

ESTIMASI PANJANG JERATAN KAIN RAJUT DENGAN MENGGUNAKAN MODEL STRUKTUR DARI POPPER

Pratikno Hidayat

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55501

Telp. (0274) 895287, Faks. (0274) 895007 ext. 148

ABSTRACT

This paper aims to represent an approach to the problem of predicting the length of loop yarn on the plain knitted fabric from its structure. By using a structure model introduced by Popper, a mathematical model of a knitted fabric under zero load stress and the behaviour of the approximation of a real fabric were developed. Some factors, such as the number of course and wale per cm, yarn number and fabric structure relations were considered.

Keywords: zero load stress, yarn number, course and wale per cm.

1. PENDAHULUAN

Kendala dalam pemodelan matematik untuk suatu produk tekstil adalah membangun model struktur mikro untuk mendekati realitasnya, bahkan dengan asumsi yang sangat ideal pun tidak mudah untuk membangunnya, hal ini disebabkan oleh heterogenitas alami dari tiga bentuk dasar struktur tekstil (serat, benang, dan kain) sehingga kondisi kompleksitas deformasinya pun sangat besar, strukturnya dapat terbentuk dari berjuta-juta serat atau beribu-ribu benang, konsekuensinya, terdapat sangat banyak titik singgung, dan per-satuan-nya mempunyai derajat kebebasan yang tinggi. Selanjutnya, walaupun dikontrol didalam prosesnya, susunan geometri serat-serat atau benang-benangnya di dalam kondisi normal pun sulit untuk dapat diketahui secara pasti. Konfigurasi dalam keadaan normal dan deformasi dari bahan tekstil akan dipengaruhi oleh sebuah fungsi dari komponen-komponen sifat-sifat mekanik dari serat maupun benang dan sifat-sifat interaksinya pada titik singgung atau bidang singgungnya. Fungsi pertama adalah pada umumnya struktur tekstil bersifat non-linier (misal viskoelastis dan viskoplastis) dan bergantung pada kondisi sekitarnya (misal temperatur, dan kelembaban). Fungsi kedua bergantung pada sifat friksinya atau kesempatan untuk slip di dalam strukturnya atau gerakan bidang didalam persinggungannya. Masalah deformasi yang lebih pelik adalah berkenaan dengan *displacement* dan *strain* yang besar walaupun beban atau gaya yang diderita tidak begitu besar. Untuk ini perlu adanya perhatian yang lebih serius sebelum membangun atau menentukan suatu geometri dari bahan yang mempunyai sifat non-linier, dan perlunya aplikasi deformasi yang mengakibatkan *displacement* dan *strain* yang besar.

Berbeda dengan konstruksi pada kain tenun yang pada umumnya mempunyai bentuk dan kestabilan dimensi yang lebih baik dibanding kain rajut. Pada kain rajut konstruksinya terdiri dari kurva-kurva benang dalam bentuk loop

atau jeratan, dengan memberikan sedikit gaya saja dapat menyebabkan deformasi yang signifikan dibanding dengan konfigurasi tanpa gaya. Selanjutnya, benang-benang dapat tergelincir satu sama lain pada titik silang loop atau jeratannya.

Dalam hal membangun struktur kain rajut telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Dalam pendekatan struktur fisik (kondisi undeformed state) telah dibangun dan dimodelkan diantaranya oleh Postle dan Munden [4], Hepworth dan Leaf [7], dan Shanahan dan Postle [5]. Sedang dalam struktur mekanik (kondisi dibawah stress-strain) antara lain telah dibangun dan dimodelkan oleh Popper [1], Withney dan Epting [6].

Oleh karena struktur yang dibangun dan model matematik yang telah dipresentasikan oleh para pakar dalam struktur fisik, maka dalam tulisan ini akan dibangun model matematik dengan pendekatan struktur mekanik yang dibangun oleh Popper pada kondisi zero load/stress, dengan pertimbangan kesederhanaan model strukturnya.

2. DASAR TEORI

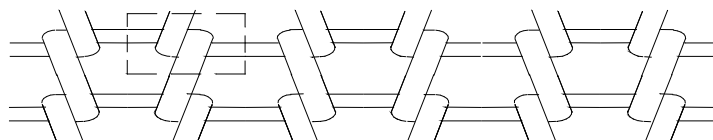
2.1 Model Struktur Kain Rajut Polos

Struktur kain rajut terdiri dari susunan benang-benang dalam bentuk ikatan jeratan atau loop. Benang-benang ini, dalam pembentukannya menjadi suatu kain akan mengalami proses penekukan dalam bentuk jeratan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.

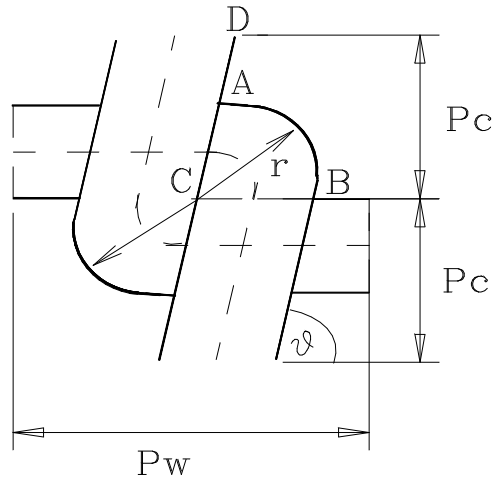
Untuk tujuan tulisan ini, benang-benang tersebut dianggap sebagai batang silinder independen yang pada awalnya lurus. Pada pendekatan pembangunan model struktur ini ditunjukkan bahwa benang-benang yang tertekuk-tekek tersebut membentuk lengkungan (jeratan) dalam satu unit struktur dari kain rajut polos yang akan diinvestigasi, dan model struktur tersebut merupakan geometri kain yang telah diajukan oleh Popper [1]. Untuk pendekatan model ini diasumsikan sebagai berikut:

1. Penampang lintang benang berbentuk lingkaran
2. Benang fleksibel sempurna
3. Benang tak terkompresi
4. Benang lurus kecuali pada titik silangnya
5. Jumlah wale sama dengan course

Didasarkan pada asumsi-asumsi tersebut di atas, model struktur geometri kain rajut adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Sedang bagian yang dinalisis yang merupakan bagian terkecil dari pengulangan jeratan (*loop repeat*) ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Model struktur sederhana kain rajut polos



Gambar 2. Elemen dari struktur kain rajut yang dianalisis

Dari Gambar 2 di atas, untuk lebih memudahkan dalam membangun persamaan-persamaan model matematis, maka perlu dinotasikan sebagai berikut:

- P_j = panjang jeratan
- w = jumlah wale per cm
- c = jumlah course per cm
- P_w = setengah jarak antar wale
- P_c = setengah jarak antar course

Dari Gambar 2 terlihat bahwa:

$$\frac{1}{2} P_j = P_w + (2 \times \overline{CD}) + (2 \times \text{busur } \overline{AB})$$

$$P_w = \frac{1}{2w}$$

$$P_c = \frac{1}{2c}$$

$$\overline{CD} = \frac{P_c}{\sin \theta}$$

$$\overline{CD} = \frac{1}{2c \sin \theta}$$

Panjang busur $\overline{AB} = \frac{1}{4}$ keliling lingkaran $= \frac{1}{4} \cdot (2\pi r) = \frac{1}{2} \pi r$

dengan demikian: $\frac{1}{2} P_j = \frac{1}{2w} + \frac{1}{c \sin \theta} + \pi r$

sehingga, $P_j = \frac{1}{w} + \frac{2}{c \sin \theta} + 2\pi r$

Dari persamaan di atas, masalah yang timbul adalah penentuan besarnya jari-jari lengkungan dan inklinasi dari struktur jeratan. Untuk menyelesaikan masalah ini, maka jari-jari lengkungan pada struktur yang dibangun diasumsikan merupakan diameter dari benang, dan bila diambil model struktur dari Hearle [8], maka besarnya diameter benang, dapat diperoleh sebagai berikut:

$$C = \pi R^2 / v_y \cdot 10^5$$

$$R = \sqrt{\frac{v_y C}{10^5 \pi}}$$

$$\overline{Dia} = 2 \sqrt{\frac{v_y C}{10^5 \pi}}$$

dimana,

C = nomor benang dalam tex

V_y = specific volume dalam cm^3/g

Sedangkan untuk sudut inklinasi benang ϑ dapat dieliminir dengan definisi matematika dasar sebagai berikut:

$$\tan \vartheta = \frac{2P_c}{P_w}$$

$$P_j = \frac{1}{w} + \frac{2}{c \sin \vartheta} + 2\pi \overline{Dia}$$

2.2 Contoh Perhitungan

Untuk menghitung panjang jeratan kain rajut polos yang dibuat dari benang (C) 10 tex dengan spesifik volume (V_y) 1,22 cm^3/g dan dengan wale maupun coursanya per cm. adalah 11, maka dapat dituliskan:

$$w = c = 11$$

$$C = 10$$

$$V_y = 1,22$$

Dengan demikian, $\overline{Dia} = 2 \sqrt{\frac{v_y C}{10^5 \pi}}$

$$\overline{Dia} = 2 \sqrt{\frac{1,22 \times 10}{10^5 \cdot 3,14}} = 0,012467 \text{ cm}$$

dan dengan, $P_w = \frac{1}{2w} = \frac{1}{2 \times 11} = 0,04545$

$$P_c = \frac{1}{2c} = \frac{1}{2 \times 11} = 0,04545$$

maka,

$$\tan \vartheta = 2P_c / P_w = 2$$

$$\vartheta = 1,107149 \text{ rad}$$

$$\vartheta = 63,43495^\circ$$

dengan demikian,
 $\sin \vartheta = 0,894427$

sehingga,

$$P_j = \frac{1}{w} + \frac{2}{c \sin \vartheta} + 2\pi \overline{Dia}$$

$$P_j = \frac{1}{11} + \frac{2}{10 \times 0,894427} + 2 \times 3,14 \times 0,0125 = 0,393015936 \text{ cm}$$

3. PEMBAHASAN

Dalam studi tentang interaksi mekanik dari suatu komponen yang membentuk sebuah heterogenitas struktur yang besar dalam produk tekstil perlu memperhatikan definisi sifat-sifat mekanik atau hubungan konstitutif dari strukturnya; misalnya, mikrofibril dan matriks dari serat, puntiran serat-serat untuk membentuk benang, penyilangan benang untuk membentuk kain baik itu kain tenun, rajut maupun nonwoven.

Dalam kaitannya dengan model struktur yang diajukan oleh Popper adalah metode pendekatan untuk menganalisis sifat mekanik dari struktur tekstil dengan metode gaya. Seperti halnya pada analisis-analisis dengan pendekatan metode gaya lainnya, atau dibanding dengan metode energi lainnya, maka metode gaya umumnya mempunyai asumsi-asumsi dan geometri yang lebih sederhana yaitu membangun struktur tekstil pada kondisi keseimbangan gaya dan momen, dengan demikian dapat dicapai persamaan-persamaan aljabar maupun diferensial. Walaupun metode gaya memberikan informasi yang lebih rinci tentang deformasi internal dan keseimbangan pola di dalam struktur tekstil, tetapi mempunyai kelemahan yaitu perlunya formulasi yang berbeda untuk setiap struktur tekstil yang berbeda dan untuk setiap kasus gaya yang berbeda pula. Sehingga untuk kasus selain jeratan kain rajut polos dan rib perlu adanya pendekatan reformasi geometri yang berbeda. Sebagai contoh pada kain rajut lusi dengan jeratan closed loop atau open loop, atau lebih kompleks lagi kain rajut jacquard, maka perlu reformasi geometri, walaupun mungkin dapat diturunkan dari analisis aslinya.

4. SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari pendekatan ini adalah bahwa dalam hal asumsi benang di dalam kain adalah fleksibel sempurna atau inekstensibel, maka hal ini dapat dikatakan cukup realistis karena kain rajut dalam kondisi rileks tanpa beban (zero load), sehingga stress maupun strainnya kecil. Seperti telah banyak penelitian membuktikan bahwa benang inekstensibel hanya berlaku apabila strain kain sangat kecil dan deformasi kain mendominasi deformasi fleksural benang. Walaupun ekstensibilitas benang adalah sesuatu yang sangat penting pada deformasi kain yang terbatas sekalipun, pada kenyataannya hubungan moment-curvature benang adalah non-linier. Pada waktu momen

mencapai batas tertentu, maka slip antar serat akan terjadi dan hubungan moment-curvature menjadi akan terpengaruh. Meski bukti yang ditunjukkan oleh penelitian Grosberg dan Kadia [7] menyatakan bahwa masih terdapat stress residu benang dalam kain, dalam perhitungan secara fisik bukan secara mekanik pengaruh ini akan kecil.

PUSTAKA

- [1] Popper, P. (1996) The Theoretical Behavior of Knitted Fabric Subjected to Biaxial Stresses, *Textile Research Journal*, Vol. 36, p. 148.
- [2] Mac Rory, B.M. (1975) *et al.*, The Biaxial Load-Extension of Plain Weft Knitted Fabrics-A Theoretical Analysis, *Textile Research Journal*, Vol. 45, p. 746.
- [3] Cook, D.I., and Grosberg, P. (1961) Load-Extension Properties of Warp knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 31, p. 636.
- [4] Postle, R., and Munden, D.I. (1967) Analysis of Dry-Relaxed Knitted Loop Configuration, *Journal Textile Institute*, Vol. 58, p. 329.
- [5] Shanahan, W.J., and Postle, R. (1970) A Theoretical Analysis of the Plain Knitted Structure, *Textile Research Journal*, Vol. 40, p. 656.
- [6] Withney, J.M., and Epting, J.L.jr. (1966) Three-Dimensional Analysis of a Plain Knitted Fabric Subjected to Biaxial Stresses, *Textile Research Journal*, Vol. 36, p. 143.
- [7] Grosberg, P., and Kadia, S. (1966) The Mechanical Properties of Woven Fabrics, Part I: The Initial Load Extension Modulus of Woven Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 36, p. 71.
- [8] Hearle, J.W.S., *et al.* (1969) *Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics*, Wiley-Interscience, New York, p. 445-450.