

PROFIL PERUBAHAN TEKANAN GAS TERHADAP SUHU PADA VOLUME TETAP

Dodi Krisdianto, Agus Purwanto dan Sumarna
Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan keberlakuan persamaan keadaan gas ideal untuk beberapa jenis gas.

Penelitian dilakukan dengan memanaskan suatu gas dengan suhu tertentu pada volume tetap. Pemanas yang digunakan berupa elemen kawat nikelin yang disusun mengelilingi dinding wadah. Gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah Udara, Oksigen (O_2) dan Argon (Ar). Setiap gas tersebut dimasukkan ke dalam sebuah wadah dengan volume (219 ± 1) ml, kemudian dipanaskan dengan memberikan beda potensial antar ujung-ujung elemen pemanas. Suhu gas diukur menggunakan sensor suhu LM35, dan perubahan tekanan gas diukur menggunakan sensor tekanan MPX5100GP. Suhu gas divariasikan antara $36^\circ C$ sampai $99^\circ C$. Setiap variasi suhu elemen pemanas, akan tercapai keadaan kesetimbangan. Dari setiap keadaan kesetimbangan tersebut dapat diketahui hubungan antara tekanan terhadap temperatur gas pada volume tetap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gas Udara, Oksigen, dan Argon pada tekanan rendah, yaitu kurang dari 130 kPa, mengikuti persamaan keadaan gas ideal. Hubungan tekanan dan suhu pada volume tetap mengikuti persamaan garis lurus. Semakin tinggi tekanan awal gas (dicapai dengan menambah jumlah gas), semakin jauh gas dari kondisi gas ideal. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien regresi yang semakin kecil.

Kata kunci: suhu, tekanan, volume tetap, kesetimbangan, udara, O_2 , Ar, sensor suhu, sensor tekanan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Termodinamika merupakan salah satu cabang ilmu fisika yang sering dipelajari di berbagai tingkat jenjang pendidikan. Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, prinsip dalam proses termodinamika direayasa menjadi berbagai bentuk mekanisme untuk membantu manusia dalam menjalankan kegiatannya. Untuk dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, perlu adanya pemahaman lebih lanjut tentang konsep dasar termodinamika.

Suatu proses termodinamika dapat berlangsung dalam berbagai keadaan, diantaranya dalam keadaan suhu tetap (*isothermal*), tekanan tetap (*isobaric*), atau volume tetap (*isochoric*). Proses termodinamika biasanya digambarkan dalam koordinat dua *property*. Besaran tekanan, suhu dan volume sangat berkaitan erat dalam suatu proses termodinamika. Hubungan antara ketiga besaran tersebut dinyatakan dalam bentuk persamaan yang kita kenal dengan istilah persamaan keadaan gas ideal (*equation of state of ideal gas*). Dalam kenyataannya gas ideal hanyalah suatu pemodelan saja, sehingga belum tentu semua jenis gas dapat berperilaku sebagai gas ideal.

Pada penelitian ini, proses termodinamika lebih difokuskan pada kasus volume tetap. Sampel gas yang digunakan yaitu Udara, Oksigen dan Argon. Pemanfaatan sensor elektronik diharapkan mempermudah pengukuran tekanan dan suhu gas dengan hasil yang lebih akurat.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana keberlakuan persamaan keadaan gas ideal untuk beberapa jenis gas? Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan tambahan pemahaman tentang konsep dasar termodinamika, lebih khusus lagi berkaitan dengan perilaku beberapa jenis gas dalam suatu proses termodinamika.

Kajian Teori

Dua buah sistem yang memiliki perbedaan suhu dan dibatasi oleh dinding penghantar panas, maka secara spontan kedua sistem tersebut akan mengalami proses menuju ke keadaan kesetimbangan thermal. Jika kesetimbangan thermal telah tercapai, maka tidak terjadi lagi aliran kalor antara dua sistem tersebut. Dalam kesetimbangan thermal, semua bagian sistem bertemperatur sama (Zemansky dan Richard, 1997:29).

Gas ideal merupakan sebuah asumsi bahwa suatu gas memiliki sifat yang ideal. Terdapat beberapa asumsi, yaitu:

- Gas ideal terdiri dari molekul-molekul dengan jumlah yang banyak, merata di seluruh ruangan, dan bergerak acak dengan arah sembarang.
- Jarak antar partikel jauh lebih besar dari diameter partikel, sehingga ukuran partikel dapat diabaikan.
- Tidak ada gaya antar molekul, kecuali bila terjadi tumbukan antar molekul.
- Tumbukan antar molekul dan dengan dinding bersifat lenting sempurna.
- Berlaku hukum Newton tentang gerak.

Molekul suatu gas akan mengalami pergerakan. Gerak yang dilakukan molekul gas diantaranya gerak translasi, rotasi, dan vibrasi. Energi total yang dimiliki oleh molekul gas adalah jumlahan dari energi kinetik translasi, rotasi, dan vibrasi. Energi kinetik translasi sangat berperan dalam proses timbulnya tekanan gas. Ketika molekul melakukan gerak translasi, akan terjadi tumbukan molekul terhadap dinding.

Molekul-molekul gas dalam suatu ruangan yang dibatasi dinding, bergerak ke segala arah dengan tidak beraturan. Tabrakan molekul ke dinding ruangan tersebut terjadi secara terus menerus, yang menimbulkan efek tekanan gas di dalam ruangan tersebut. Semakin tinggi suhu gas, maka semakin besar kecepatan geraknya, sehingga menyebabkan momentum tumbukan terhadap dinding semakin besar. Akibatnya tekanan yang terjadi di dalam ruangan akan semakin besar pula. Hubungan antara besaran tekanan (P), suhu (T) dan volume (V) dikenal dengan persamaan keadaan gas ideal. Untuk suatu gas dengan jumlah mol (n), hubungan antara ketiga besaran tersebut dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$PV = nRT \quad (1)$$

dimana R adalah konstanta gas umum dengan nilai sebesar 8,314 J/mol.K.

Metode Penelitian

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui eksperimen. Obyek dalam penelitian ini adalah Udara, Oksigen (O_2) sebagai sampel gas diatomik dan Argon (Ar) sebagai sampel gas monoatomik, dengan variabel terikat yaitu tekanan dan variabel bebas yaitu suhu gas.

Suatu wadah dengan volume (219 ± 1) ml berisi gas dikondisikan pada volume tetap, kemudian dipanaskan dengan suhu tertentu. Elemen pemanas yang digunakan berupa kawat nikelin yang disusun mengelilingi wadah. Agar panas yang diberikan dapat merata di seluruh permukaan wadah, digunakan tanah liat sebagai penghantar panas dari elemen pemanas. Variasi suhu dilakukan dengan mengubah-ubah pemberian beda potensial pada ujung-ujung elemen pemanas. Untuk setiap variasi suhu, akan dicapai suatu keadaan kesetimbangan. Pada keadaan kesetimbangan, suhu dan tekanan gas tidak lagi mengalami perubahan secara signifikan. Tekanan awal gas divariasikan dengan menambahkan jumlah gas ke dalam wadah.

Instrument yang digunakan dalam penelitian ini berupa sistem pengukur tekanan dan suhu dengan memanfaatkan transduser elektronik. Digunakan sensor suhu LM35 dan sensor tekanan MPX5100GP. Sensor LM35 diletakkan di dalam wadah dan sensor MPX5100GP dipasang di luar wadah dengan selang karet sebagai penghubung. Perubahan suhu gas akan dideteksi oleh sensor LM35 dalam bentuk tegangan keluaran, begitu pula dengan perubahan tekanan gas yang dideteksi oleh sensor MPX5100GP. Dalam proses pengukurannya, tegangan output dari kedua sensor langsung dapat diukur menggunakan multimeter. Hasil kalibrasi kedua

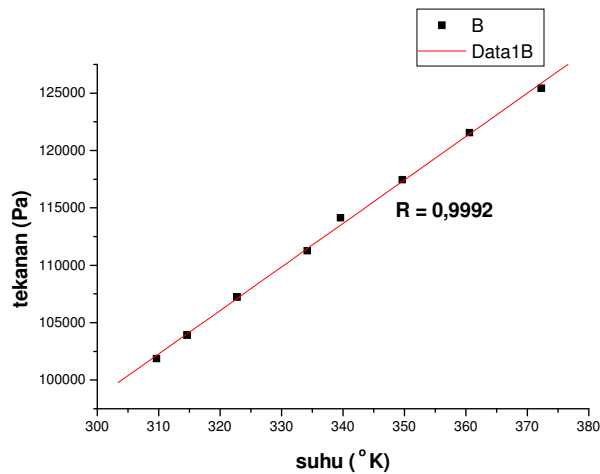
sensor tersebut digunakan untuk mengkonversi satuan pengukuran multimeter ke dalam satuan Pascal dan °C.

Data hasil penelitian yang telah dikonversi ke dalam satuan asli, kemudian dianalisis dengan menggunakan metode grafik untuk mengetahui secara global hubungan antara tekanan dan suhu gas pada volume tetap.

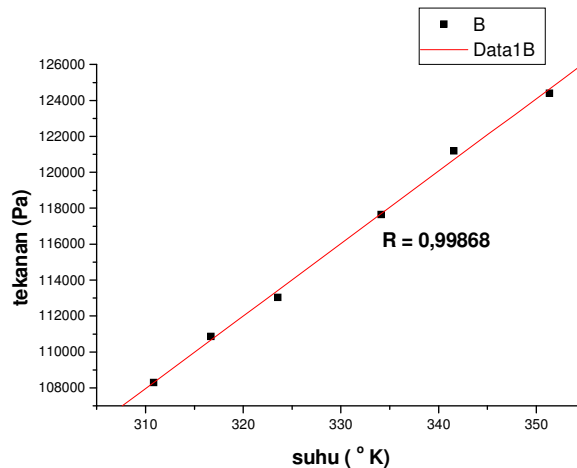
PEMBAHASAN

Mengacu pada persamaan (1) bahwa secara teori hubungan antara tekanan (P) dan suhu (T) gas pada volume (V) tetap akan mengikuti persamaan garis lurus. Untuk jumlah mol (n) gas tertentu, perubahan tekanan sebanding dengan perubahan suhu gas tersebut. Semakin tinggi suhu maka tekanan gas akan semakin meningkat.

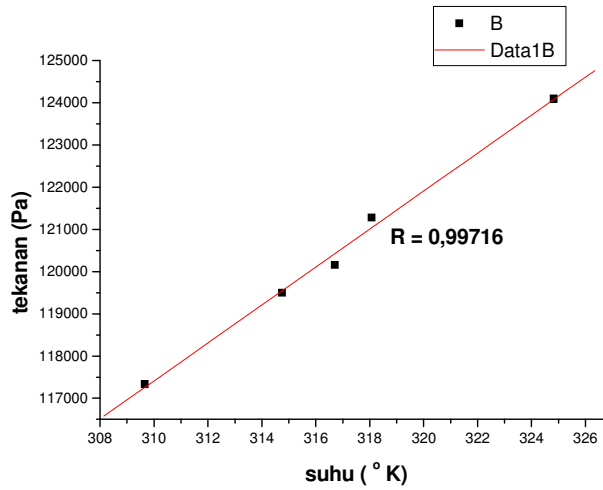
Dari hasil pengukuran pada setiap keadaan kesetimbangan, dapat diketahui hubungan antara tekanan dan suhu gas pada volume tetap. Untuk udara dengan tiga variasi tekanan awal ($P_1 < P_2 < P_3$) diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik hubungan tekanan dan suhu udara untuk tekanan awal P_1 sebesar $(99,2 \pm 0,3)$ kPa



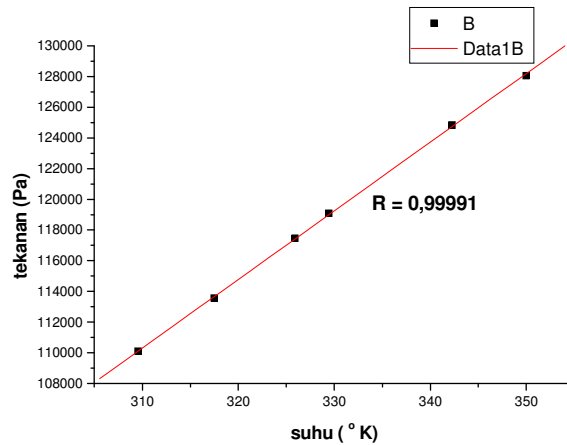
Gambar 2. Grafik hubungan tekanan dan suhu udara untuk tekanan awal P_2 sebesar $(104,1 \pm 0,3)$ kPa



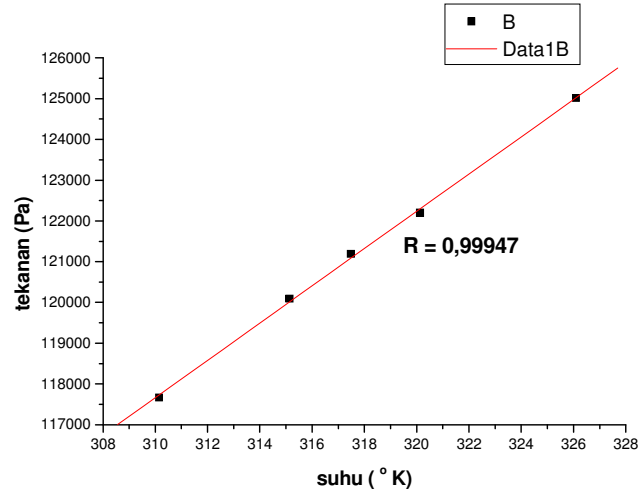
Gambar 3. Grafik hubungan tekanan dan suhu udara untuk tekanan awal P_3 sebesar $(113,6 \pm 0,3)$ kPa

Dari Gambar 1, 2 dan 3, terlihat bahwa hubungan antara tekanan dan suhu udara pada volume tetap cenderung mengikuti persamaan garis lurus. Untuk tekanan awal gas sebesar P_1 diperoleh koefisien regresi sebesar 0,9992. Ini menunjukkan bahwa sebaran titik-titik data berada tidak terlalu jauh dari persamaan garis lurus. Ketika tekanan awal gas ditambah menjadi sebesar P_2 diperoleh koefisien regresi sebesar 0,99868. Jika dibandingkan dengan hasil sebelumnya, pada tekanan awal gas sebesar P_2 sebaran titik-titik data sedikit menjauh dari persamaan garis lurus. Pada Gambar 3 semakin terlihat bahwa sebaran titik-titik data semakin jauh dari persamaan garis lurus.

Untuk gas Oksigen dengan dua variasi tekanan awal ($P_1 < P_2$) diperoleh hasil sebagai berikut:



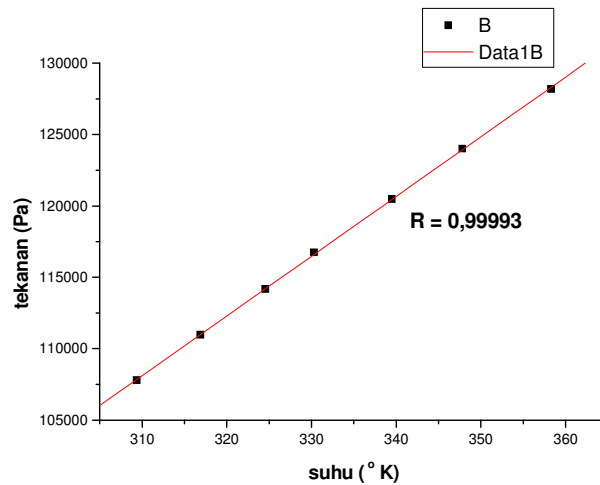
Gambar 4. Grafik hubungan tekanan dan suhu gas Oksigen untuk tekanan awal P_1 sebesar $(106,0 \pm 0,3)$ kPa



Gambar 5. Grafik hubungan tekanan dan suhu gas Oksigen untuk tekanan awal P_2 sebesar $(113,6 \pm 0,3)$ kPa

Dari Gambar 4 dan 5, terlihat bahwa hubungan antara tekanan dan suhu gas Oksigen pada volume tetap cenderung mengikuti persamaan garis lurus. Untuk tekanan awal gas sebesar P_1 diperoleh koefisien regresi sebesar 0,99991. Ini menunjukkan bahwa sebaran titik-titik data berada tidak jauh dari persamaan garis lurus. Ketika tekanan awal gas ditambah menjadi sebesar P_2 diperoleh koefisien regresi sebesar 0,99947. Pada tekanan awal gas sebesar P_2 sebaran titik-titik data sedikit menjauh dari persamaan garis lurus, seperti terlihat pada Gambar 5. Hasil ini menunjukkan bahwa perilaku gas Oksigen lebih baik dari udara jika ditinjau dari kedekatannya dengan model gas ideal.

Untuk gas Argon dengan tekanan awal P_1 diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik hubungan tekanan dan suhu gas Argon untuk tekanan awal P_1 sebesar $(104,0 \pm 0,3)$ kPa

Untuk gas Argon diperoleh grafik hubungan antara tekanan dan suhu gas dengan koefisien regresi sebesar 0,99993. Sebaran titik-titik data berada hampir segaris dengan persamaan garis lurus, seperti terlihat pada Gambar 6. Hasil ini menunjukkan bahwa perilaku gas Argon lebih baik dari gas Oksigen dan Udara jika ditinjau dari kedekatannya dengan model gas ideal.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perilaku gas ideal dapat didekati menggunakan gas real dengan tekanan awal rendah. Penambahan tekanan awal gas dapat dicapai dengan menambah jumlah gas. Ketika tekanan awal gas semakin tinggi (jumlah mol gas semakin banyak), maka perilaku gas akan semakin jauh dari kondisi gas ideal. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien regresi yang semakin kecil dengan arti bahwa sebaran titik-titik data semakin jauh dari persamaan garis lurus. Jika dibandingkan antara tiga sampel gas yang digunakan dalam penelitian, maka gas Argon (gas monoatomik) paling memiliki kedekatan terhadap model gas ideal.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Udara, gas Oksigen dan gas Argon pada tekanan rendah, yaitu kurang dari 130 kPa, mengikuti persamaan keadaan gas ideal. Hubungan tekanan dan suhu pada volume tetap mengikuti persamaan garis lurus. Semakin tinggi tekanan awal gas (dicapai dengan menambah jumlah gas), semakin jauh gas dari kondisi gas ideal. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien regresi yang semakin kecil.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap sampel gas diatomik lainnya, khususnya gas Helium yang memiliki massa molar terkecil, dengan maksud untuk mendukung pernyataan bahwa gas monoatomik paling dekat dengan model gas ideal.

DAFTAR PUSTAKA

- Paul A. Tipler and Gene Mosca. 2004. *Physics For Scientists And Engineers 5th Edition*. New York: Freeman and Company.
- Walter Benenson, John W. Harris, Horst Stoker, Holger Luts. 2002. *Handbook Of Physics*. New York: Springer.
- Zemansky and Richard H. Dittman. 1997. *Heat And Thermodynamics*. New York: McGraw-Hill.