

Efek Kekasaran Permukaan Lambung Model Kapal Terhadap Hambatan Total

Yanuar* dan Ana Purnawan

*Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Indonesia
email : yanuar@eng.ui.ac.id
ana_purnawan@yahoo.com

Abstrak

Kekasaran pada permukaan lambung kapal selalu bertambah seiring bergulirnya waktu. Seberapa besar pengaruh suatu kekasaran terhadap hambatan total kapal maka perlu dilakukan sebuah percobaan. Tujuan penelitian adalah menarik kapal model dengan variasi kekasaran lambung, variasi kecepatan kapal dan sarat air. Percobaan uji tarik kapal model dilakukan dengan dua jenis kekasaran permukaan, pertama kapal model dengan lambung halus dan kedua kapal model dengan lambung kasar. Proses percobaan akan menggunakan motor listrik untuk menarik kapal model dan dilakukan dengan tiga buah jenis putaran motor. Hasil dari percobaan tersebut yaitu perbedaan hambatan total yang terjadi antara kapal model lambung halus dengan kapal model lambung kasar. Dimana kenaikan hambatan tersebut dimungkinkan kenaikan koefisien gesek yang mengakibatkan hambatan gesek kapal menjadi bertambah.

Kata kunci : Kekasaran, koefisien gesek dan hambatan kapal

1. Pendahuluan

Nilai hambatan pada suatu kapal merupakan hal yang sangat penting. Karena untuk membuat kapal itu bergerak dibutuhkan daya mesin yang cukup untuk melawan besarnya nilai hambatan tersebut. Jika besarnya nilai hambatan tersebut tidak diketahui maka sang perancang akan kesulitan dalam menentukan mesin apa yang akan digunakan sebagai tenaga penggerak pada kapal tersebut. Salah memilih mesin maka akan sangat fatal akibatnya. Daya mesin yang terlalu kecil tidak akan mampu membuat kapal bergerak atau kapal dapat bergerak tetapi tidak pada kecepatan yang diharapkan. Daya mesin yang terlalu besar pengaruhnya pada biaya operasi kapal, kapal akan semakin boros karena daya mesin yang digunakan terlalu besar sehingga dibutuhkan bahan bakar yang lebih, dan juga daya angkut kapal akan berkurang disebabkan terlalu beratnya mesin tersebut. Besarnya nilai hambatan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yaitu dimensi utama kapal, viskositas fluida, bentuk bangunan atas, bentuk haluan, bentuk buritan dan juga dipengaruhi oleh kekasaran lambung kapal tersebut. Sehingga dalam merancang kapal maka sang perancang akan mengolah dimensi utama kapal tersebut sehingga didapatkan bentuk kapal yang optimum yang mana nilai hambatan kapal tersebut tidak terlalu besar. Semua faktor yang mempengaruhi nilai hambatan tersebut memiliki nilai yang tetap. Tetapi ada faktor yang akan selalu berubah nilainya, yaitu kekasaran lambung kapal. Maka pengaruh kekasaran lambung kapal pun dapat diketahui melalui percobaan uji tarik model kapal. Tujuan penelitian adalah menarik kapal model dengan variasi kekasaran lambung, variasi kecepatan kapal dan sarat air. Dimana kapal model yang akan diujicoba pada lambungnya akan diberi kekasaran. Dari percobaan tersebut akan dapat diketahui fenomena-fenomena apa saja yang akan terjadi yang dapat mempengaruhi nilai hambatan kapal tersebut.

2. Dasar Teori

Lapisan batas merupakan daerah fluida di sekitar permukaan benda padat. Yang mana pada daerah tersebut kekentalan berperan sangat dominan dan hampir seluruh energi yang hilang disebabkan oleh gesekan. Kekentalan adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya hambatan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Dari hukum viskositas Newton menyatakan

bahwa laju perubahan bentuk sudut fluida tertentu maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas. Hambatan suatu fluida terhadap tegangan geser tergantung pada kohesinya dan pada laju perpindahan momentum molekularnya. Kohesi nampaknya merupakan penyebab utama viskositas dalam fluida cair, dan karena kohesi berkurang dengan naiknya suhu maka demikian pula viskositasnya.

Tegangan geser (τ) yang terjadi pada suatu fluida sebesar F/A menyebabkan adanya deformasi sebesar du/dy , dimana besarnya regangan geser (du/dy) akan seimbang terhadap tegangan gesernya. Regangan geser akan secara terus menerus naik sesuai dengan waktu dan fluida akan tetap mengalir. Dan dapat diketahui bahwa konstanta yang mempengaruhi nilai tegangan geser tersebut merupakan viskositas dari fluida tersebut. Sehingga dapat ditulis :

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy} \quad (1)$$

Hambatan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Hambatan kapal tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerak kapal. Besarnya hambatan total tersebut dapat diketahui dengan formula :

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \quad (2)$$

Pada uji tarik model kapal akan dapat diketahui besarnya nilai hambatan total (R_T). Sehingga besarnya nilai koefisien total (C_T) bisa didapatkan. Nilai C_T merupakan jumlah dari koefisien gesek (C_F) dan koefisien sisa (C_R). Sehingga dapat ditulis :

$$C_T = C_F + C_R \quad (3)$$

Pada uji tarik model kapal besarnya nilai C_F dapat diketahui dengan menggunakan metode ITTC 1957 yaitu :

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} \quad (4)$$

Besarnya C_F dipengaruhi oleh viskositas, viskositas ini terkait hubungannya dengan bentuk aliran laminer maupun turbulen. Untuk mengetahui bentuk aliran apa yang terjadi pada fluida maka dapat dengan menggunakan bilangan reynold.:

$$Rn = \frac{v \cdot L}{\nu} \quad (5)$$

Untuk mengetahui besarnya gelombang yang terbentuk akibat adanya gaya gravitasi, gaya tekan serta gaya inersia yang terjadi akibat dari bentuk lambung kapal. Maka dapat menggunakan bilangan froude :

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (6)$$

3. Proses Percobaan

3.1. Peralatan Percobaan

Proses uji tarik model kapal akan dilakukan di sebuah kolam yang memiliki panjang 20 meter, lebar 10 meter dan kedalaman 1,5 meter. Spesifikasi model kapal yang digunakan dalam uji tarik model kapal yaitu panjang 2388 mm, lebar 312 mm, tinggi 190 mm dan tinggi draft 130 mm. Untuk menarik model kapal maka akan digunakan alat penarik yang mana alat penarik ini terdiri atas gulungan tali dan sebuah pulley berdiameter 9 inchi. Dari pulley ini maka akan

dihubungkan ke motor listrik. Motor listrik juga memiliki pulley. Pulley pada motor listrik akan dibongkar pasang dengan variasi diameter yaitu 2 inchi, 3 inchi dan 5 inchi. Yang masing-masing pulley akan menghasilkan putaran yang berbeda pada alat penarik, putaran tersebut yaitu 180 rpm, 240 rpm dan 550 rpm. Dari variasi putaran ini maka proses uji tarik model kapal akan memiliki tiga buah variasi kecepatan, yang mana kecepatan tersebut akan diukur berdasar jarak tempuh berbanding waktu tempuh.

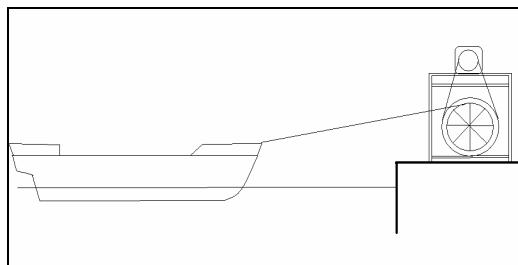
Untuk menghitung waktu tempuh digunakan sebuah stop watch, dan untuk mengukur berapa besar hambatan total yang terjadi pada model kapal digunakan strain gauge. strain gauge ini akan diikat dengan tali dari alat penarik dan dikaitkan ke model kapal.

3.2. Persiapan Percobaan

Untuk memberikan kekasaran pada model kapal maka ada beberapa tahapan, pertama pada lambung model kapal akan dilapisi dengan plastik. Kedua, kemudian dilapisi lagi dengan double tip. Ketiga dilapisi lagi dengan lakban dan keempat pada lakban ditempelkan batu-batu keramik yang mana batuan tersebut akan memberikan nilai kekasaran yang sangat tinggi pada lambung, nilai kekasaran mencapai 2500 μm .

3.3. Proses Pengambilan Data

- Percobaan pertama dilakukan pada kapal lambung kasar dengan beban 0 kg sehingga draftnya 3 cm dan putaran motor 180 rpm.
- Kemudian motor dinyalakan, dan kapal model pun bergerak.
- Setelah mencapai pertengahan kolam renang (10 m) maka dilihat berapa besar tegangan pada strain gauge dan pada saat tersebut stop watch dinyalakan.
- Setelah melalui jarak 6 meter, maka stop watch dimatikan.
- Dan motor pun dimatikan pada jarak 4 meter sebelum mencapai ujung kolam renang, sehingga kapal tidak menabrak kolam renang.
- Pada bagian ujung kolam juga telah disiapkan alat pelindung.
- Setelah data didapatkan, maka kapal ditarik kembali ke posisi awal.



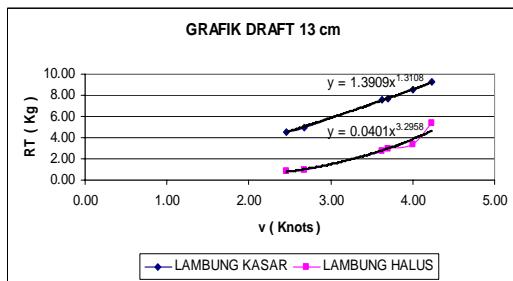
Gambar 1 Model Kapal Ditarik Dengan Alat Penarik

- Data hanya diambil jika sudut kemiringan ketika kapal ditarik tidak terlalu besar yaitu $< 5^\circ$, jika ketika ditarik sudut kemiringan terlalu besar, maka percobaan diulang.
- Kegiatan ini dilakukan sebanyak lima kali berturut-turut.
- Kegiatan tersebut dilakukan dengan tiga buah tinggi draft dan tiga buah putaran pada alat penarik.
- Setelah percobaan pada kapal lambung kasar selesai, maka kegiatan selanjutnya dilakukan pelepasan batu-batu yang menempel pada lambung kapal, sehingga jika semua lambung telah bersih dari batu maka kapal siap dilakukan percobaan kembali dengan proses percobaan yang sama dengan apa yang dilakukan pada kapal lambung kasar.

- Pada percobaan kapal lambung biasa muatan kapalnya ditambah 4 kg. Penambahan ini dilakukan agar displacement kapal lambung halus sama dengan displacement kapal lambung kasar.

3.4. Hasil Data Percobaan

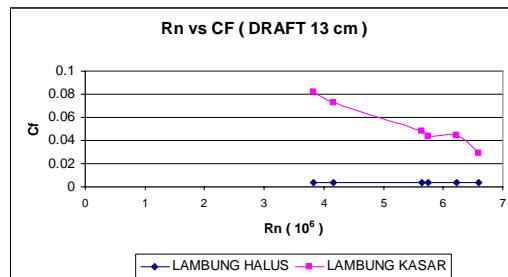
Setelah didapat data percobaan yaitu hambatan (kg) dan kecepatan (knot) maka diplot ke dalam grafik.



Gambar 2 Perbandingan Hambatan Pada Lambung Kasar dan Lambung Halus

4. Analisa

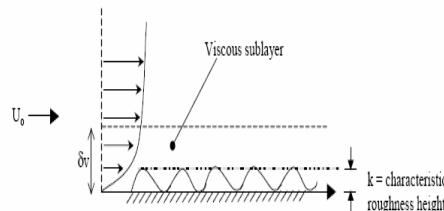
4.1. Penurunan C_F Pada Kedua Jenis Lambung.



Gambar 3 Penurunan C_F Pada Kenaikan R_n

Dengan menggunakan rumus (3), (4) dan (5). Pada grafik terlihat jelas, ketika bentuk aliran fluida turbulen maka terjadi penurunan nilai C_F . Hal ini disebabkan pada aliran turbulen gesekan yang terjadi pada fluida semakin besar, yang akan meningkatkan suhu pada boundary layer sehingga viskositas menjadi turun.

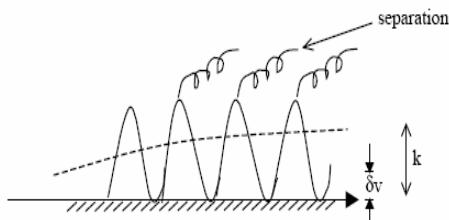
4.2. Perbedaan Nilai C_F Pada Kedua Jenis Lambung.



Gambar 4 Besarnya C_F Identik Dengan Perbandingan k/δ

Nilai C_F yang lebih tinggi pada lambung kasar dapat dijelaskan pada ilustrasi di atas. Besarnya C_F identik dengan perbandingan k/δ . Semakin tinggi k maka nilai C_F akan semakin tinggi. Penurunan nilai C_F jika dianalisa dari perbandingan k/δ . Tebal boundary layer pada aliran turbulen semakin besar, yang mana hal ini menyebabkan perbandingan k/δ juga akan menurun nilainya.

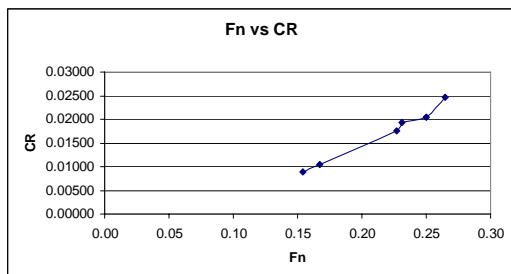
4.3. Fenomena pada kekasaran yang sangat tinggi.



Gambar 5 Kekasaran Tinggi Menimbulkan Separation

Pada ilustrasi di atas jika nilai kekasaran melebihi dari tebal boundary layer, maka akan terjadi separation. Separation ini yang mengakibatkan terjadinya wake flow sehingga kapal akan kehilangan energi, maka hambatan yang dialami oleh kapal akan semakin besar.

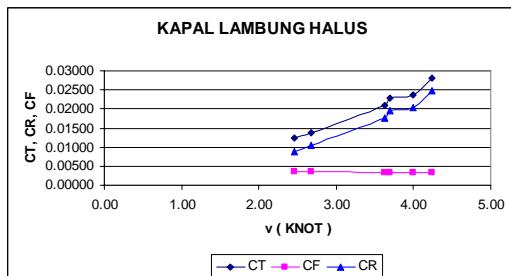
4.4. Kenaikan C_R Berbanding Lurus Dengan Kecepatan



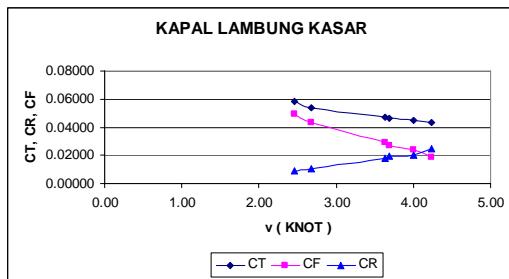
Gambar 6 Kenaikan C_R Pada Kedua Jenis Lambung

Dengan menggunakan rumus (3) dan (6), kemudian diplot ke dalam grafik. Terlihat jelas kenaikan C_R berbanding lurus dengan F_n .

4.5. Perbedaan C_T Pada Kedua Jenis Lambung



Gambar 7 Nilai C_T Lambung Halus Selalu Naik



Gambar 8 Nilai C_T Lambung Kasar Mengalami Penurunan

Dengan menggunakan rumus (2),(3),(4) dan (5) kemudian diplot ke dalam grafik. Maka terdapat perbedaan fenomena C_T pada kedua jenis lambung. Terjadinya penurunan C_T pada lambung kasar disebabkan karena nilai C_F nya turun, nilai C_F pada lambung kasar sangat tinggi. Sehingga mempengaruhi nilai C_T . Sedangkan pada lambung halus nilai C_T selalu bertambah karena nilai C_F nya sangat kecil, sehingga tidak mempengaruhi C_T .

5. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan, maka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal yang berhubungan dengan hambatan dan mekanika fluida sebagai berikut :

- Besarnya nilai R_T kapal lambung kasar $> R_T$ kapal lambung halus
- Besarnya nilai C_F kapal lambung kasar $> C_F$ kapal lambung halus
- Besarnya nilai C_R kapal lambung kasar $= C_R$ kapal lambung halus
- Pada kapal lambung kasar pengaruh C_F sangat besar sekali terhadap C_T karena $C_F > C_R$, tetapi dengan menaiknya kecepatan maka nilai $C_F < C_R$.
- Pada kapal lambung halus pengaruh C_F sangat kecil sekali terhadap C_T karena $C_F < C_R$, dan akan semakin kecil pengaruhnya dengan menaiknya kecepatan.
- Pada aliran turbulen yang mana $Rn > 5 \times 10^5$, maka semakin besar bilangan reynold nilai C_F akan cenderung untuk turun.
- Pada kecepatan rendah, atau keadaan laminer dimana $Rn < 5 \times 10^5$ maka pengaruh dari C_F sangat besar. Sedangkan jika kecepatan semakin naik maka pengaruh dari C_R yang sangat besar.

6. Daftar Pustaka

- [1] Giles, Ranald V
Mekanika Fluida & Hidraulika Edisi Kedua S1 Metrik, Erlangga, Jakarta, 1984
- [2] Harvald, Sv.Aa.
Tahanan dan Proporsi Kapal, Airlangga University Press, Surabaya, 1992.
- [3] Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, Bruce R. Munson, & David P. Dewitt.
Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, 2003.
- [4] Poehls, Harald
Lectures On Ship Design & Ship Theory, University of Hanover.
- [5] Sastrodiwongso, Teguh
Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak, ImarE, Jakarta, 2005
- [6] Streeter, Victor L. & Wyllie, E. Benjamin.
Mekanika Fluida edisi delapan jilid I, Erlangga, Jakarta, 1985.
- [7] Talahatu, Marcus. A
Teori Merancang Kapal, Fakultas Teknik. Universitas Indonesia., Jakarta, 1985.