V_d} \tag{27}$$

$$T_m = \left( \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{1}{\pi d} + G_{Vidia} \frac{1}{\pi d} + G_{Vidia} \frac{n_{rotor}}{V_d} \right) \approx \Delta T + \frac{n_{rotor}}{V_d} \tag{28}$$

Sehingga dengan mensubstitusikan persamaan (27) dan (28) ke dalam persamaan (4), maka didapatkan hubungan

$$\frac{1}{V_G \pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} (1 + G_{Vidia})^2 \propto N_m \tag{29}$$

$$\left( \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{1}{\pi d} + G_{Vidia} \left[ \frac{1}{\pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} \right] \right)^2 \propto N_m \quad (30)$$

$$\left( \frac{n_{rotor}}{V_d} \right)^2 \propto N_m \quad (31)$$

Dapat diperlihatkan bahwa persamaan (28) dapat dituliskan sebagai persamaan (32) di bawah

$$\Delta T\% = \frac{T_a - T_m}{T_m} 100\% \quad (32)$$

Persamaan (32) sesuai dengan hasil analisa Sema [8]

## 2.2. Pemodelan Diameter Benang

Dapat dimodelkan secara teori hubungan antara diameter benang terhadap nomor benang dalam nomor benang langsung dengan satuan tex atau g/km sebagai berikut di bawah: jika *twist* atau puntiran didefinisikan sebagai jumlah lilitan tiap panjang, maka untuk satu kali lilitan dalam satu panjang, besar puntiran atau twist dapat dituliskan sebagai berikut

$$T = \frac{1}{H} \quad (33)$$

$$T = \frac{tgn\alpha}{2\pi r} \quad (34)$$

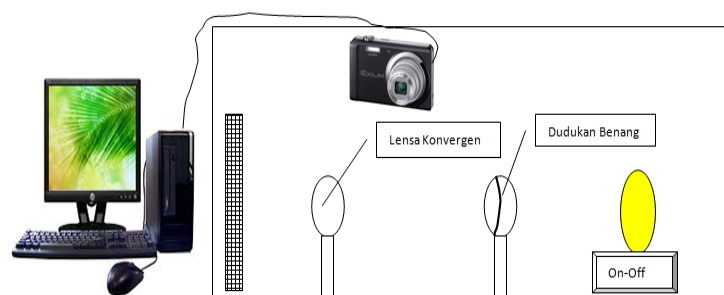
$$\rho = \frac{tex(g/m)}{r_{yam}^2 \pi^2 (m^2)} = \frac{4tex}{d_{yam}^2 \pi^2} \quad (35)$$

$$d_{yam} = \frac{2}{\pi} \sqrt{\frac{tex}{\rho}} = const \sqrt{tex} \quad (36)$$

Persamaan (33) hingga persamaan (36) dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antara diameter benang dalam satuan (mm) terhadap nomor benang secara langsung dalam satuan tex atau g/km. Hasil persamaan (36) sesuai dengan hasil eksperimen Trommer [9] yaitu  $d_{yam} = 0,04\sqrt{tex}$  (mm).

## 2.3. Pembuatan Alat Uji Actual Twist

Berdasarkan persamaan (17) dapat ditentukan besar *actual twist* dengan mengetahui diameter rotor dan juga diameter benang. Perhitungan diameter benang dapat ditentukan dengan konsep optik menggunakan lensa cembung atau konvergen, seperti pada **Gambar-2** di bawah. Hasil ukur diameter benang kemudian dibuat database untuk dibandingkan dengan hasil uji. Pembuatan software alat uji *actual twist* sebagai fungsi diameter benang dapat diperlihatkan dalam **Gambar-3** berikut di bawah



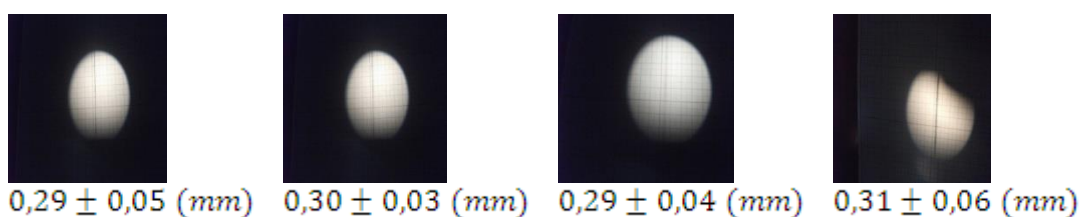
**Gambar-2** Skema Alat Uji Diameter Benang

Tampilan software alat uji *actual twist* dapat diperlihatkan pada **Gambar-3** di bawah



Gambar-3 Software Uji Actual Twist

Hasil analisa alat uji diameter benang dapat diperlihatkan pada Gambar-4 di bawah



Gambar-4 Hasil Uji Diameter Benang

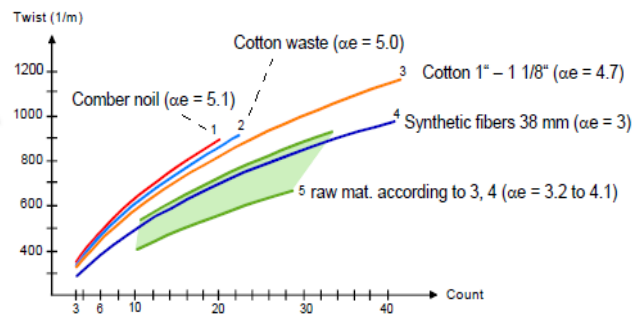
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dapat diperlihatkan pada Tabel-1 di bawah hasil uji diameter benang secara pemodelan teori dan eksperimen

Tabel 1. Uji Eksperimen Diameter Benang

Jenis Benang	Nomor benang (tex)	d yarn (teoritis) (mm)	d yarn Eksperimen (mm)
Cotton OE	37.54	0.245	0.29 ± 0.05
Cotton OE	57.95	0.304	0.30 ± 0.03
Cotton OE	58.18	0.305	0.29 ± 0.04
Cotton OE	59.09	0.307	0.31 ± 0.06

Persamaan (17) dan (26) adalah persamaan yang memiliki bentuk rumusan yang sama dengan persamaan (2) dan persamaan (3). Jika dibandingkan persamaan (17) dengan persamaan (2), maka dapat ditentukan bahwa koefisien penyusutan  $\eta$  pada *twist* bergantung pada nilai konstanta  $V_G$ , yang besarnya dapat ditentukan dari persamaan (19). Persamaan (26) dapat dibandingkan dengan persamaan (3), sehingga dapat ditentukan bahwa nilai koefisien  $e_G$  memiliki kesebandingan dengan nilai  $G_{Vidia}$ . Menurut Putra, dkk. [12], Rohlena [6], besar koefisien penyusutan  $\eta < 1$  dan besar nilai  $\eta \approx 0.95$ . Pada penelitian ini didapatkan bahwa besar  $V_G < 1$  dan besar  $V_G \approx 0.99$ , sehingga terdapat kesamaan syarat antara  $V_G$  dengan koefisien penyusutan  $\eta$ . Secara lengkap persamaan *twist* dapat dituliskan seperti persamaan (27) dan persamaan (28). Dengan melakukan aproksimasi, maka Persamaan (27) dan persamaan (28) dapat dibentuk menjadi persamaan (1). Penomoran benang dapat dianalisa melalui persamaan (27) dan persamaan (28) sehingga didapatkan persamaan (29) dan (30). Persamaan (31) adalah besar pendekatan hubungan antara nomor benang dan *twist*. Secara garis besar hubungan antara *twist* dan nomor benang dapat diperlihatkan pada Gambar-5



**Gambar-5** Hubungan *twist* terhadap nomor benang (Further, [4])

Dengan mengetahui nilai *actual twist*  $T$  maka dapat dikelompokkan jenis-jenis benang berdasarkan penomoran benang seperti pada **Gambar-5** dapat diperlihatkan bahwa serat sintetik dengan kapas memiliki nilai koefisien *twist* yang berbeda. Dengan mengetahui koefisien *twist* pada suatu bahan dan nilai nomor benang, maka pengaturan *twist* dapat diatur sedemikian hingga kecepatan rotor atau spindle terhadap kecepatan delivery yarn besarnya memiliki nilai yang mendekati nomor benang tersebut walaupun untuk jenis bahan yang berbeda. **Gambar-5** menunjukkan bahwa grafik kurva *twist* versus nomor benang dapat menunjukkan jenis benang yang akan dihasilkan.(Further, [4])

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

*Twist* adalah parameter yang penting pada proses pembentukan benang. Salah satunya untuk mendapatkan penomoran pada benang. Pada bentuk *Z-twist* didapatkan bahwa besar *actual twist*

adalah  $T = \frac{1}{V_G \pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} (1 + G_{vidia}) \approx \frac{n_{rotor}}{V_d}$  atau dapat dituliskan dalam bentuk lain yaitu nilai *twist*

$T = \left( \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{1}{\pi d} + G_{vidia} \frac{1}{\pi d} + G_{vidia} \frac{n_{rotor}}{V_d} \right) \approx \frac{n_{rotor}}{V_d}$  . Besar nilai *actual twist*  $T$  dan hubungannya

pada nomor benang didapatkan  $\frac{1}{V_G \pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} (1 + G_{vidia})^2 \propto N_m$  atau dapat pula dituliskan dalam

bentuk yaitu  $\left( \frac{n_{rotor}}{V_d} + \frac{1}{\pi d} + G_{vidia} \left[ \frac{1}{\pi d} + \frac{n_{rotor}}{V_d} \right] \right)^2 \propto N_m$  . Telah dibuat alat uji *actual twist* dengan

menggunakan software MMB. Hasil alat uji cukup baik memperlihatkan kesesuaian antara teori dan validasi eksperimen untuk mengukur diameter benang. Dalam menentukan *twist* real pada benang OE, pada penelitian ini digunakan validasi secara teoritik dengan pemodelan analisa teori yang lebih baik. Berdasarkan analisa teori didapatkan bahwa *twist* nyata dapat ditentukan sebagai fungsi diameter benang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada jurusan Teknik Tekstil Politeknik STTT Bandung dan juga Laboratorium Fisika Mekatronika Politeknik STTT Bandung yang telah mendukung kegiatan penelitian ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putra, V.G.V, Rosyid, M.F & Maruto, G, 2016, A Simulation Model of *Twist* Influenced by Fibre Movement inside *Yarn* on Solenoid Coordinate, *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, No.1, Vol 12, Hal. 415-412.
- [2] Putra, V.G.V & Rosyid, M.F. , 2015, 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*, Vol.3 Hal. 623-630.
- [3] Putra dan Iskandar, 2014, Studi Pengaruh Bentuk S-Twisted Dan Z-Twisted Terhadap Besar Twist Pada Mesin Pintal, *TEXERE (Journal of Textile Science and Technology)*, No.1, Vol. 12., Hal 60-65.
- [4] Furter, 2009, *Measurement and significance of yarn twist*, Uster Technology AG, Switzerland
- [5] Lawrence, 2010, *Advances in yarn spinning technology*, The textile Institute, Cambridge, UK.
- [6] Rohlena, V., 1975, *Open-End Spinning*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York
- [7] Sherif, 2005, Developing A Magnetically Suspended Disc System For Industrial Applications, With Application On Ring Spinning, Auburn University, Alabama, *Disertasi Auburn University*
- [8] Sema dan Kadoglu, H., 2008, Effect of Process Parameters on the Twist of 100% Polyester OE Rotor Yarns, *FIBRES & TEXTILES JOURNAL*, No. 4, Vol. 16, Hal. 24-28
- [9] Trommer, G., 1995, *Rotor Spinning*, Deutscher fachverlag, Frankfurt.
- [10] Putra, 2014, Pemodelan Untuk Menentukan Hubungan Actual Twist Tipe-Z Terhadap Kecepatan Sudut Pada Mesin Spinning (Rotor Dan Ring Spinning), *TEXERE (Journal of Textile Science and Technology)*, No.2, Vol. 12. Hal 20-26
- [11] Putra, V.G.V. & Rosyid, M.F. 2017, 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 and Textile Research*, Vol.42. Pp. 359-363.,
- [12] Putra, V.G.V., Arief Dewanto. & Totong., 2016, Predicting non inertia frame related by speed of bobbin compared by speed of rotor, *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol 12., No.5 pp. 4107-4114.
- [13] Putra, VGV, 2015, Studi bentuk Permukaan Navel terhadap Hairiness, Prosiding 1<sup>st</sup> Indonesian Textile Conference, Politeknik STTT Bandung.
- [14] Putra, VGV, 2015, Hubungan Actual Twist Tipe Z terhadap Kecepatan Benang pada Mesin Pintal, Prosiding 1<sup>st</sup> Indonesian Textile Conference, Politeknik STTT Bandung.
- [15] Putra, VGV, 2015 Pemodelan untuk Menentukan Hubungan Twist terhadap Nomor Benang Nm pada Mesin Rotor Open End Spinning Menggunakan Metode Lagrange dan Komputasi Numerik, Prosiding 1<sup>st</sup> Indonesian Textile Conference, Politeknik STTT Bandung.
- [16] Putra, VGV dan Rosyid, MF., 2014, Metode untuk Menentukan Jejari Yarn pada Mesin Pintal Open End Rotor Spinning Melalui Pendekatan teoritik dan Kajian Fisika, Seminar Nasional Fisika, Universitas Negeri Semarang.
- [17] Putra, VGV., 2019, Wijayono A, Irwan, Martina T, Rosyidan C, Suatu Studi Pemodelan Viskoelastik Material Benang Viz 100% Wool 36 Tex (G/Km) Menggunakan Pendekatan Fisika, *Wahana Fisika*, Vol 4, No.1, pp. 27-34.