

Sepenggal kisah tentang *Tribo*

Oleh Azhari Sastranegara*

Siapa pun tahu bila dua benda bersentuhan sambil bergerak akan timbul gesekan. Siapa pun juga dengan mudah mengerti bahwa akibat yang ditimbulkan gesekan bisa bermacam-macam misalnya bunyi mencicit, kenaikan temperatur permukaan, atau permukaan yang aus. Namun barangkali tidak banyak yang mengetahui bahwa gesekan atau dalam bahasa ilmiahnya *friction* merupakan salah satu penyebab pemborosan energi yang cukup signifikan.

Alkisah, pada tahun 1966 di negeri pelopor industri modern Inggris, menteri pendidikan waktu itu H.P.Jost memberikan laporan yang mengejutkan kepada parlemen tentang besarnya energi yang terbuang karena gesekan. Dalam laporannya yang terkenal dengan nama *The Jost Report* ⁽¹⁾, disebutkan bahwa energi yang hilang di Inggris karena gesekan bila dikonversi setara dengan 1.3% GNP Inggris waktu itu, atau sekitar 500 juta poundsterling! Dari laporan Jost inilah muncul istilah baru untuk ilmu tentang gesekan dan cara mengurangnya yaitu, *Tribology* (berasal dari bahasa Yunani, *Tribo*).

Negara-negara industri maju terkejut atas laporan Jost dan mulai mengadakan investigasi di negaranya masing-masing. Jepang yang baru saja menjadi negara industri segera mengadakan penelitian besar-besaran untuk mengurangi gesekan. Pada tahun 1971, pemerintah Jepang mengumumkan bahwa besar energi yang telah dihemat berdasarkan hasil penelitian mengenai *tribology* setara dengan 2.6% GNP atau sekitar 2 trilyun yen. Meski relatif telat, beberapa tahun kemudian Amerika Serikat mengumumkan bahwa penghematan energi berkat *tribology* mencapai 0.9% GNP atau sekitar enam persen dari konsumsi energi AS saat itu.

Definisi dan akar *Tribology*

Dari laporan Jost diartikan bahwa *Tribology* adalah ilmu yang menangani gesekan (*friction*), pelumasan (*lubrication*) dan aus (*wear*). *Tribology* sendiri berasal dari bahasa Yunani, *tribo* yang artinya menggesek atau menggores. Dewasa ini secara saintifik dirumuskan bahwa *Tribology* adalah ilmu tentang interaksi permukaan benda padat yang bergerak dan implikasi yang muncul dari interaksi tersebut⁽²⁾. Definisi dan istilah ini

tidak terlalu mengikat dan baku, bahkan para ilmuwan Cina lebih sreg memakai istilah *Friction Engineering* daripada *Tribology*.

Sesungguhnya akar tribology bermula pada gesekan dari dua permukaan yang bersentuhan. Dari adanya gesekan ini timbullah ide untuk melakukan pelumasan agar suatu benda bergerak lebih mudah. Dalam literatur kuno didapatkan bahwa bangsa-bangsa peradaban tua seperti Mesir dan Assyria sudah memakai prinsip-prinsip tribology dalam kegiatan keseharian mereka ribuan tahun lalu. Diketahui bahwa di jaman itu, ketika memindahkan barang yang berat mereka menggunakan minyak hewan untuk melicinkan permukaan.

Gesekan dan misterinya

Karena *tribology* dan gesekan tidak bisa dipisahkan, penting untuk menelusuri sejarah manusia modern mencoba membedah fenomena gesekan. Adalah si jenius Leonardo Da Vinci (1452-1519) yang mula-mula merumuskan cara mengurangi gesekan dalam bentuk yang riil dan terstruktur. Da Vinci meninggalkan sketsa *ball bearing* kayu yang sangat mirip dengan *ball bearing* logam yang dipakai saat ini⁽³⁾. Di dunia modern sekarang, hampir semua alat yang bergerak memakai *bearing*, dalam bahasa Indonesia disebut *klahe*.

Dilhami oleh Da Vinci, hukum-hukum fisika mengenai gesekan dirumuskan oleh dua ilmuwan secara terpisah yaitu Amontons (1699) dan selanjutnya Coulomb (1751) dan disebut Hukum Gesekan Amontons-Coulomb. Hukum ini sederhana dan berisi empat butir postulat:

1. Gaya gesekan pada permukaan yang bersentuhan berbanding lurus dengan gaya tegak lurus pada permukaan tersebut.
2. Gaya gesekan tidak bergantung pada luas proyeksi permukaan yang bersentuhan
3. Gaya gesekan tidak berhubungan dengan kecepatan *sliding* permukaan.
4. Gaya gesekan statis lebih besar daripada gaya gesekan dinamis

Postulat 1 dan 2, terbukti melalui penelitian (*empirically proved*) akurat untuk gesekan benda padat (lihat Figure 1 dan Figure 2). Sementara itu, postulat 3 dan 4 dalam beberapa kasus tidak sesuai dengan hasil percobaan. Selama lebih dari dua ratus tahun hukum gesekan di atas (terutama hukum 1 dan 2) dipakai secara luas dan hampir semua disain alat mekanik modern menerapkan hukum ini.

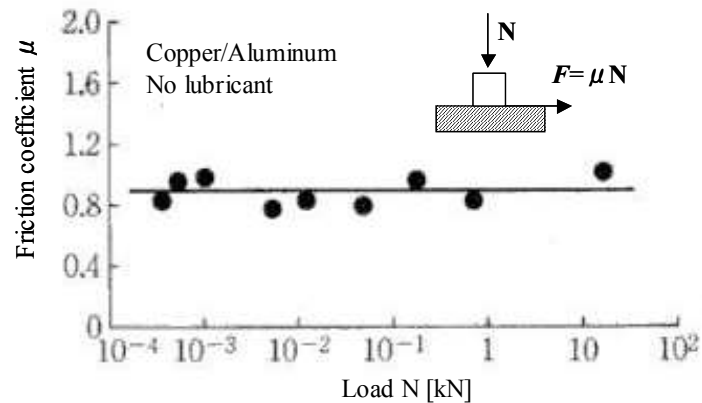


Figure 1 Hubungan antara gaya normal dan koefisien gesekan⁽⁴⁾

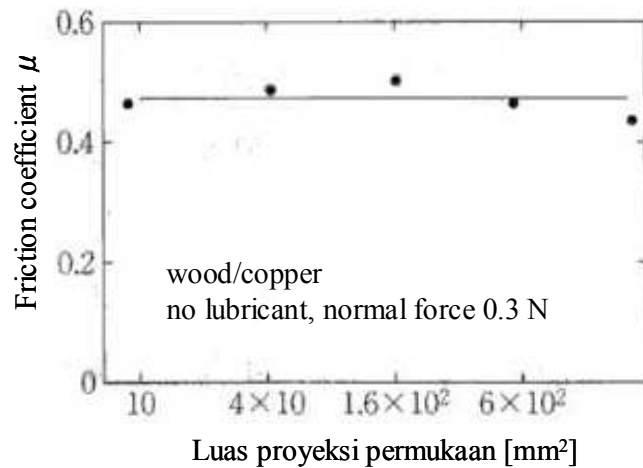


Figure 2 Hubungan luas permukaan dan antara koefisien gesekan⁽⁵⁾

Yang unik, Hukum Amontons-Coulomb tidak memiliki pembuktian ilmiah yang akurat. Kehebatan hukum ini terletak pada hasilnya yang sesuai dengan eksperimen pada banyak kasus. Seolah-olah dua orang ilmuwan itu berkata, "Kami memang tidak tahu apa yang sebenarnya terjadi. Tapi buktinya hukum ini sesuai dengan percobaan."

Pada kenyataannya, sampai sekarang tak seorangpun yang berhasil menguak misteri yang terjadi di lapisan molekul dua permukaan yang bergesekan. Misalnya pada fenomena anomali kekasaran permukaan (*surface roughness*) dan gaya gesekan. Secara sederhana kita akan mengambil kesimpulan bahwa semakin kecil kekasaran permukaan (artinya permukaan semakin licin) semakin kecil pula gaya gesekan yang timbul. Namun ternyata, bila kekasaran permukaan dikurangi terus sampai lebih kecil

dari nilai kekasaran tertentu (kira-kira 0.5 micron,) gaya gesekan berbalik menjadi lebih besar (lihat Figure 3). Fenomena ini gagal dijelaskan oleh hukum Amontons-Coulomb.

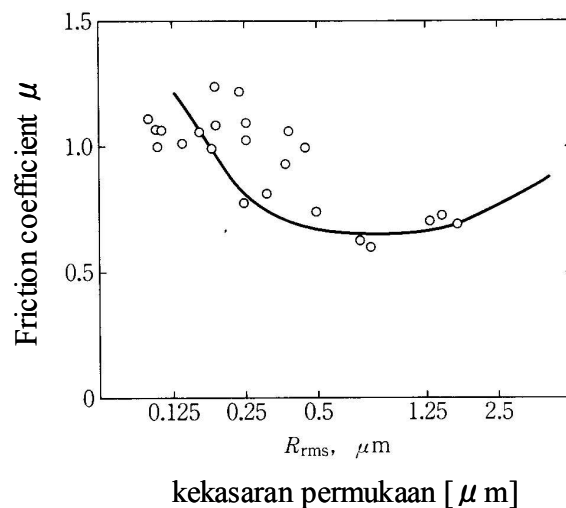


Figure 3 Hubungan antara kekasaran permukaan dan koefisien gesekan⁽⁵⁾

Selain hukum Amontons-Coulomb, teori modern tentang friksi dikembangkan oleh Bowden dan Tabor dengan teorinya yang disebut *Adhesive Friction Theory*⁽⁶⁾. Teori ini menjelaskan secara ilmiah hukum 1 dan 2 dari teori Amontons-Coulomb dan berhasil menjelaskan fenomena pada Figure 3 di atas, tetapi tetap saja gagal menjelaskan fenomena gesekan secara tuntas. Alhasil, gesekan yang merupakan sistem sangat sederhana (hanya melibatkan dua permukaan) tetap menjadi misteri.

Kembali pada laporan Jost di atas, muncul keingintahuan, perlukah juga di Indonesia diadakan penelitian mengenai pengaruh gesekan? Di negara kita berapa persen kira-kira energi yang hilang karena gesekan yang tidak mendapatkan penanganan dengan benar? Ataukah mungkin pertanyaan-pertanyaan ini menjadi tidak relevan karena persentasi kehilangan energi (baca uang) disebabkan faktor manipulasi manusia jauh lebih besar daripada sekadar hitungan satu atau dua persen dari GNP? *Wallahualam.*

Referensi:

- (1) Department of Education and Science, Lubrication (Tribology), Her Majesty's Stationery Office (1966)
- (2) Glossary of Terms and Definitions in the Field of Friction, Wear and Lubrication

-Tribology-, OECD (1969)

(3) Dowson, D. , History of tribology, Longman (1979)

(4) Whitehead, J.R., Proc.Roy.Soc. London, A201 (1950) 109

(5) Rabinowicz, E., Friction and Wear of Materials, John Wiley & Sons (1966)

(6) Bowden, F.P. and Tabor, D., The Friction and Lubrications of Solids, Pt.1, Oxford (1950)

*Azhari Sastranegara, peneliti pada laboratorium mekanika dasar NSK Ltd. Meraih gelar *doctor of engineering* bidang teknik mesin dari Tokyo Institute of Technology.