

Pengaruh Kekasaran Material Pada Laju Penguapan Air Laut Dalam Proses Desalinasi Dengan Panas Matahari

Oktarina Heriyani^{1*}, Dan Mugisidi², Hamdi Faturahman²

1. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka
Jl. Tanah Merdeka no 6. Ciracas, Kp Rambutan, Jakarta 13830
Telp. +62 21- 8400941 Fax. +62 21-87782739, Mobile 0816610785

2. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka
Jl. Tanah Merdeka no 6. Ciracas, Kp Rambutan, Jakarta 13830
Telp. +62 21- 8400941 Fax. +62 21-87782739, Mobile 0816610785

* Penulis Koresponden

Abstrak – Pemanfaatan energi panas matahari pada proses desalinasi sangat cocok di Indonesia untuk menghasilkan air tawar dengan biaya produksi rendah. Untuk mempercepat proses penguapan, bahan yang sesuai dibutuhkan sebagai penampung air laut. Salah satunya, material penampung tersebut harus dapat mengalirkan panas ke air laut untuk mempercepat proses penguapan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kekasaran permukaan material pada laju penguapan air laut dalam proses desalinasi dengan panas matahari. Penelitian ini menggunakan material stainless dengan variasi 5 tingkat kekasaran, yaitu 0,11 μm ; 0,15 μm ; 0,5 μm ; 3,64 μm ; dan 4,65 μm . Penguapan yang terbanyak pada tingkat kekasaran 4,65 μm . Peningkatan kekasaran material akan menyebabkan luas permukaan material tersebut bertambah sehingga meningkatkan laju aliran panas dari material penampung ke air laut di dalam penampung. Dengan demikian, dalam proses desalinasi dengan menggunakan panas matahari, kekasaran permukaan material mempengaruhi jumlah air yang menguap. Semakin kasar luas permukaan material maka volume air yang diuapkan juga akan lebih besar.

Kata kunci: Air, kekasaran, laut, penguapan, permukaan, desalinasi.

I. Pendahuluan

Air adalah kebutuhan utama dalam kehidupan. Manusia, tumbuhan, dan hewan tidak akan bertahan hidup tanpa air. Seiring dengan pertumbuhan populasi di dunia, konsumsi air semakin meningkat. Penambahan populasi manusia sebanyak 15% akan mengurangi sumber air dan meningkatkan kekurangan air sebesar 40% (Schewe et al., 2014), sedangkan jumlah air tawar di permukaan bumi hanya tersedia 2,8%, sisanya adalah air laut sebesar 97,2% (Belessiotis, Kalogirou, dan Delyannis 2016). Karena itu, air laut merupakan sumber potensial air untuk diubah menjadi air tawar. Berbagai metode dan penelitian telah dilakukan untuk mengubah air laut menjadi air tawar. Desalinasi adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan. Proses desalinasi menjadi lebih murah dengan memanfaatkan energi matahari, meski produksinya tidak

tinggi. Metode pemanasan langsung dengan panas matahari adalah cara yang paling tepat untuk menghasilkan air tawar hingga 200 m³/hari (Garcia-Rodriguez 2002).

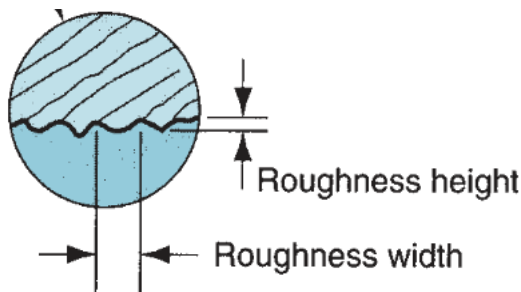
Material penampung air laut memberikan pengaruh pada proses penguapan sehingga banyak peneliti melakukan penelitian untuk melihat pengaruh kekasaran material terhadap proses perpindahan panas. Yuanyuan He dkk menemukan bahwa distribusi koefisien perpindahan panas lokal terutama bergantung pada kekasaran permukaan fraktur, diikuti oleh *aperture*, dan laju alir (Yuanyuan He, Bing Bair, etc 2016). Menurut W. Buzzard bahwa tingkat kekasaran permukaan menunjukkan kemampuan yang luar biasa untuk menghasilkan peningkatan tingkat perpindahan panas (W. Buzzard, Z. Ren, etc 2016). Kekasaran permukaan secara signifikan mempengaruhi perilaku *quenching*. Semakin tinggi kekasaran permukaan, semakin rendah waktu pendinginan selama *spray cooling* (Deendarlianto, etc 2016). Kekasaran

material mempengaruhi perpindahan panas yang terjadi pada material atau perpindahan panas ke air sehingga kekasaran menjadi faktor pendukung dalam penguapan air laut. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kekasaran material terhadap laju penguapan air laut dalam proses desalinasi dengan panas matahari.

II. Landasan Teori

Menurut Gaitonde V. N (2012), kekasaran (*roughness*) adalah ukuran tekstur pada sebuah permukaan yang ditentukan oleh deviasi vertikal permukaan sebenarnya dari bentuk idealnya. Jika nilai deviasinya besar maka permukaannya kasar, jika deviasinya kecil berarti permukaannya halus. Kekasaran dianggap sama dengan frekuensi tinggi, panjang gelombang yang pendek pada permukaan yang diukur. Permukaan yang kasar biasanya lebih cepat rusak dan memiliki gesekan yang besar dibandingkan dengan permukaan yang halus. Kekasaran sering dijadikan sebagai prediktor yang baik pada kinerja komponen mekanik, sejak ketidakaturan pada permukaan dapat menjadi pusat terjadinya retak atau korosi. Pada proses manufaktur, menurunkan nilai kekasaran permukaan dapat didefinisikan sebagai rata-rata dari vertikal penyimpangan dari permukaan nominalnya selama jangka permukaan yang ditentukan.

Kekasaran mengacu pada kecilnya penyimpangan secara aritmetik dengan jarak dari permukaan nominalnya yang ditentukan oleh karakteristik material dan proses yang terbentuk di permukaan.



Gambar 1. Lebar dan Tinggi Kekasaran
(Sumber: *fundamentals of modern manufacturing, mikell-p-groover*)

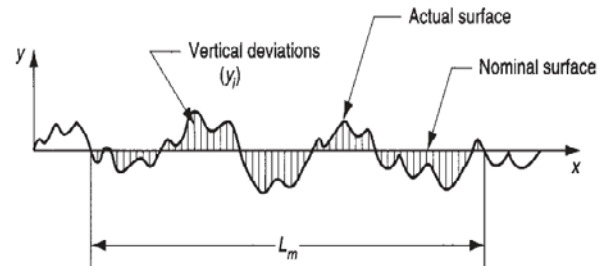
Kekasaran permukaan menurut P. Groover, Mikell, 2010 dapat didefinisikan sebagai rata-rata dari vertikal penyimpangan dari permukaan nominalnya selama jangka permukaan yang ditentukan. Aritmatika rata (AA) secara umum digunakan, berdasarkan pada nilai-nilai absolut dari penyimpangan, dan kekasarannya. Nilai ini disebut dengan kekasaran rata-rata. Dalam bentuk persamaan:

$$Ra = \int_0^{Lm} \frac{|y|}{Lm} dx \quad (1)$$

di mana:

R_a = aritmatika berarti nilai kekasaran, m (in);

y = deviasi vertikal dari permukaan nominalnya (dikonversi ke nilai absolut), m (in); dan
 L_m = jarak ditetapkan lebih dimana penyimpangan permukaan diukur



Gambar 2. Metode AA

(Sumber: *fundamentals of modern manufacturing, mikell-p-groover*)

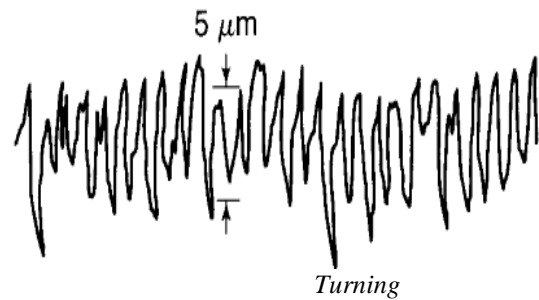
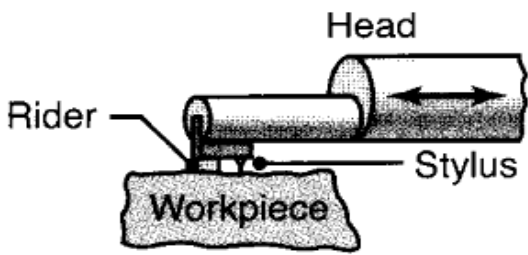
Metode AA adalah metode yang paling banyak digunakan untuk kekasaran permukaan pada saat ini, seperti ditunjukkan pada gambar 2 diatas. Alternative, kadangkala digunakan di Amerika Serikat, adalah root-mean-square (RMS) Rata-rata, yang merupakan akar kuadrat dari rata-rata dari simpangan kuadrat lebih dari ukuran panjangnya. RMS nilai kekasaran permukaan akan hampir selalu lebih besar dari nilai AA karena penyimpangan yang lebih besar akan mencari dengan lebih jelas dalam perhitungan RMS.

Root-mean-square adalah parameter root-mean-square yang berhubungan dengan nilai R_a dengan persamaannya sebagai berikut.

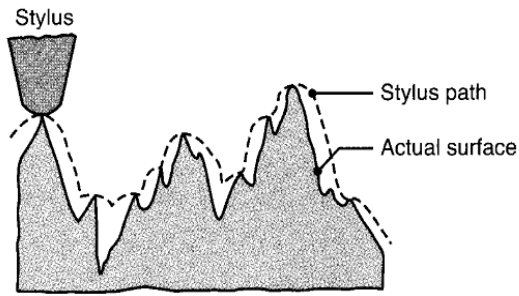
$$Ra = \sqrt{\frac{1}{Lm} \int [(y(x) - y_{avg})]^2 dx} \quad (2)$$

Kekasaran permukaan mengalami jenis yang sama dari defisiensi setiap ukuran tunggal yang digunakan untuk mengukur atribut fisik yang kompleks, menurut Kalpakjian, Serope & R. Schmid, Steven, 2009. Sebagai contoh, kegagalan untuk memperhitungkan letak permukaan pola; dengan demikian, kekasaran permukaan dapat bervariasi secara signifikan, tergantung pada arah mana yang diukur.

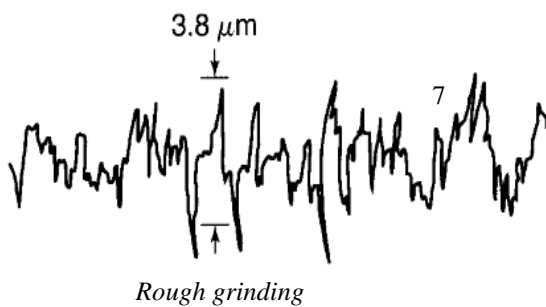
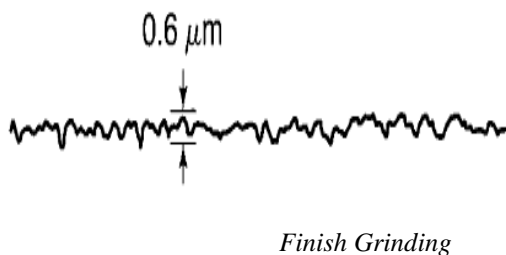
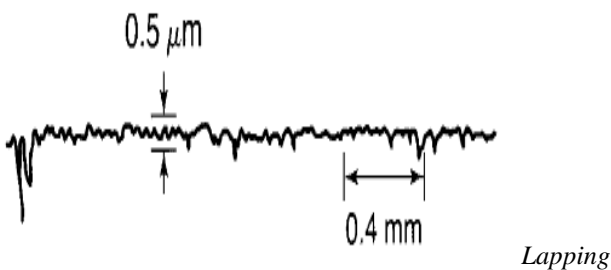
Mengukur Kekasaran Permukaan. Biasanya, instrumen yang disebut profilometers permukaannya digunakan untuk mengukur dan kekasarannya untuk merekam permukaannya. Sebuah profilometer yang di miliki material, seperti terlihat pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Profilometers (Sumber: Kalpakjian, Serope & R. Schmid, Steven. *Manufacturing Engineering and Technology*).



Contoh



Stylus yang bergerak sepanjang garis lurus di atas permukaan. Jarak bahwa *stylus* perjalanan disebut *cutoff*, yang umumnya berkisar dari 0,08 hingga 25 mm. Sebuah *cutoff* 0,8 mm khas untuk aplikasi teknik sebagian besar. Aturan praktis adalah bahwa *cutoff* harus cukup besar untuk memasukkan 10 sampai 15 penyimpangan kekasaran permukaan, serta semua *waviness* permukaannya. Dalam rangka untuk mengetahui kekasaran permukaan, jejak profilometer dicatat yang terbesar skala vertikal (dalam hitungan lipatan terbesar dari skala horisontal); besarnya skala tersebut dinamakan gain pada perekaman instrumen. Dengan demikian, profil direkam terdistorsi secara signifikan, dan permukaan tampaknya jauh lebih kasar daripada yang sebenarnya. Instrumen perekaman mengkompensasi untuk setiap *waviness* permukaannya; itu hanya menunjukkan kekasaran permukaan.

Kekasaran permukaan dapat diamati secara langsung melalui optik atau *scanning electron* mikroskop. Foto *stereoscopic* akan sangat berguna untuk tiga dimensi dilihat dari permukaan dan juga dapat digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan.

Karena sifat permukaan dapat bervariasi secara signifikan dengan arah di mana jejak profilometer diambil, sering kebutuhan yang untuk mengukur profil digunakan permukaan tiga dimensi. Dalam kasus yang paling sederhana, ini bisa dilakukan dengan profilometer permukaannya yang memiliki kemampuan mengindeks jarak pendek antara jejak. Sejumlah alternatif lain telah dikembangkan, dua di antaranya, yaitu *Optical-interference microscopes* dan mikroskop *atomic-force*.

Optical-interference microscopes ini memberi cahaya terhadap reflektif permukaan dan merekam pinggiran interferensi yang dihasilkan dari benda dan gelombang yang dipantulkan. Teknik ini memungkinkan untuk pengukuran langsung dari kemiringan permukaan area benda. Sebagai jarak vertikal antara sampel dan sasaran interferensi akan berubah, pola sisi juga berubah sehingga memungkinkan untuk ketinggian permukaan pengukuran.

Atomic-force microscopes (AFMS) digunakan untuk mengukur permukaan sangat halus dan bahkan memiliki kemampuan atom yang membedakan dari atom halus permukaan. Pada prinsipnya, sebuah AFM hanyalah profilometer permukaanyang sangat halus dengan laser yang digunakan untuk mengukur posisi *probe*. Profil permukaan dapat diukur dengan akurasi tinggi dan dengan resolusi vertikal pada skala atom, dan daerah scan dapat

pada urutan 100/μm persegi, meskipun daerah yang lebih kecil yang lebih umum.

Kekasaran Permukaan dalam Teknik Praktik. Persyaratan untuk permukaan-kekasaran permukaan perancangan dalam aplikasi teknik umum berubah sebesar hingga dua lipat, contohnya

- a. bearing balls 0.025μm
- b. crank shaft bearings 0.32μm
- c. brake drums 1.6 μm
- d. clutch-disk faces 3.2 μm

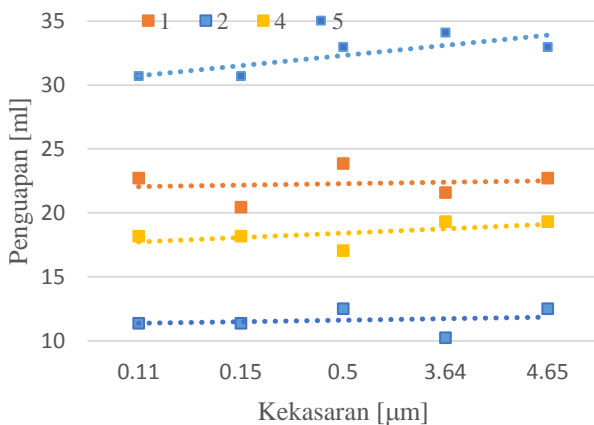
Karena banyak material dan proses variabel yang terlibat, kisaran kekasaran permukaan diproduksi bahkan dalam proses manufaktur yang sama dapat menjadi signifikan.

III. Metodologi Penelitian.

Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat pan dari bahan stainless dengan variasi 5 tingkat kekasaran, yaitu 0,11 μm; 0,15 μm; 0,5 μm; 3,64 μm; dan 4,65 μm. Kemudian, di lakukan pengujian kekasaran. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap pan. Langkah berikutnya, pan dengan 5 tingkat kekasaran akan diisi 250 mL air laut, kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama lebih kurang 5 jam. Setelah 5 jam, akan dilihat seberapa besar penguapan air lautnya. Ini dilakukan sebanyak 3 kali pengujian.

IV. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian didapat data sebagai berikut.



Gambar 4. Pengaruh kekasaran terhadap penguapan air laut pada tiap percobaan.

Pada gambar 4 terdapat lima serial data yang diambil pada empat hari berbeda. Perbedaan tingkat penguapan pada hari yang berbeda disebabkan oleh temperatur lingkungan atau cerah tidaknya matahari pada hari itu. Lima wadah dengan kekasaran yang berbeda di uji pada waktu sama pukul 10.00 sampai 14.00 WIB sehingga hasilnya dapat dibandingkan. Kelima data memiliki kecenderungan yang sama, bahwa penguapan semakin meningkat dengan semakin meningkatnya kekasaran.

Pada Gambar 5 Rata-rata data penguapan pada setiap kekasaran menunjukkan bahwa semakin kasar permukaan

material penampung akan meningkatkan laju penguapan air laut. Pengaruh kekasaran terhadap penguapan mengikuti persamaan

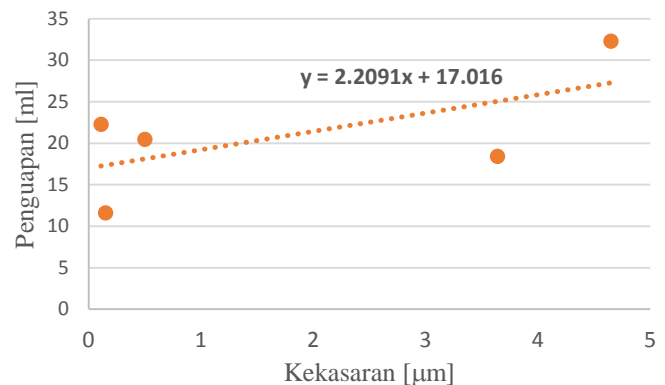
$$Y = 2,2 X + 17,02.$$

Peningkatan kekasaran akan menyebabkan luas permukaan material bertambah. Penambahan luas permukaan akan meningkatkan laju aliran panas dari penampung terhadap air laut. Laju penguapan tersebut mengikuti persamaan (Cooper, 1969):

$$(Q_{rwg} + Q_{cwg} + Q_{ewg})A_w + Q_b A_w + 2Q_{sd} A_{sd} + C_w A_w \frac{dT_w}{dt} = I a_w A_w \quad (1)$$

Di mana

- A_w, A_{sd} Luas air, dan sisi. [m^2]
- a_w Absorptivitas air
- C_w Kapasitas panas air, [$J.m^{-2}.K^{-1}$]
- I Radiasi matahari per jam, [$J.m^{-2}.h^{-1}$]
- $Q_{rwg}, Q_{cwg}, Q_{ewg}$ Aliran panas antara air di penampung radiasi, konveksi dan penguapan, berurutan. [$J.m^{-2}.h^{-1}$]
- Q_{sd}, Q_b Panas yang hilang dari dinding dan dasar penampung, berurutan. [$J.m^{-2}.h^{-1}$]
- T_w Temperatur air, [K]
- t Rentang waktu, [h]



Gambar 5. Rata-rata pengaruh kekasaran terhadap penguapan air laut

Penambahan kekasaran permukaan akan memperluas permukaan sehingga meningkatkan kalor yang dapat dialirkan oleh material sesuai dengan persamaan $I a_w A_w$.

IV. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin kasar luas penguapan suatu material maka penguapan akan semakin besar. Artinya, peningkatan kekasaran material akan menyebabkan luas permukaan material tersebut bertambah sehingga meningkatkan laju aliran panas dari pan ke air laut di dalam pan.

Kepustakaan

- [1]. Schewe, Jacob, Jens Heinke, Dieter Gerten, Ingjerd Haddeland, and Nigel W. Arnell. 2014. "Multimodel Assessment of Water Scarcity under Climate Change." P. vol: 111 (9) pp: 3245-50 in Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Retrieved (www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3948304).
- [2]. Belessiotis, Vassilis, Soteris Kalogirou, and Emmy. Delyannis. 2016. Thermal Solar Desalination - Methods and Systems. 1St ed. edited by M. Convey. ELSEVIER.
- [3]. Garcia-Rodriguez, L. 2002. "Seawater Desalination Driven by Renewable Energies: A Review." Desalination.
- [4]. Yuanyuan He, Bing Bai, Shaobin Hu Xiaochun Li. 2016. Effects of surface roughness on the heat transfer characteristics of water flow through a single granite fracture. Computers and Geotechnics, volume 80. pages 312 – 321. Elsevier.
- [5]. W. Buzzard, Z. Ren, P. Ligrani, C. Nakamata, and S. Ueguchi. 2016. Influences of Target Surface Roughness on Impingement Jet Array Heat Transfer: Part 1 — Effects of Roughness Pattern, Roughness Height, and Reynolds Number. Paper No. GT2016-56354, pp. V05AT13A003; 14 pages, doi:10.1115/GT2016-56354.
- [6]. Deendarlianto, Yasuyuki Takata, Masamichi Kohno, Sumitomo Hidaka, Takaaki Wakui, Akmal Irfan Majid, Hadiyan Yusuf Kuntoro, Indarto, Adhika Widyaparaga. 2016. The effects of the surface roughness on the dynamic behavior of the successive micrometric droplets impacting onto inclined hot surfaces. International Journal of Heat and Mass Transfer. Volume 101, October 2016, Pages 1217-1226. Elsevier.
- [7]. GaitondeV. N, 2012. Application of Particle Swarm Optimization for Achieving Desired Surface Roughness in Tungsten-Copper Alloy Machining. India.
- [8]. P. Groover, Mikell. 2010. Fundamentals Of Modern Manufacturing, Materials, Proesses, and Systems. United States of America.
- [9]. Kalpakjian, Serope & R. Schmid, Steven. 2009. Manufacturing Engineering and Technology.
- [10]. Cooper, P.I., 1969a. The absorption of radiation in solar stills. Solar Energy. 12, 333 346.