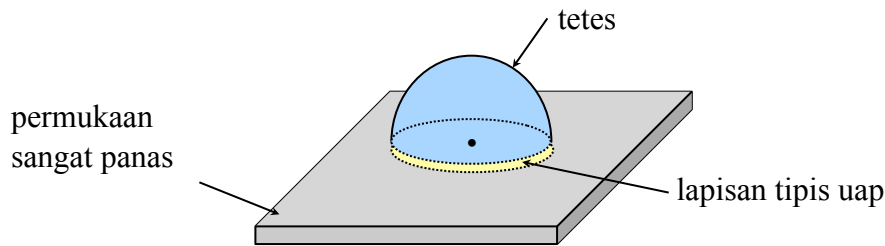


Fenomena Leidenfrost

Soal ini bertujuan menghitung lamanya penguapan dari sebuah tetes cairan berbentuk setengah bola (*hemispherical*) yang berada di atas lapisan tipis uap yang memisahkan tetes dari keping di bawahnya yang sangat panas.

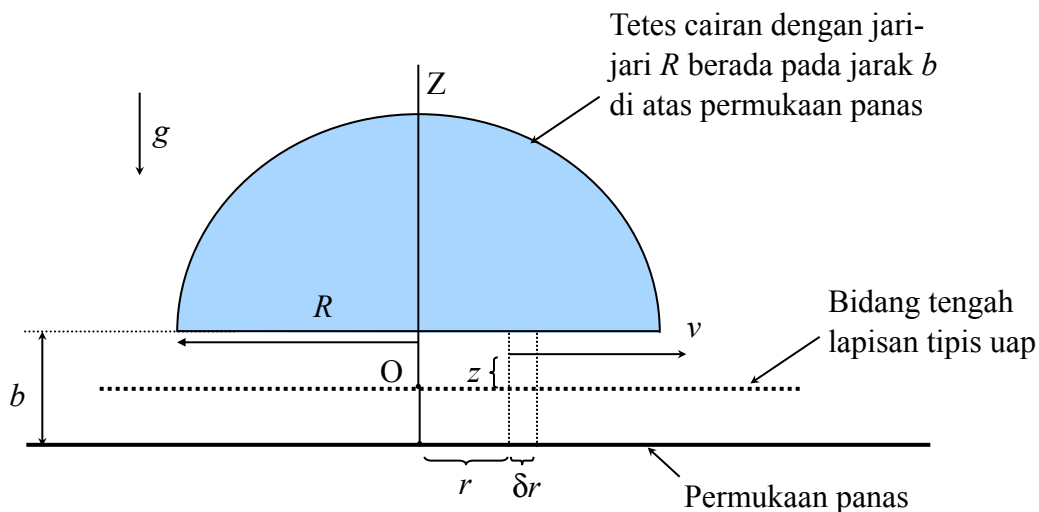


Gambar 1

Anggap bahwa aliran uap yang ada di bawah tetes cairan adalah aliran yang bersifat laminar (*streamline*) sehingga dapat dianggap sebagai zat cair (fluida) Newton dengan **koefisien viskositas** η dan **konduktivitas termal** \mathcal{K} . Diketahui **kalor laten** penguapan fluida tersebut adalah ℓ . Perlu

diketahui bahwa fluida Newton memiliki regangan geser (*shear stress*) sebesar $\frac{F}{A} = \eta \times \frac{dv}{dz}$ dengan

v adalah kecepatan alir (lihat gambar) dan z adalah jarak yang diukur ke arah tegak lurus arah aliran, dan arah gaya F sejajar atau tangensial terhadap permukaan A .



Gambar 2

v adalah kecepatan alir uap ke arah radial pada ketinggian z di atas bidang tengah lapisan

tipis uap (lihat gambar). Tekanan uap P akan semakin mengecil ketika posisi semakin **menjauhi** titik pusat O . Keadaan ini akan menyebabkan munculnya aliran uap keluar dan juga munculnya gaya yang menahan tetes cairan untuk melawan gaya gravitasi. Diketahui ketebalan lapisan uap saat berada dalam kesetimbangan termal dan kesetimbangan mekanik adalah b .

Diketahui bahwa untuk aliran uap Newton kita dapat menggunakan pendekatan bahwa

$$\frac{d}{dz} v = \frac{z}{\eta} \frac{d}{dr} P$$

3.1) Tunjukkan bahwa $v(z) = \frac{z^2}{2\eta} \frac{d}{dr} P + C$

dengan C adalah konstanta integral sembarang. (0.5 poin)

3.2) Berdasarkan Gambar 2, cari konstanta C dalam soal di atas yang dinyatakan dalam $\eta, \frac{d}{dr} P,$

dan b dengan menerapkan syarat batas bahwa $v = 0$ untuk $z = \pm \frac{b}{2}$. (0.5 poin)

3.3) Hitung laju volume atau debit aliran uap yang melewati permukaan silinder (yang memiliki jari-jari r dan tinggi b serta yang berada di bawah tetes cairan, lihat gambar). (1.0 poin)

3.4) Dalam soal ini, anggap bahwa sistem telah mencapai *steady state* untuk aliran kalor. Dengan menganggap bahwa laju produksi uap (dengan massa jenis ρ_v) **diakibatkan oleh aliran panas** yang berasal dari permukaan panas menuju ke tetesan setengah bola, turunkanlah rumus untuk tekanan $P(r)$! Dalam menjawab soal ini gunakan P_a sebagai tekanan atmosfer dan gunakan ΔT sebagai beda suhu antara permukaan panas dengan tetesan. (2.0 poin)



26 April 2009

Hal. 3 of 3

-
- 3.5) Dengan cara menyamakan berat tetes cairan dengan gaya total yang ditimbulkan oleh beda tekanan antara bagian bawah dan bagian atas tetes cairan, hitung nilai b ! Diketahui massa jenis tetes cairan adalah ρ_0 . (2.0 poin)
- 3.6) Hitung laju massa penguapan total tetes cairan! (2.0 poin)
- 3.7) Dengan menganggap bahwa tetes cairan mampu mempertahankan bentuknya sebagai setengah bola, hitung lamanya penguapan tetes cairan sampai habis! (2.0 poin)
