

PEMBELAJARAN TEKANAN HIDROSTATIK, KAPILARITAS, DAN DEBIT ZAT CAIR MELALUI *POWER POINT*, VIDEO, DAN MODUL EKSPERIMEN

ISLAMIANI SAFITRI

Program Studi Pendidikan Matematika, STKIP Labuhan Batu, Jl. SM. Raja No 126 A, Aek Tapa, Rantauprapat
Email: islamiani.safitri@gmail.com

Diterima April 2015 dan Disetujui Juni 2015

ABSTRAK

Masalah yang sering dihadapi di beberapa sekolah adalah kesulitan guru dalam mentransfer bahan ajar fisika kepada siswanya. Untuk mengatasi masalah tersebut, dapat dilakukan desain perangkat pembelajaran fluida statik dan dinamik berupa *power point*, video, dan modul eksperimen. Penentuan tinggi permukaan dua jenis cairan dalam pipa U ditentukan dengan prinsip tekanan hidrostatika, sedangkan penentuan sudut kontak dan kenaikan kapilaritas dilakukan dengan memvariasikan diameter pipa kapiler. Penentuan laju dan debit aliran pada fluida dinamik dilakukan dengan menggunakan beaker yang berlubang di bagian samping. Percobaan menghasilkan persen beda tinggi permukaan cairan adalah 5,3% - 14,4%, serta kenaikan kapilaritas sebesar 0,00425 m untuk pipa berdiameter 0,0025 m dan 0,00555 m untuk pipa berdiameter 0,002 m. Besar sudut kontak air yang didapatkan adalah $68,9^{\circ}$ - $69,9^{\circ}$. Dengan menghitung debit dari grafik volume sebagai fungsi waktu, didapatkan laju aliran yang keluar lubang beaker mengecil terhadap waktu. Hasil percobaan yang diperoleh dibandingkan dengan hitungan fluks volume serta hukum Torricelli. Jarak terjauh jatuhnya air di lantai juga ditentukan.

Kata kunci: *Kapilaritas, Sudut Kontak, Debit, dan Laju Aliran*

PENDAHULUAN

Guru fisika yang profesional harus memiliki beberapa kompetensi dalam perencanaan dan pelaksanaan proses pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan nasional. Untuk itu guru dituntut mampu menyampaikan bahan ajar dengan sebaik mungkin, yaitu wajib menguasai konsep dan prinsip dasar fisika, terampil dan mampu mengembangkan diri, kreatif dalam mengajar, serta dapat membawa siswanya untuk menyenangi pelajaran fisika.

Namun persiapan itu saja tidaklah cukup dalam mengajarkan fisika. Kasus yang sering dihadapi di berbagai instansi pendidikan adalah kesulitan guru fisika dalam mentransfer bahan ajar kepada siswanya. Fasilitas laboratorium yang kurang lengkap dan rendahnya kreativitas mengajar menjadikan guru tidak produktif dalam mengembangkan pedagogik siswa di bidang fisika. Akibatnya, siswa merasa bosan dan tidak tertarik untuk belajar sehingga berimbas pada kurangnya pemahaman konsep fisika.

Untuk membantu mengatasi kasus tersebut, dibutuhkan perangkat pembelajaran untuk mempermudah guru fisika dalam mentransfer bahan ajarnya sehingga siswa memiliki pemahaman konsep dasar fisika yang baik. Lebih dari itu, guru juga dengan mudah dapat menggali kreativitas siswa sehingga muncul inovasi baru dan bermanfaat. Perangkat pembelajaran yang dimaksud meliputi pembuatan ringkasan materi ajar dalam *power point* yang dilengkapi dengan video dan modul eksperimennya. Pada penelitian ini, topik fisika yang menjadi bahasan adalah "Fluida Statik dan Fluida Dinamik."

Teori Fluida Statik

Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir karena tidak dapat menahan tegangan geser. Dalam alirannya, fluida dapat menyesuaikan diri dengan bentuk sembarang wadah yang ditempatinya. [1]

Setiap fluida memiliki densitas yang berbeda-beda. Densitas atau massa jenis

(ρ) merupakan ukuran konsentrasi zat yang dinyatakan dalam massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung perbandingan massa zat yang terkandung dalam suatu bagian

tertentu terhadap volume bagian tersebut.

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V} \dots \dots \dots (1)$$

Tabel 1. Densitas dari berbagai cairan[2]

Nama Zat	Suhu ($\pm 0,5$ °C)	Densitas ($\pm 0,0025$ g/cm ³)
Oli SAE 40	25	0,88
Minyak Kelapa	25	0,91
Air	25	1,00
Gliserin	25	1,26

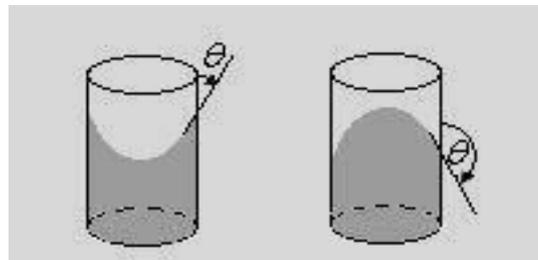
Tekanan zat cair dalam keadaan statik dan hanya disebabkan oleh beratnya sendiri disebut tekanan hidrostatika. Adapun persamaan tekanan hidrostatika adalah sebagai berikut.

$$p = p_0 + \rho gh \dots \dots \dots (2)$$

SUDUT KONTAK DAN KAPILARITAS

Pertemuan gas-cairan umumnya membentuk lengkungan ke atas atau ke

bawah di dekat permukaan padat. Sudut θ yang dibentuk oleh lengkungan tersebut adalah sudut kontak (*contact angle*) dan kurva permukaan cairan disebut *meniscus*. Ketika gaya kohesi antar partikel lebih kecil daripada gaya adhesinya, maka cairan akan membasahi atau melekat pada permukaan padat. Bidang batas cairan-gas tersebut akan membentuk kurva yang melengkung ke bawah (cekung) dan memiliki sudut kurang dari 90°.



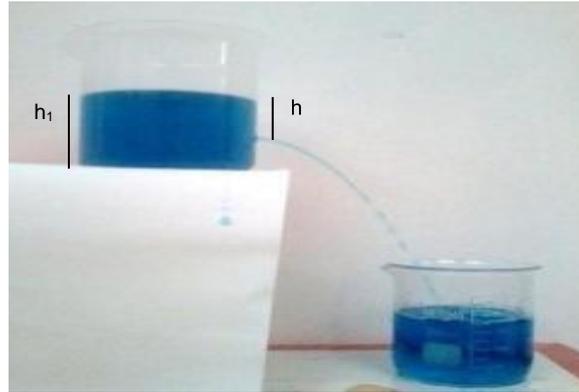
Gambar 1. Sudut kontak air dan raksa [3]

Tegangan permukaan menyebabkan terbentuknya bagian yang tinggi dan rendah pada cairan dalam tabung yang sempit. Efek inilah yang disebut dengan *kapilaritas*, yaitu peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair pada pipa kapiler.

$$h = \frac{2\gamma \cos\theta}{\rho r g} \dots \dots \dots (3)$$

**Fluida Dinamik
 Hukum Torricelli**

Jika air di dalam wadah mengalami kebocoran, kelajuan air yang memancar keluar dari lubang tersebut dapat dihitung. Berdasarkan Hukum Toricelli, jika diameter lubang kebocoran pada dinding wadah sangat kecil dibandingkan diameter wadah, kelajuan air yang keluar dari lubang sama dengan kelajuan yang diperoleh jika air tersebut jatuh bebas dari ketinggian h .



Gambar 2. Aliran fluida pada gelas *beaker* berlubang

Gambar 2. menunjukkan sebuah wadah berisi air dengan ketinggian tertentu dalam keadaan awal statis. Pada bagian dinding bawah diberi lubang dengan luas penampang A_2 , berbeda dengan luas penampang wadah A_1 . Ketinggian antara permukaan air dengan pusat lubang adalah h . Ketika penutup lubang dibuka, ketinggian air berkurang dengan laju aliran v_2 .

Untuk menentukan v_2 pada lubang, dapat diterapkan persamaan Bernoulli. Titik 1 terletak pada permukaan *beaker* dan titik 2 pada permukaan lubang. Karena diameter lubang jauh lebih kecil dari diameter *beaker*, maka kecepatan air dipermukaan gelas dianggap 0 ($v_1 = 0$). Permukaan gelas *beaker* dan permukaan lubang dalam kondisi terbuka sehingga tekanan keduanya sama dengan tekanan atmosfer, $P_1 = P_2 = P_u$. dengan demikian persamaan Bernoulli untuk kasus ini adalah sebagai berikut.

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$p_u + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho (0)^2 = p_u + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} \dots \dots \dots (4)$$

Fluks Volume

Laju aliran pada lubang juga dapat dicari dengan pendekatan analitik fluks volume. Jika volume awal air dalam gelas *beaker* adalah $A_1 h_1$ dan volume air per satuan waktu yang mengalir pada lubang adalah $A_2 v_2$, maka volume yang tersisa di dalam gelas *beaker* $A_1 h$. Sehingga dapat diturunkan sebagai berikut.

$$v_2 = \frac{A_1 (h_1 - h)}{A_2 t} \dots \dots \dots (5)$$

Vol awal – Vol mengalir = Vol tersisa
 $A_1 h_1 - A_2 v_2 t = A_1 h$

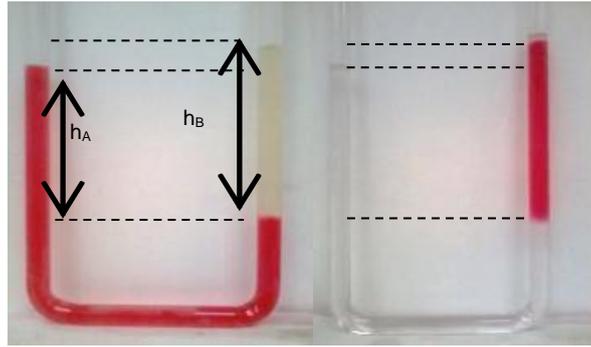
Jika $t = 0$, maka volume awal sama dengan volume tersisa. Namun, jika $t = t$, maka penurunannya adalah:

$$A_2 v_2 t = A_1 h_1 - A_1 h$$

Persamaan 5 merupakan laju aliran air pada lubang dengan menggunakan pendekatan analisa fluks volume.

Eksperimen Tekanan Hidrostatik

Dua jenis cairan dengan densitas yang berbeda dimasukkan ke dalam pipa U, kemudian diamati tinggi permukaan cairan pada tabung kiri (air dan minyak) dan kanan (air dan gliserin).



Gambar 3. Tinggi permukaan dua jenis cairan pada Pipa U

Kapilaritas

Pipa kapiler dengan diameter yang berbeda- beda (0,2 cm, 0,25 cm, dan

0,45 cm) dicelupkan satu per satu ke dalam *beaker* berisi air, kemudian diamati kenaikan kapilaritasnya.



Gambar 4. Kenaikan kapilaritas pada air

Debit Zat Cair

Dua *beaker* berdiameter 8,5 cm dan 11,5 cm memiliki lubang masing-masing 3 mm dan 1 mm. *Beaker* diisi air ketika lubang dalam keadaan tertutup. Kemudian penutup di buka (lihat Gambar 2) dan diamati jarak maksimum (x) air

pertama kali jatuh dan perubahan tinggi h sebagai fungsi waktu.

Hasil dan Diskusi Fluida Dinamik

Berdasarkan eksperimen fluida statik untuk pengamatan tinggi permukaan dua jenis cairan pada pipa U yang dilakukan, diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 2. Data pengukuran dua jenis cairan pada Pipa U

Jenis Fluida		h_A (cm)	h_B hit. (cm)	h_B eks (cm)	% Beda
Air	Minyak kelapa	6,6	7,2	8,3	14,4
Air	Oli	7,0	7,9	8,4	5,6
Gliserin	Oli	7,4	10,6	11,0	3,8
Gliserin	Air	9,2	11,6	12,9	11,2
Gliserin	Minyak kelapa	9,6	13,3	14,0	5,3

Data tabel 2 menyatakan bahwa tinggi awal permukaan cairan (air atau gliserin) yang belum dicampur dengan cairan lain adalah sama, artinya h_A sama dengan h_B . Namun, ketika cairan tersebut dicampur dengan cairan lain, permukaan h_A lebih rendah dari permukaan h_B .

Pada tabung sebelah kanan, baik air maupun gliserin akan selalu berada di posisi paling bawah jika dicampur dengan oli atau minyak kelapa. Hal ini terjadi

karena air dan gliserin memiliki densitas lebih besar dibandingkan dengan densitas minyak kelapa dan oli. Namun, jika gliserin dicampur dengan air, maka gliserin terlihat berada di posisi paling bawah, hal ini terjadi karena densitas gliserin lebih besar dibandingkan dengan densitas air. Cairan dengan densitas yang lebih besar akan selalu berada di posisi paling bawah.

Di bawah ini adalah data hasil pengamatan kenaikan kapilaritas pada air.

Tabel 3. Hasil pengamatan kapilaritas

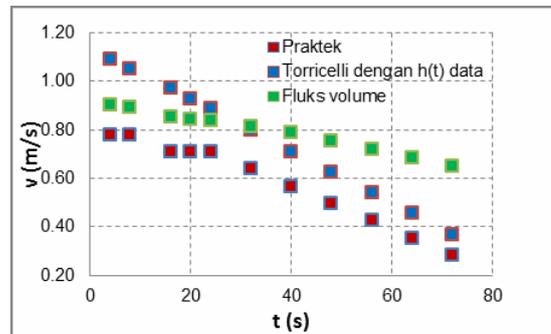
Diameter Pipa kapiler (m)	h air (m)	θ air ($^\circ$)
0,0045	0	-
0,0025	0,00425	68,9
0,0020	0,00555	69,9

Data table 3 menyatakan bahwa jika pipa kapiler dicelupkan ke dalam air, terjadi kenaikan kapilaritas. Dimana semakin kecil diameter pipa, maka semakin tinggi pula kenaikan kapilaritasnya. Namun, pada pipa kapiler berdiameter 0,0045 m tidak teramati adanya kenaikan kapilaritas. Hal ini terjadi karena rentang untuk diameter pipa kapiler yang mungkin masih teramati kenaikan kapilaritasnya adalah 0,0005 m - 0,003 m.

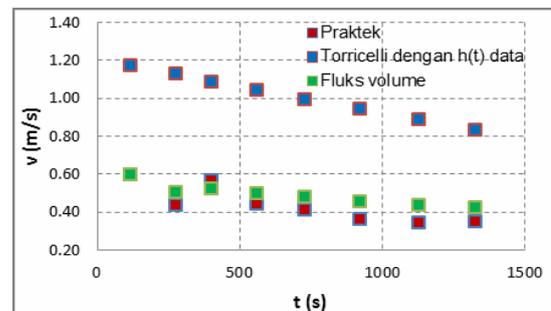
Jika γ air, percepatan gravitasi g , dan ρ air masing-masing adalah 0,0756 m [4], $9,8 \text{ m/s}^2$, dan 1000 kg/m^3 , maka sudut kontak air untuk pipa kapiler berdiameter 0,002 m dan 0,0025 m adalah $68,9^\circ$ dan $69,9^\circ$, artinya gaya kohesi air lebih kecil dari gaya adhesinya sehingga air membasahi dinding.

Fluida Dinamik

Berikut ini grafik hasil eksperimen fluida dinamik.



Gambar 5. Grafik laju v air pada lubang berdiameter 3 mm sebagai fungsi waktu



Gambar 6. Grafik laju v air pada lubang berdiameter 1 mm sebagai fungsi waktu

Titik dimana $t = 0$ merupakan kondisi awal ketika penutup lubang tepat akan dibuka, yaitu tepat air akan mengalir. Berdasarkan $h(t)$ dan volume tertampung yang diperoleh dari hasil eksperimen, dapat dihitung debit aliran air dan laju aliran $v_2(t)$ praktek. Debit aliran Q diperoleh dari perubahan volume sebagai fungsi waktu yaitu $Q = \frac{dv}{dt} = A_2 v_2 = A_1 v_1$, sedangkan $v_2(t)$ praktek diperoleh dari perbandingan Q terhadap A_2 , maka $v_2 = \frac{Q}{A_2}$. Dengan menggunakan $h(t)$ yang diperoleh dari eksperimen, dapat dihitung $v_2(t)$ Toricelli dan $v_2(t)$ fluks volume sebagai pembanding.

Grafik pada Gambar 5 dan 6 menunjukkan sebuah laju aliran air yang kontinu terhadap satu satuan waktu. Dalam penghitungan $v_2(t)$ Torricelli dan $v_2(t)$ fluks volume, $h(t)$ yang digunakan adalah $h(t)$ yang diperoleh dari eksperimen sebagai pembanding untuk $v_2(t)$ praktek. Dari grafik

terlihat bahwa $v_2(t)$ Torricelli selalu lebih besar dari $v_2(t)$ praktek, hal ini dikarenakan ada perbedaan kondisi antara eksperimen dengan Torricelli. Hukum Toricelli digunakan jika perbandingan luas wadah dengan lubang adalah sangat besar sehingga $v_1 = 0$, namun pada eksperimen masih teramat tinggi air pada wadah yang terus berkurang sehingga v_1 tidak dapat dianggap nol.

Untuk $v_2(t)$ fluks volume juga terlihat lebih besar dari $v_2(t)$ praktek dengan persen beda 13,8% - 56,4% untuk diameter lubang 3 mm dan

0,1% - 21,5% untuk diameter lubang 1 mm. Hal ini terjadi karena fluks volume digunakan pada aliran yang benar-benar stabil, artinya tepat pada saat air mengalir dengan mulus. Sedangkan pada $v_2(t)$ praktek, perhitungan laju aliran dilakukan pada kondisi awal hingga akhir aliran air sehingga laju aliran tidak stabil di kondisi tertentu.

Tabel 3. Data pengukuran jarak maksimum aliran air yang jatuh

Diameter lubang (x 10 ⁻³ m)	Xmaks eksp. (x 10 ⁻² m)	Xmaks hit. (x 10 ⁻² m)	% Beda
1	3,8	4,3	11,6
3	6,5	5,1	27,0

Data tabel 3 menyatakan bahwa jarak maksimum air jatuh pada diameter lubang yang lebih besar akan lebih jauh, namun persen bedanya semakin besar. Hal ini terjadi karena laju air pada saat pertama kali mengalir sangat cepat sehingga cukup sulit untuk mengamati jarak maksimum air ketika jatuh.

KESIMPULAN

Dua jenis cairan dalam pipa U baik berdiameter sama maupun berbeda, cairan yang densitasnya lebih besar akan selalu berada di posisi paling bawah. Densitas $\rho_{gliserin} > \rho_{air} > \rho_{minyak\ kelapa} > \rho_{oli\ SAE\ 40}$.

Terjadi kenaikan kapilaritas air pada pipa berdiameter 0,002 m dan 0,0025 m, dimana kenaikan kapilaritas pada pipa yang berdiameter lebih kecil akan lebih tinggi. Besar sudut kontak θ air adalah 68,9^o dan 69,9^o.

Laju aliran $v_2(t)$ torricelli selalu lebih besar dari $v_2(t)$ eksperimen. Persen beda antara $v_2(t)$ praktek dengan $v_2(t)$ fluks volume adalah 13,8%

- 56,4% untuk diameter lubang 3 mm dan 0,1% - 21,5% untuk diameter lubang 1 mm.

Persen beda antara x_{maks} praktek dan x_{maks} hitung adalah 11,6% untuk diameter lubang 1 mm dan 27% untuk diameter lubang 3 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hallyday dan Resnick. 2010. Dasar-dasar Fisika Jilid 1 Versi Diperluas. Tangerang: Binarupa Aksara Publisher. Hal: 568
- [2] Safitri, Islamiani, "Perangkat Pembelajaran Fluida Statik dan Dinamik Berupa Power point, Video, dan Modul Eksperimen", Proyek akhir Magister, ITB, 2013, hal.22
- [3] <http://nsaadah75.wordpress.com/2011/02/28/kapilaritas/> accessed 14 Juny 2013, 01:11 am
- [4] Young dan Freedman. 2002. Fisika Universitas, Edisi Kesepuluh Jilid 1. Jakarta: Erlangga. Hal. 436