

Pengukuran Faktor Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO₂) Pada Asap *Mainstream* Rokok Non Filter

Annisa Fitri Utami¹, Arinto Y. P. Wardoyo¹, Achmad Hidayat¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya
Email: annisafitrizainis@gmail.com

Abstrak

Pengukuran faktor emisi karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) pada asap *mainstream* rokok non filter ditentukan dari pengukuran konsentrasi gas CO dan CO₂, menghitung luas penampang dan kecepatan pompa hisap alat. Penelitian ini menggunakan Gas Analyser Stargas Mode 898 dalam kotak *chamber* dengan dimensi 30 x 20 x 20 cm³. *Mainstream smoke* adalah asap yang muncul dari ujung mulut rokok selama dihisap. Pompa hisap rokok merupakan alat yang digunakan untuk menghisap rokok yang sudah ditentukan kecepatan hisapnya sesuai kecepatan hisap perokok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar faktor emisi CO₂ pada asap *mainstream* rokok non filter lebih besar daripada faktor emisi CO. Faktor emisi gas CO asap *mainstream* rokok non filter ditemukan pada kisaran 14 mg/batang sampai 20 mg/batang, sedangkan faktor emisi asap gas CO₂ *mainstream* rokok non filter antara 90 mg/batang dan 116 mg/batang.

Kata kunci : gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂), faktor emisi, asap *mainstream* rokok.

I. Pendahuluan

Rokok adalah campuran dari tembakau yang dibungkus kertas berbentuk silinder (Fisher, 1999). Jenis rokok menurut penggunaan filter terbagi 2 yaitu rokok filter dan non filter. Rokok semakin gencar meluas di berbagai tempat dan dikonsumsi oleh semua kalangan orang. Menurut data World Health Organization (2012) konsumsi rokok di negara Indonesia menduduki rangking ke-4, dimana perokok laki-laki menduduki rangking ke-3 dan perokok perempuan rangking ke-17. Rata-rata per hari rokok yang dihisap adalah 12 batang (13 batang untuk laki-laki dan 8 batang untuk wanita).

Asap rokok yang dihasilkan dari pembakaran rokok, mekanismenya terdiri dari tiga proses yaitu proses pirolisis dan pembakaran, proses transfer massa fisis dan filtrasi, dan proses pembentukan aerosol. Pembakaran rokok akan menghasilkan suatu emisi yaitu sisa hasil pembakaran. Emisi asap rokok ini mengandung karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Menurut Norman (1977) perkiraan komposisi kimia pada asap MS yang dihasilkan oleh rokok terdiri dari nitrogen 58%; oksigen 12%; karbon dioksida (CO₂) 13%; karbon monoksida (CO) 3,5%; hydrogen dan argon 0,5%; air 1%; senyawa organik yang mudah menguap 5% dan fase partikulat 8%.

Asap yang muncul dari ujung mulut rokok selama dihisap disebut asap utama (*mainstream*) dan asap rokok yang disebarkan ke udara bebas yang akan dihirup oleh orang lain atau perokok pasif dinamakan asap sampingan (*sidestream*).

Asap rokok yang diteliti pada penelitian ini yaitu asap utama rokok (*mainstream smoke*).

Karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) tergolong gas yang dapat mencemari udara. Menurut Eugene dan Bruce (2003) bahwa keracunan gas karbon monoksida (CO) dapat menyebabkan turunnya kapasitas transportasi oksigen dalam darah oleh hemoglobin dan penggunaan oksigen di tingkat seluler. Gas CO₂ sebenarnya tidak beracun bagi organisme perairan, namun pada konsentrasi tertentu dapat mengganggu sistem pernafasan pada manusia dan hewan yang dapat mengakibatkan mati lemas karena kekurangan oksigen (Susana, 1988).

Pencemaran udara yang disebabkan oleh emisi asap rokok yang mengandung karbon monoksida dan karbon dioksida dinyatakan dengan besar faktor emisi. Faktor emisi adalah nilai representatif untuk menghubungkan jumlah polutan yang dilepaskan ke atmosfer dengan aktivitas yang terkait dengan pelepasan polutan itu sendiri (Valley, 2012).

Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tirtosastro dan Murdiyati (2010) yang berjudul "Kandungan Kimia Tembakau dan Rokok" bahwa asap rokok mengandung banyak kandungan kimia antara lain karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) yang berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu, untuk mendapatkan faktor emisi pada asap rokok *mainstream smoke* (MS) non filter perlu dilakukan pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Penelitian ini bertujuan untuk mengukur faktor emisi asap rokok MS yang mengandung karbon

monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari pembakaran rokok-rokok non filter (kretek) yang menggunakan alat Stargas Mode 898. Hasil penelitian diharapkan sebagai acuan bagi masyarakat tentang wawasan dan pengetahuan mengenai berapa banyak faktor emisi karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan pada asap rokok *mainstream smoke* (MS) setiap batang rokok non filter.

II. Metode Penelitian

1. Alat dan Bahan

Peralatan penelitian meliputi 1 set alat *Gas Analyser Stargas Model 898*, pompa hisap rokok, *Anemomaster Kanomax seri A 031*, *Enviromental chamber*, *software origin 8.1*, pc/computer, kamera digital, selang, *kompresor*, dan jangka sorong digital. Adapun bahan untuk penelitian antara lain 5 macam rokok jenis non filter.

Tabel 1. Sample merk rokok

Merk Rokok Non Filter

TJ

Tr

JC

J76

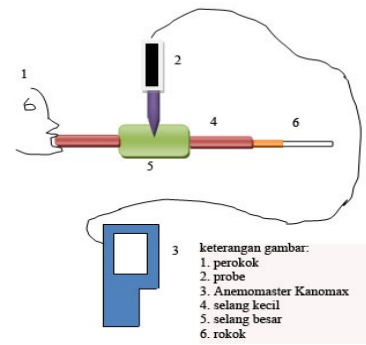
BMM

2. Pengukuran Kecepatan Hisap Perokok

Penentuan kecepatan hisap pada perokok ini menggunakan alat *Anemomaster Kanomax*. Selang kecil dan besar yaitu untuk mempermudah pengukuran pengambilan data kecepatan hisap rokok pada perokok. Pengambilan data ini menggunakan 9 perokok agar hasil yang didapat akurat. Pengukuran ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.

Selang yang dibuat untuk tempat mulut perokok untuk menghisap rokok ketika dibakar, disambung dengan selang yang lebih besar, maka untuk menghitung kecepatan alir di selang kecil dihitung dengan menggunakan konsep persamaan kontinuitas. Proses tersebut di ulangi setiap 60 detik selama 5 menit untuk menentukan 1 jenis kecepatan. Kemudian ketika data sudah didapatkan maka data-data tersebut dicari nilai rata-rata untuk menentukan berapa kecepatan hisap perokok normal sebagai acuan pada alat hisap rokok.

Gambar rangkaian percobaan kecepatan hisap perokok dapat dilihat pada Gambar 1.

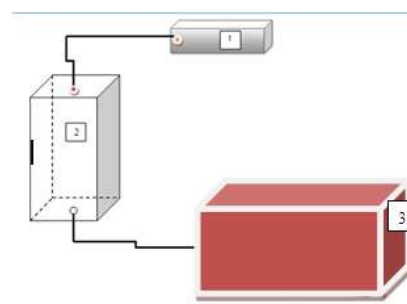


Gambar 1. Rangkaian Pengukuran Kecepatan Hisap Perokok

3. Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO₂)

Pengukuran konsentrasi gas CO dan CO₂ menggunakan *Gas Analyser Stargas Model 898* yang mampu mengetahui konsentrasi gas buang (CO, CO₂, dan HC) sumber polutan seperti gas buang hasil pembakaran rokok yaitu asap rokok. Pengukuran ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Pengambilan data pada penelitian ini dimulai dari rokok ditempatkan pada pompa hisap dan kemudian dibakar dengan kecepatan hisap rokok manusia normal. Pada saat pembakaran, rokok menghasilkan asap rokok MS yang nantinya akan masuk pada *environmental chamber*. Setelah itu, asap hasil pembakaran ditampung pada *chamber* yang kemudian diserap oleh Stargas dan dicacah nilai jumlah konsentrasi gasnya tiap batang rokok. Penampilan data jumlah konsentrasi gas yang dihasilkan oleh layar di Stargas harus direkam dengan kamera, karena alat ini tidak bisa menyimpan data dan tidak dapat dihubungkan oleh komputer. Untuk setiap batang rokok dibutuhkan waktu ± 5 menit. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali perulangan setiap 1 jenis merk rokok yaitu 5 merk rokok filter dan 5 merk rokok non filter untuk melihat nilai deviasi pada setiap batang rokok tersebut.



- Keterangan** : 1. Alat Pompa Hisap
 2. Environmental Chamber
 3. Alat Stargas

Gambar 2. Rangkaian Penelitian

4. Analisa Data

Semua proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft excel 2010*. Setelah itu menghitung total konsentrasi gas CO dan CO₂ dengan *software origin 8.1*. Setelah variabel telah didapatkan semua (A, v dan ct) langkah selanjutnya yaitu menghitung besarnya faktor emisi untuk masing-masing merk rokok. Merujuk dari penelitian Utomo (2011), besarnya faktor emisi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$E_f = A \cdot v \int_0^t C(t) dt$$

(1)

Keterangan:

E_f = Faktor Emisi (partikel/batang)

A = Luas penampang batang pompa (m)

v = Kecepatan hisap pompa (m/s)

C(t) = Konsentrasi gas hasil pembakaran (mg/ m³)

$$\int_0^t C(t) dt = \text{Total konsentrasi gas}$$

(mg.s/m³)

III. Hasil dan Pembahasan

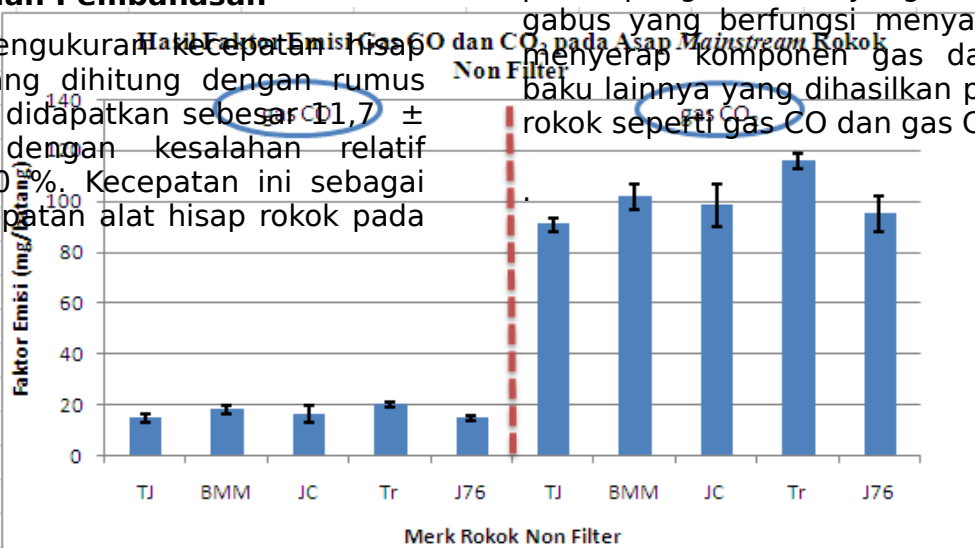
Hasil pengukuran kecepatan hisap perokok yang dihitung dengan rumus kontinuitas didapatkan sebesar 11,7 ± 0,2 m/s dengan kesalahan relatif sebesar 2,0%. Kecepatan ini sebagai acuan kecepatan alat hisap rokok pada

penelitian ini. Adapun hasil pengukuran kecepatan hisap pompa yang dilakukan selama 10 menit dengan 10 kali pengambilan data, maka didapatkan nilai kecepatan (v) pada pompa yaitu 4,9 ± 0,1 m/s. Sedangkan nilai luas penampang pompa (A) adalah (11,3 ± 0,1) × 10⁻⁶ m².

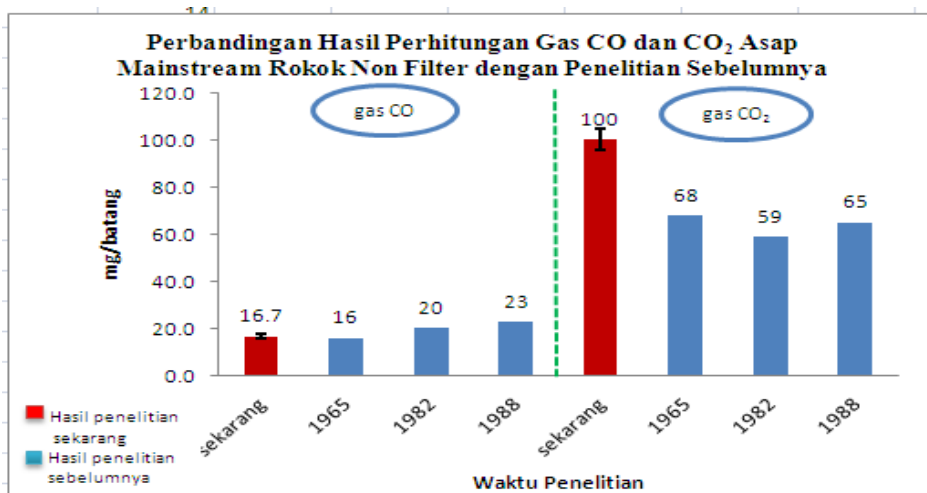
Besar faktor emisi gas CO dan CO₂ asap rokok non filter tiap batang rokok ditentukan oleh hasil kali dari luas penampang pompa Stargas, kecepatan hisap pompa Stargas dan total konsentrasi gas CO dan CO₂. Besar faktor emisi gas CO dan CO₂ pada asap *mainstream* non filter dapat dilihat pada gambar 3.

Grafik Gambar 3 menunjukkan bahwa besar faktor emisi gas CO₂ lebih besar daripada faktor emisi gas CO pada asap *mainstream* rokok non filter. Besar faktor emisi gas CO asap *mainstream* rokok non filter tertinggi terdapat pada merk Tr sebesar 19,8 ± 0,8 mg/batang dengan ralat 3,8 %, sedangkan nilai terendah terdapat pada merk J76 sebesar 14,6 ± 1,1 mg/batang dengan ralat sebesar 7,3%. Besar faktor emisi gas CO₂ asap rokok non filter tertinggi terdapat pada merk Tr sebesar 116 ± 3,0 mg/batang dengan ralat 2,6 %, sedangkan nilai terendah terdapat pada merk BMM sebesar 91,0 ± 5,1 mg/batang dengan ralat sebesar 5,6%.

Perhitungan faktor emisi yang diperoleh bahwa faktor emisi gas CO₂ lebih besar daripada faktor emisi gas CO asap *mainstream* rokok non filter. Hal ini dikarenakan pembakaran asap rokok lebih pada pembakaran sempurna karena total konsentrasi gas CO₂ yang terkandung lebih banyak daripada gas CO. Penurunan faktor emisi gas CO dan gas CO₂ dapat dilakukan dengan cara menambah filter pada pangkal rokok yang merupakan gabus yang berfungsi menyaring atau menyerap komponen gas dan bahan baku lainnya yang dihasilkan pada asap rokok seperti gas CO dan gas CO₂.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Faktor Emisi Gas CO dan CO₂ pada Asap *Mainstream* Rokok Non Filter



Gambar 4. Perbandingan hasil pengukuran gas CO dan CO₂ pada asap *mainstream* rokok dengan penelitian sebelumnya

Variabel gas CO dan CO₂ yang berada di MS dapat berubah-ubah dengan waktu dan lokasi. Selain itu karena bentuk rokok di waktu tahun sekitar 1960-1990 berbeda dengan bentuk rokok di waktu sekarang. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Keith dan Tesh (1965) yang berjudul “*Measurement of the Total MSS Issuing from a Burning Cigarette*” dengan mekanisme hisapan yang sederhana menggunakan *cold trap packed* dengan molekul bola kecil yang disaring sebesar 5 A° . Hasil dari penelitian ini

kandungan CO dalam asap *mainstream* rokok non filter sebesar 16,2 mg/rokok adapun gas CO₂ sebesar 68,1 mg/batang. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Dube dan Green (1982) menghitung gas CO dan CO₂ yang terkandung dalam asap *mainstream* rokok non filter yaitu 20 mg/batang CO dan 59 mg/batang CO₂. Penelitian lain mengatakan (Hoffman dan Hecht, 1990) kandungan gas CO₂ pada asap MS rokok non filter berkisar antara 45-65 mg/batang dan pada

CO berkisar 7-12 mg/batang. Dapat dibandingkan hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya ditampilkan dalam Gambar 4.

Besar faktor emisi gas CO pada asap *mainstream* rokok non filter antara 14 mg/batang sampai dengan 20 mg/batang. Besar faktor emisi gas CO₂ pada asap *mainstream* rokok non filter antara 90 mg/batang sampai dengan 116 mg/batang. Hasil faktor emisi yang diperoleh bahwa faktor emisi gas CO₂ lebih besar daripada faktor emisi gas CO pada asap *mainstream* rokok jenis non filter.

IV. Simpulan

Hasil pengukuran faktor emisi gas CO dan CO₂ pada asap *mainstream* rokok non filter dapat disimpulkan bahwa besar faktor emisi gas CO₂ pada asap *mainstream* rokok non filter lebih

besar daripada faktor emisi gas CO. Besar faktor emisi gas CO pada asap *mainstream* rokok non filter antara 14 mg/batang sampai dengan 20 mg/

batang. Besar faktor emisi gas CO₂ pada asap *mainstream* rokok non filter antara 90 mg/batang sampai dengan 116 mg/batang.

V. Daftar Pustaka

- [1] Dube, M., F. Green, C, R. (1992). "Methods of Collection of Smoke Analytical Purposes." Recent Advances in Tobacco Science. Nature **8**: 42-102.
- [2] Eugene N. Bruce, M., C. (2003). "A Multicomponent Model of Carboxyhemoglobin and Carboxymyoglobin Responses to Inhalation of Carbon Monoxide." Appl Physiol **95**: 1235-1247.
- [3] Fisher, P. (1999). "Cigarette Manufacture-Tobacco Blending-Tobacco Production." Chemistry and Technology Blackwell Science **52**: 346.
- [4] Hoffman, D., Hecht, S, S. (1988). "Smokeless Tobacco and Cancer." Sci Pharmacol **2**: 46-52.
- [5] Keith, S., H, Tesh, P, G. (1965). "Measurement of the Total Smoke Issuing from a Burning Cigarette." Tob Sci **9**: 61-64.
- [6] Norman, V. (1977). "An Overview of The Vapor Phase, Semivolatile and Nonvolatile Components of Cigarette Smoke." Rec Advan Tob Sci **3**: 28-58.
- [7] Susana, T. (1988). "Karbon Dioksida." Oseana **13**: 1-11.
- [8] Tirtosastro, S., Murdiyati, A, S. (2010). "Kandungan Kimia Tembakau dan Rokok." Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri **2**: 33-43.
- [9] Utomo, S. S. (2011). Pengaruh Kecepatan Hisap Pada Faktor Emisi Partikel Ultrafine Asap Rokok. Universitas Brawijaya, Malang.
- [10] Valley, S. J. (2012). Emission Factor. California, N. S. F Office, Air Pollution Control District.
- [11] WHO. (2012). Global Adult Tobacco Survey: Indonesia Report 2011. Jakarta, National Institute of Health Research and Development Ministry of Health.