

Menentukan Karakteristik Dinamika Fluida pada Laju Aliran Pernapasan *Upper Respiratory Airway* Para Perokok Aktif

Agustin E. B. Rahayu^{1,2}, Jodelin Muningggar¹, Made R. S. S. N. Ayub^{1,2**}

¹Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Matematika

²Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Matematika

Universitas Kristen Satya Wacana

Jl. Diponegoro No. 56-60, Salatiga 50711 Indonesia

*642012007@student.uksw.edu

**Corresponden author: made.ray@staff.uksw.edu

Abstrak Sistem pernapasan adalah sistem organ yang memenuhi oksigen tubuh. Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi sistem pernapasan serta gangguan aliran udara. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik gangguan aliran udara pada sistem pernapasan perokok aktif, dengan analisis bilangan Reynolds. Pengukuran dilakukan menggunakan alat Spirometer *Vernier Ordo SPR-BTA*, yang dihubungkan ke komputer melalui aplikasi *Logger-Pro* untuk mengukur volume paru-paru dan menghitung *flow rate* (aliran udara) paru. Dari 56 sampel orang perokok aktif berusia 22 tahun yang memiliki Indeks Massa Tubuh (IMT) 18-25 kg/m², yang memiliki aktifitas olahraga antara 0-2 kali per minggu, dan jumlah konsumsi rokok perhari antara 3-24 batang. Data *flow rate* yang terekam dianalisis menggunakan program *Matlab R2013a* untuk mendapatkan bilangan Reynolds. Uji korelasi *Pearson* antara bilangan Reynolds dengan *flow rate* dan jumlah konsumsi rokok untuk menunjukkan hubungannya. Hasil perhitungan analisis bilangan Reynolds didapatkan karakteristik aliran dikatakan laminar jika nilai bilangan Reynolds 0-2300 dan didapatkan sebanyak 7 orang (13%) dari sampel, karakteristik aliran dikatakan transisi dengan nilai bilangan Reynolds antara 2300-4000 dan didapatkan sebanyak 47 orang (84%) dari sampel dan karakteristik aliran dikatakan turbulen dengan bilangan Reynolds lebih dari 4000 dan didapatkan sebanyak 2 orang (3 %) dari sampel. Hasil uji statistik antara bilangan Reynolds dengan *flow rate* didapat $p=0,001$ dan $r=1,00$ dan uji korelasi bilangan Reynolds dengan jumlah konsumsi rokok didapat $p=0,001$, $r=0,960$ menunjukkan ada hubungan signifikan, dengan koefisien korelasi yang kuat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perilaku merokok menyebabkan gangguan aliran udara, namun ada faktor lain yang juga mempengaruhi yaitu aktivitas, dan lama merokok.

Kata kunci : *flow rate*, spirometer, aliran fluida

PENDAHULUAN

Sistem pernafasan memiliki peran sangat penting mempengaruhi aktivitas dan kehidupan. Pernapasan adalah peristiwa menghirup udara dari luar yang mengandung oksigen ke dalam tubuh serta menghembuskan udara mengandung karbondioksida sebagai sisa dari oksidasi ke luar tubuh (Syarifuddin, 2001). Fungsi dari pernafasan adalah menjamin ketersediaan oksigen bagi kelangsungan metabolisme sel-sel tubuh serta mengeluarkan karbondioksida hasil metabolisme sel (Somantri, 2008).

Secara garis besar pernapasan dibagi menjadi 2 yaitu pernapasan dalam (internal) dan pernapasan luar (eksternal). Sedangkan saluran pernapasan dibedakan menjadi dua berdasarkan letaknya yaitu saluran pernapasan bagian atas (*Upper Respiratory Airway*) dan saluran pernapasan bagian bawah (*Lower Airway*) (Somantri, 2008). Dalam proses bernapas udara melewati beberapa organ pernapasan, mulai dari hidung, faring, laring yang termasuk saluran pernapasan bagian atas, kemudian trakea, bronkus dan menuju paru-paru termasuk bagian saluran pernapasan bagian bawah (Somantri, 2008).

Saluran nafas trakea merupakan jalur keluar masuknya udara menuju paru-paru. Trakea merupakan pipa saluran nafas, dengan panjang sebanding dengan panjangnya leher. Pada orang dewasa berusia di atas 20 tahun, panjang trakea sekitar 9-11 cm tergantung panjang pendeknya trakea, dengan diameter ± 2 cm (Sri Pujiyanto, 2008:162).

Merokok adalah kebiasaan dan perilaku tidak sehat. Pada merokok, proses pembakaran tembakau menimbulkan polusi udara dan terkonsentrasi yang secara sadar langsung dihirup dan diserap oleh tubuh bersama udara pernapasan. Perokok aktif adalah orang yang mengonsumsi rokok secara rutin dengan frekuensi bervariasi walaupun jumlah zat hasil pembakaran rokok sekecil apapun (Proverawati dan Rahmawati, 2012).

Saluran pernapasan bagian atas yang dilewati asap rokok tidak sepenuhnya reversibel. Hambatan aliran udara ini bersifat progresif dan berhubungan dengan respons inflamasi paru terhadap partikel atau gas yang beracun / berbahaya. Hal ini disebabkan karena terjadinya inflamasi kronik akibat pajanan partikel atau gas beracun yang terjadi dalam kurun waktu yang cukup lama (Perhimpunan Dokter Paru Indonesia 2010).

Merokok (sigaret) menyebabkan penyakit saluran pernafasan kronis dan zat polutan terakumulasi menyebabkan penyakit degeneratif dan kematian. Pada perokok berpeluang besar terkena kanker paru-paru, trakea, dan lidah. Selain itu, perokok juga dapat terkena emfisema dan bronkitis (Pratiwi dan Srikini, 2004).

Merokok sebatang setiap hari akan meningkatkan tekanan sistolik 10–25 mmHg dan menambah detak jantung 5–20 kali per menit. Dampak rokok akan terasa setelah 10–20 tahun pasca digunakan. Walaupun dibutuhkan waktu 10–20 tahun, terbukti merokok mengakibatkan 80% kanker paru dan 50% terjadinya serangan jantung, impotensi dan gangguan kesuburan (*Mangku dan Sitepoe, 1997*).

Spirometer adalah alat yang digunakan untuk pemeriksaan fungsi paru, spirometer akan menerima tekanan udara saat pernafasan dan tekanan udara dikonversi dalam *flow rate*. Bilangan Reynolds adalah bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk menentukan karakteristik dinamika fluida pada suatu aliran fluida. Bilangan Reynolds merupakan perbandingan antara gaya inersia ($v_s \rho$) terhadap gaya viskos (μ / L). Perbandingan antara kedua gaya tersebut akan menunjukkan karakteristik suatu aliran fluida. Bilangan Reynolds memiliki persamaan (Orianto dan Pratikto, 1995 dan Giancoli, 2001):

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \quad (1)$$

Dalam persamaan (1) dapat dilihat bahwa bilangan Reynolds (Re) dipengaruhi oleh massa jenis udara (ρ) dimana nilai $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ (Ridwan, 1982) dan viskositas dinamik udara (μ) yang nilainya $\mu = 0,0187 \times 10^{-3} \text{ kg m/s}$ (Mahandari, 2005) kecepatan udara (v) dan diameter trakea (d).

Kecepatan aliran menurut Reynolds digolongkan menjadi 3 yaitu, aliran laminar, transisi dan turbulen. Aliran laminar merupakan aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lamina-lamina) dan satu lapisan meluncur secara lancar memiliki nilai kurang dari 2300. Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke turbulen dengan nilai 2300–4000. Sedangkan aliran turbulen adalah aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel sangat tidak menentu serta garis alir yang dilalui terdapat lingkaran-lingkaran yang tidak beraturan, berbentuk kecil dan menyerupai pusaran, memiliki nilainya lebih besar dari 4000 (Prasetio, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteritik dinamika fluida aliran udara dalam sistem paru para perokok aktif dari hasil bilangan Reynolds yang didapat dan menganalisa hubungan bilangan Reynolds dan *flow rate*, kebiasaan berolah raga, jumlah konsumsi batang rokok per hari.

METODE

Penelitian ini responden mengisi kuesioner untuk menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi bilangan Reynolds, meliputi usia 22 tahun, riwayat penyakit pernapasan, lamanya merokok (tahun), jumlah batang yang dihisap dalam 1 hari dan kebiasaan olahraga. Besar sampel sebanyak 56 orang poposif simplynya berjenis kelamin laki-laki yang memiliki kebiasaan merokok aktif.

Alat yang digunakan adalah spirometer yang tersambung dengan aplikasi *Logger-Pro*. Instrumen yang digunakan rangkaian spirometer merek *Vernier order code SPR-BTA* dengan komponen peralatan seperti pada gambar 1 dengan aplikasi *Logger Pro*, timbangan berat badan merek Onemed dan pengukur tinggi badan merek *Stature Meter 2m*.



Gambar 1. Peralatan spirometer yang digunakan pengambilan data menurut *Vernier order code SPR-BTA*. Semua alat disambungkan ke laptop seperti pada gambar 2.

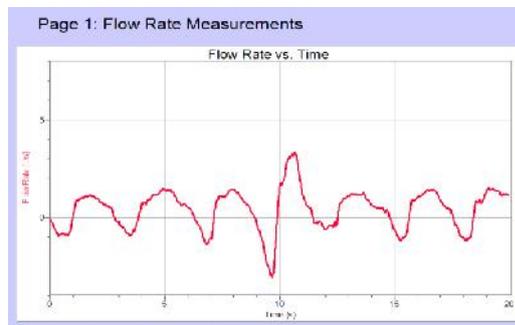


Gambar 2. Rangkaian pengambilan data

Keterangan Gambar :

- a. Noseclip
- b. Mouthpiece
- c. Filter bakteri
- d. Spirometer
- e. Sistem antar muka
- f. Laptop dengan aplikasi

Dari proses pengambilan data, aplikasi *Logger-Pro* membaca nilai *flow rate* (aliran udara). Hasil dari bacaan spirometer berupa grafik *flow rate*, seperti pada gambar 3.

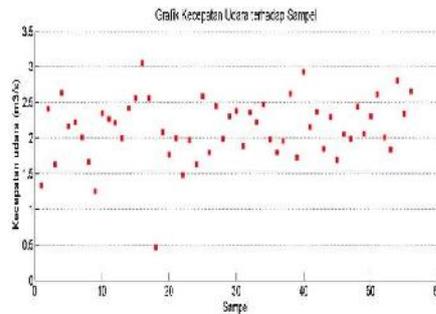


Gambar 3. Grafik *flow rate* terhadap waktu

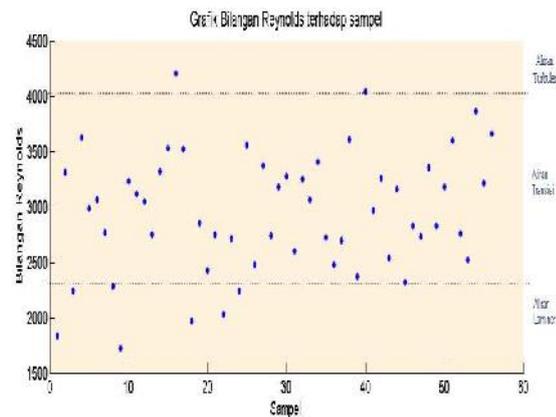
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari alat spirometer yang dihubungkan ke *Logger-Pro* dianalisis dengan *Matlab R2013a* dan *SPSS Statistics 17.0 Spearman*. Data *flow rate* dari 56 responden yang terekam pada spirometer vernier yang telah terhubung laptop diinputkan ke notepad. Data notepad dimasukkan ke editor *Matlab R2013a*. Hasil *flow rate* yang masih dalam satuan liter/detik dikonversi menjadi kecepatan aliran udara (m^3/s). Nilai kecepatan udara didapatkan dengan membagi nilai *flow rate* dengan luasan trakea seperti (gambar 4).

Setelah didapatkan kecepatan aliran udara kemudian dihitung nilai bilangan Reynolds, dengan menggunakan editor *Matlab R2013a*. Hasil ditampilkan dengan *scatter* (diagram pencar) untuk mengetahui karakteristik fluida mengalir pada setiap sampel (gambar 5).



Gambar 4. Menunjukkan sebaran kecepatan aliran udara responden

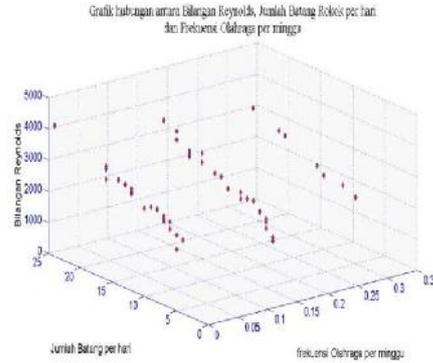


Gambar 5. Sebaran Bilangan Reynolds responden

Gambar 5 menunjukkan 56 sampel perokok aktif yang diujikan terhadap bilangan Reynolds memiliki karakteristik kecepatan aliran fluida yang beragam. Keberagaman karakteristik tersebut dapat dibedakan menjadi 3 yaitu, aliran laminar bernilai bilangan Reynolds 0-2300 didapat sebanyak 7 orang (13%) dari sampel, yang artinya aliran fluida di dalam saluran pernafasan sampel mengalir lurus tanpa hambatan pada dinding trakea. Sedangkan yang beraliran transisi bernilai bilangan Reynolds 2300-4000 didapatkan sebanyak 47 orang (84%) dari sampel, yang berarti aliran saluran pernafasan sampel berada pada kondisi peralihan antara aliran laminar (lurus tanpa hambatan) dengan aliran turbulen (pergerakan partikel udara yang tidak menentu). Karakteristik yang ke tiga adalah aliran turbulen yang bernilai bilangan Reynolds lebih dari 4000 didapatkan sebanyak 2 orang (4%) dari sampel, yang menunjukkan bahwa aliran udara pada sistem pernafasan sampel terdapat gerakan partikel yang tidak menentu, seperti lingkaran-lingkaran yang tidak beraturan. Hal ini karena banyaknya hambatan yang disebabkan oleh partikel-partikel komponen gas asap rokok adalah karbonmonoksida, amoniak, asam hidrosianat, nitrogen oksida, dan formaldehid. Partikelnya berupa tar, indol, nikotin, karbarzol, dan kresol. Zat ini beracun, mengiritasi, dan menimbulkan kanker (karsinogen) (Nanin, 2003 dan Hoffman. 2011). Efek yang ditimbulkan oleh asap rokok tergantung lamanya pemaparan, konsentrasi pemaparan, dan imunitas suatu objek. Hal ini dapat diamati dari hasil analisis antara bilangan Reynolds, frekuensi olahraga, dan jumlah konsumsi batang rokok per hari, seperti tampak pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan suatu parameter yang dapat ditarik dari besar nilai bilangan Reynolds dapat dipengaruhi frekuensi olahraga dan jumlah batang per hari. Terdapat 2 titik sampel yang hampir sama tinggi nilai bilangan Reynolds di atas 4000 (aliran turbulen) memiliki jumlah batang rokok yang dihisap lebih dari 20 batang per hari, lamanya merokok lebih dari 6 tahun dan tidak diimbangi aktivitas olahraga. Jika sampel merokok antara 5-20 batang per hari serta diimbangi dengan kebiasaan olahraga yang rutin minimal 2 kali seminggu maka nilai bilangan Reynolds yang dihasilkan berada pada aliran transisi.

Sedangkan, jika jumlah batang yang di hisap kurang 5 batang per hari dan diimbangi dengan olahraga minimal 2 kali seminggu dengan diimbangi oleh pola hidup sehat maka nilai bilangan Reynoldsnya rendah atau beraliran laminar.



Gambar 6. Grafik Hubungan bilangan Reynolds terhadap frekuensi olahraga dan jumlah batang rokok yang dikonsumsi tiap hari

Hasil uji statistik bilangan Reynolds terhadap *flow rate* (aliran udara) didapatkan seperti pada tabel 1 dan 2. Hasil uji statistik *Pearson Correlation* menunjukkan ada hubungan signifikan ($p=0,001$) antara bilangan Reynolds dengan *flow rate* (aliran udara), dengan koefisien korelasi ($r=1,00$) yang kuat, ditunjukkan pada table 1. Uji statistik antara bilangan Reynolds dengan jumlah batang rokok menunjukkan ada hubungan signifikan ($p=0,001$) dan korelasi yang kuat ($r=0,960$) ditunjukkan pada table 2.

Meninjau dari tabel di atas kebiasaan merokok tergolong berat yang dimbangi jumlah batang rokok dikonsumsi per hari dari sampel lebih besar dari 20 batang per hari memberikan dampak yang signifikan terhadap bilangan Reynolds. Semakin tinggi jumlah batang rokok dikonsumsi maka semakin tinggi jumlah bilangan Reynolds .

Adapun faktor lain yang juga mempengaruhi saluran pernapasan dan fungsi paru perokok aktif antara lain bertambah usia seorang perokok berhubungan dengan besar kemungkinan terjadi penurunan fungsi paru (Ridwan, 1982).

Kebiasaan merokok menimbulkan gangguan fungsi paru dan mempercepat penurunan faal paru. Asap rokok mengiritasi paru-paru dan masuk ke dalam aliran darah.

Semakin banyak jumlah batang rokok yang dihisap tiap hari dan lamanya merokok mempengaruhi bilangan Reynolds, besarnya bilangan Reynolds berbanding lurus dengan kemungkinan timbulnya aliran turbulen pada pernafasan perokok menjadi terganggu dan mengiritasi saluran nafas ditambah dengan rokok yang semakin memperburuk aliran udara (Ririn, 2010).

Spearman's rho	Re	Correlation Coefficient	1.000	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.001	0.001
		N	56	56
	<i>flow tare</i>	Correlation Coefficient	1.000	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.001	0.001
		N	56	56

Tabel 1. Uji statistik bilangan Reynolds terhadap *flow rate* (aliran udara)

Spearman's rho	Re	Correlation Coefficient	1,000	0,960
		Sig. (2-tailed)	0,001	0,001
		N	56	56

jumlah rokok per hari	Correlation Coefficient	0,960	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,001
	N	56	56

Tabel 2. Uji statistik bilangan Reynolds terhadap jumlah batang rokok yang dikonsumsi tiap hari

KESIMPULAN

Pada 56 perokok aktif, terjadi gangguan aliran udara yaitu beraliran laminar dengan bilangan Reynolds 0-2300 sebanyak 7 orang (13%) dari sampel, beraliran transisi dengan bilangan Reynolds 2300-4000 sebanyak 47 orang (84 %) dari sampel dan beraliran turbulen dengan bilangan Reynolds > 4000 sebanyak 2 orang (3 %) dari sampel. Semakin banyak jumlah batang rokok yang dihisap tiap hari serta tidak diimbangi olahraga maka semakin tinggi nilai bilangan Reynolds.

Uji statistik menggunakan uji korelasi *Pearson* antara bilangan Reynolds dengan *flow rate* didapatkan ($p=0,001$) ($r =1,00$) dan bilangan Reynolds dengan jumlah konsumsi rokok didapat ($p=0,001$ dan $r=0,960$) menunjukkan ada hubungan signifikan, dengan koefisien korelasi yang kuat. Adapun faktor yang mempengaruhi yaitu aktivitas dan lamanya merokok.

Saran yang diberikan untuk mendapatkan hasil lebih baik bilangan Reynolds adalah dengan menambah jumlah responden perokok aktif. Sedangkan saran yang diberikan untuk responden adalah untuk berhenti merokok, dan menjalani pola hidup sehat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Kasih, kedua orang tua, para sampel, dan teman-teman Fisika 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Cokorda Prapti Mahandari. (2005). *Unjuk kerja Saringan Pada Pengumpul Debu Sebagai Fungsi Diameter Partikel*, Universitas Gunadarma, Depok.
- Depkes, RI. (2009). *Klasifikasi Umur Menurut Kategori*. Jakarta: Ditjen Yankes
- Giancoli, D.C. (2001). *Physic Fifth Edition*. Ahli Bhasa: Yuhilza Hanum. Fisika Edisi Kelima, Jilid II. Jakarta: Erlangga.
- H. Syaifuddin B. (2001). *Fisiologi Sistem Pernapasan. Dalam : Fungsi sistem tubuh manusia*. Jakarta : Widya Medika. hal. 79– 98.
- Hoffman, D. and I. Hoffman. (2011). *The changing cigarette: Chemical studies and bioassays, in Risks Associated with Smoking Cigarettes with Low Machine-Measured Yields of Tar and Nicotine (Smoking and Tobacco Control Monograph No. 13)*. NCI: Bethesda. p. 159-191.
- Mangku, Sitepoe. (1997). *Usaha Mencegah Bahaya Merokok*, Gramedia, Jakarta.
- Nanin Triana. (2003). *Gambaran Histologis Pulmo Mencit Jantan Setelah Dipapari Asap Rokok Elektrik*. Biologi Fakultas MIPA Universitas Sumatra Utara.
- Orianto, M. Ir. BSE dan Pratikto, W.A. Ir. M. Sc. (1995). *Mekanika Fluida 1*, BPF:Yogyakarta
- PDPI (Perhimpunan Dokter Paru Indonesia). (2010). *PPOK Pedoman Praktis Diagnosis dan Penatalaksanaan Di Indonesia*. Jakarta : PDPI
- Prasetyo Nugroho. (2012). *Bilangan Reynolds Untuk Aliran Evaporasi 2 Fasa Pada Kanal Mii Horizontal Dengan Refrigeran R-290 Dan R-600 A*, Skripsi Universitas Indonesia, Depok.
- Pratiwi, D. A., Sri Maryati & Srihini. (2004). *Biologi*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Proverawati, A. & Rahmawati, E. (2012). *Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (PHBS)* Yogyakarta: Nuha Medika.
- Ridwan. (1982). *Mekanika Fluida*, Universitas Gunadarma, Depok.
- Somantri Irman. (2008). *Keperawatan Medikal Bedah: Asuhan Keperawatan pada Pasien dengan Gangguan Sistem Pernapasan*. Jakarta: Salemba Medika

Sri Pujiyanto. (2008). *Menjelajah Dunia Biologi 2*, Solo, Platinum.

www.vernier.com

Yusnabeti, Ririn Arminsih Wulandari, Ruth Luciana. (2010) *Pm 10 dan Infeksi Saluran Pernapasan Akut Pada Pekerja Industri Mebel, Makara, Kesehatan*, Vol. 14, No. 1, Jakarta, 2010, pp 25-30