

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Pustaka**

##### **1. Penelitian Pengembangan**

Penelitian pada dasarnya merupakan suatu kegiatan atau proses sistematis untuk memecahkan masalah yang dilakukan dengan menerapkan metode ilmiah. Setiap penelitian dilakukan dengan tujuan tertentu. Menurut (Arikunto, 2006) jika ditinjau dari tujuannya, penelitian dibedakan menjadi tiga yaitu Penelitian *Eksploratif*, Penelitian Pengembangan (*Research dan Development*) dan penelitian *Verifikatif*. Penelitian *Eksploratif*, berarti bahwa peneliti ingin menggali secara luas tentang sebab-sebab atau hal-hal yang mempengaruhi terjadinya sesuatu. Penelitian pengembangan berarti peneliti mengembangkan suatu produk atau prosedur baru. Penelitian *Verifikatif* berarti bahwa penelitian dilakukan bertujuan untuk mengecek kebenaran hasil penelitian lain. Penelitian pengembangan merupakan penelitian yang mulai banyak dilakukan. Menurut (Sugiyono, 2008) metode penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian pengembangan merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada, yang kemudian produk tersebut dites dilapangan, dievaluasi, dan diperbaiki hingga menjadi suatu produk yang berkualitas. Produk yang

dihasilkan dalam penelitian pengembangan dalam bidang pendidikan dapat berupa modul pembelajaran, multimedia pembelajaran atau perangkat pembelajaran, seperti Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), buku, LKS, soal-soal, dan lain-lain, atau bisa juga penerapan teori pembelajaran dengan menggabungkan pengembangan perangkat pembelajaran.

Terdapat berbagai macam model dalam penelitian pengembangan menurut para ahli. Menurut (Sugiyono, 2008) terdapat langkah-langkah penelitian dan pengembangan yang meliputi: (1) Identifikasi masalah, (2) pengumpulan informasi, (3) desain produk, (4) validasi desain, (5) perbaikan desain, (6) uji coba produk, (7) revisi produk, (8) uji coba pemakaian, (9) revisi produk tahap akhir, dan (10) produksi massal. Selain itu, terdapat juga model penelitian pengembangan yang dijelaskan oleh (Thiagarajan & Melvyn, I.S., 1974) yakni model pengembangan 4D. Model ini terdiri dari empat tahap utama, yaitu: *Define*, *Design*, *Development*, dan *Disseminate*.

Berdasarkan beberapa model pengembangan yang dikemukakan oleh para ahli, maka dalam mengembangkan produk yang berupa modul fisika terintegrasi nilai-nilai karakter Islam pada materi termodinamika, peneliti perlu menentukan model pengembangan yang tepat dalam mengembangkan produk tersebut. Berdasarkan produk yang dikembangkan, peneliti memilih model pengembangan yang dijelaskan oleh Thiagarajan dan Melvyn. Peneliti memilih model pengembangan ini karena tahap-tahap pengembangannya lengkap namun tidak terlalu panjang dibanding dengan model lainnya. Terdapat dua tahap uji coba

produk dalam model pengembangan ini, yaitu uji coba terbatas dan uji coba operasional di mana setelah dilakukan kedua uji tersebut selalu dilakukan revisi produk. Dengan demikian, diharapkan dapat menghasilkan produk yang berupa modul secara maksimal.

## **2. Modul Pembelajaran**

### **a. Pengertian Modul**

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), modul adalah diktat kegiatan program belajar mengajar yang dapat dipelajari oleh siswa dengan bantuan minimal dari guru pembimbing, meliputi perencanaan tujuan, serta alat untuk menilai, mengukur keberhasilan siswa dalam penyelesaian pembelajaran. Definisi modul itu sendiri menurut (Nasution, 2000) adalah suatu unit lengkap yang terdiri sendiri dan terdiri dari atas suatu rangkaian kegiatan belajar mengajar yang disusun untuk membantu siswa mencapai sejumlah tujuan yang dirumuskan secara khusus dan jelas.

Modul menurut (Suprawoto, 2009) merupakan sarana siswa untuk mencapai tujuan belajar berdasarkan kompetensi dasar atau indikator pencapaian kompetensi, petunjuk kegiatan belajar mandiri (*self instructional*), dan memberikan ruang kepada siswa untuk menguji diri sendiri melalui latihan yang disajikan dalam modul. Dengan demikian modul dapat berfungsi sebagai sarana belajar yang mandiri, sehingga siswa dapat belajar dengan menyesuaikan kemampuan masing-masing.

Menurut (Johnson, 2006) pembelajaran mandiri adalah proses belajar yang mengajak siswa melakukan tindakan mandiri melibatkan terkadang satu orang atau biasanya satu kelompok. Tindakan mandiri dirancang untuk menghubungkan pengetahuan akademik siswa dengan kehidupan sehari-hari sehingga tujuan yang bermakna dapat tercapai. Siswa dengan pembelajaran mandiri mungkin memilih mendapatkan informasi dengan cara mengamati, mendengarkan, membaca atau berdiskusi tergantung kemampuan mereka sendiri.

Dengan adanya modul sebagai bahan ajar, guru sebagai pendidik akan mempunyai waktu yang lebih banyak untuk membimbing siswa dalam proses belajar mengajar. Selain itu juga akan membantu siswa untuk memperoleh pengetahuan baru, dimana biasanya sumber pengetahuan siswa terbatas hanya pada guru sebagai pendidik. Siswa akan mengurangi ketergantungan kepada guru sebagai satu-satunya sumber pengetahuan. Modul memungkinkan siswa mencapai tujuan secara mandiri, dengan sekecil mungkin bantuan dari guru karena di dalam modul tersebut sudah terdapat petunjuk bagi siswa, sehingga pembelajaran dengan modul membuat siswa mampu mengevaluasi kemampuannya sendiri yang kemudian dapat menentukan kegiatan belajar selanjutnya yang harus dilakukan.

#### b. Maksud dan Tujuan Modul

Maksud dan tujuan penyusunan modul menurut (Prastowo, 2011) yaitu pertama, agar siswa dapat secara mandiri atau tanpa dengan bimbingan pendidik sehingga peran guru (pendidik) tidak

terlalu dominan dalam kegiatan pembelajaran. Tujuan yang kedua yaitu mengakomodasikan berbagai tingkat dan kecepatan belajar siswa, sehingga bagi siswa yang kecepatan belajarnya tinggi, maka mereka dapat belajar lebih cepat serta menyelesaikan modul lebih cepat pula, begitupun sebaliknya bagi mereka yang lambat, maka akan dipersilahkan untuk mengulanginya kembali. Artinya siswa mampu mengukur sendiri tingkat penguasaan materi yang telah dipelajari setelah menggunakan modul.

Lebih dalam menurut (Suryosubroto, 1983) mengemukakan bahwa tujuan yang digunakan modul di dalam proses belajar mengajar ialah sebagai berikut:

- 1) Tujuan pendidikan dapat dicapai secara efisien dan efektif
- 2) Siswa dapat mengikuti program pendidikan sesuai dengan kecepatan dan kemampuannya sendiri
- 3) Siswa dapat sebanyak mungkin menghayati dan melakukan kegiatan belajar sendiri, baik dibawah bimbingan ataupun tanpa bimbingan guru
- 4) Siswa dapat menilai dan mengetahui hasil belajarnya sendiri secara berkelanjutan
- 5) Siswa benar-benar menjadi titik pusat kegiatan belajar mengajar
- 6) Kemajuan siswa dapat diikuti melalui evaluasi yang dilakukan pada setiap kegiatan akhir modul

7) Modul disusun berdasarkan konsep “*mastery learning*” yaitu suatu konsep yang menekankan bahwa siswa harus secara optimal menguasai bahan pelajaran yang disajikan dalam modul.

Berdasarkan pendapat yang telah dipaparkan di atas dapat disimpulkan bahwa maksud dan tujuan modul adalah sebagai sumber belajar mandiri. Belajar mandiri adalah proses dimana individu secara mandiri merumuskan atau menentukan tujuan belajarnya sendiri, mengidentifikasi sumber belajar, memilih dan melaksanakan strategi belajar yang sesuai, serta mengevaluasi hasil belajarnya sendiri.

#### c. Karakter Modul

Menurut Vembrianto dalam (Rastyanti,2018) terdapat lima karakter modul. Pertama, modul merupakan unit pengajaran terkecil dan lengkap. Kedua, modul memuat rangkaian kegiatan belajar yang direncanakan dan sistematis. Ketiga, modul memuat tujuan pembelajaran yang dirumuskan secara eksplisit dan spesifik. Keempat, modul memungkinkan siswa belajar sendiri, karena modul memuat bahan yang bersifat *self-instructional*. Kelima, modul adalah realisasi pengakuan perbedaan individual, yakni salah satu perwujudan pengajaran individual.

Pembelajaran dengan menggunakan modul menurut (Mulyasa, 2005) memiliki karakter yaitu modul memberikan informasi dan petunjuk pelaksanaan yang jelas, modul merupakan pembelajaran individual sehingga mengupayakan untuk melibatkan sebanyak mungkin karakter siswa. Setiap modul memungkinkan siswa

mengalami kemajuan belajar sesuai dengan kemampuannya, memungkinkan siswa mengukur kemampuan belajar yang telah diperoleh, dan memfokuskan siswa pada tujuan pembelajaran yang spesifik dan dapat diukur. Selain itu, setiap modul memiliki mekanisme untuk mengukur pencapaian tujuan belajar siswa, terutama untuk memberikan umpan balik bagi siswa dalam mencapai ketuntasan belajar.

Berdasarkan pendapat yang telah dipaparkan di atas disimpulkan bahwa karakter modul ialah memberikan informasi dan petunjuk penggunaan bagi siswa. Modul dapat menjadi alternatif sumber belajar yang bersifat dapat berdiri sendiri dengan petunjuk penggunaan yang jelas bagi penggunanya. Dengan modul siswa dapat belajar mandiri secara terarah, sistematis, dan diharapkan siswa dapat menguasai kompetensi yang dituntut oleh kegiatan pembelajaran yang diikutinya agar dapat mencapai tujuan pembelajaran.

#### d. Komponen Modul

Komponen-komponen sebuah modul dalam penyusunannya menurut (Indriyandi dan Susilowati, 2010) mencakup (1) bagian pendahuluan, (2) bagian kegiatan belajar dan (3) daftar pustaka. Bagian pendahuluan mengandung (a) penjelasan umum mengenai modul, (b) indikator pembelajaran. Bagian kegiatan belajar mengandung (a) uraian isi pembelajaran, (b) rangkuman, (c) tes, (d) kunci jawaban, dan (e) umpan balik.

Komponen modul menurut (Sarwanto, 2011) yaitu: (1) tinjauan mata pelajaran, yang berisi paparan mengenai keseluruhan pokok-pokok isi mata pelajaran yang mencakup deskripsi mata pelajaran, kegunaan mata pelajaran, kompetensi dasar, bahan pendukung lainnya, dan petunjuk belajar; (2) pendahuluan, memuat cakupan modul dalam bentuk deskripsi singkat, indikator yang ingin dicapai melalui sajian materi dan kegiatan modul, deskripsi perilaku awal yang memuat tentang pengetahuan dan keterampilan yang sebelumnya diperoleh, relevansi, urutan butir sajian modul, dan petunjuk belajar berisi panduan teknis mempelajari modul tersebut; (3) kegiatan belajar, di dalam modul terdapat penjelasan secara rinci tentang isi pelajaran yang diikuti dengan contoh konkrit maupun non konkrit; (4) latihan, berisi kegiatan belajar yang harus dilakukan oleh siswa setelah membaca uraian modul; (5) rambu-rambu jawaban latihan, merupakan hal-hal yang harus diperhatikan oleh siswa dalam mengerjakan soal-soal latihan. Kegunaannya untuk mengarahkan pemahaman siswa tentang jawaban yang diharapkan dari pertanyaan; (6) rangkuman, memuat inti dari uraian materi yang disajikan dalam kegiatan belajar; (7) tes formatif, merupakan tes untuk mengukur penguasaan siswa setelah suatu pokok bahasan selesai dipaparkan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan (Mulyasa, 2005) yang mengemukakan bahwa komponen modul meliputi lembar kegiatan siswa, lembar kerja, kunci lembar kerja, lembar soal, lembar jawaban, dan kunci jawaban.

Pembelajaran sains dengan menggunakan modul menurut (Wenno, 2010) akan sangat bermanfaat bagi guru dalam penyampaian materi kepada siswa, dimana siswa lebih kreatif dalam pengembangan dirinya, dapat belajar secara mandiri, mengurangi ketergantungan terhadap guru, serta siswa mendapatkan kemudahan mempelajari setiap kompetensi. Pembelajaran menggunakan modul memungkinkan siswa menyelesaikan Kompetensi Dasar (KD) sesuai dengan kecepatan masing-masing. Oleh karena itu, modul seharusnya menggambarkan Kompetensi Dasar (KD) yang akan didapat oleh siswa yang disajikan dengan bahasa yang baik, menarik dan dilengkapi dengan ilustrasi.

Pada penelitian ini komponen modul mengacu pada pendapat (Indriyandi dan Susilowati, 2010) yang mencakup: (1) bagian pendahuluan, (2) bagian kegiatan belajar (3) daftar pustaka. Mengacu pada pendapat Indriyati dan Susilowati, peneliti mengembangkan komponen modul dengan menambahkan sub lain sebagai berikut:

- 1) Cover modul (judul, kurikulum, kelas, lembaga, penyusun)
- 2) Halaman awal (daftar isi, kata pengantar, bagian-bagian modul, peta konsep)
- 3) Pendahuluan (ruang lingkup modul, prasyarat, petunjuk penggunaan modul, kompetensi inti dan kompetensi dasar, tujuan akhir)
- 4) Kegiatan Pembelajaran (tujuan pembelajaran, kegiatan belajar, kegiatan praktikum, materi)

- 5) Penutup (evaluasi dan kunci jawaban)
- 6) Halaman akhir (glosarium, daftar pustaka)

### 3. Integrasi Nilai-nilai Karakter Islam pada Modul

#### a. Pengertian Integrasi

Integrasi menurut KBBI berarti pembauran hingga menjadi kesatuan yang utuh. Integrasi juga dapat diartikan sebagai proses memadukan nilai-nilai tertentu dengan konsep lain sehingga menjadi kesatuan yang koheren atau utuh. Integrasi keilmuan merupakan suatu proses menyempurnakan atau menyatukan ilmu-ilmu yang dianggap dikotomis, sehingga menghasilkan satu pola pemahaman *integrative* tentang konsep ilmu pengetahuan. Inti dari integrasi adalah upaya menyatukan wahyu Allah dan temuan manusia dengan tidak mengucilkan Allah (*sekularisme*) atau mengucilkan manusia (*other worldly asceticisme*) (Rifai,dkk., 2014). Berdasarkan pengertian integrasi tersebut dapat disimpulkan bahwa integrasi merupakan proses menyatukan ilmu atau nilai-nilai tertentu menjadi satu kesatuan yang dapat menghasilkan pengetahuan atau konsep ilmu baru yang utuh.

#### b. Nilai-nilai Karakter Islam

Karakter diambil dari bahas Yunani “*charakter*” yang berasal dari kata “*kharassein*” yang berarti memahat atau mengukir. Dalam bahasa latin disebut *kharakter, kharassein, kharax*, bermakna watak, tabiat sifat-sifat kejiwaan, budi pekerti, kepribadian atau akhlak. Berdasarkan istilah, karakter menurut Majid dan Dian dalam (Tafsir,

2016) dapat diartikan sebagai sikap, tabiat, akhlak, kepribadian yang stabil yang merupakan hasil dari proses konsolidasi secara progresif dan dinamis.

Islam menggunakan istilah ‘akhlak’ untuk mengekspresikan karakter manusia, sebagaimana sabda Rasulullah : Yang artinya: *“Sesungguhnya tiada aku diutus melainkan untuk menyempurnakan akhlak”*. Para ahli, baik Timur maupun Barat memberikan pengertian yang berbeda tentang karakter, namun secara substansial bermaksud pada makna yang sama. Imam Al-Ghazali mengatakan karakter itu lebih dekat dengan akhlak, yaitu spontanitas manusia dalam bersikap, atau melakukan perbuatan yang menyatu dalam diri manusia sehingga ketika muncul tidak perlu dipikirkan lagi (Tafsir, 2016).

Berdasarkan beberapa pendapat para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa karakter adalah akhlak, sikap, tabiat yang ditunjukkan manusia secara spontan dalam bersikap serta kepribadian yang stabil yang dihasilkan dari proses konsolidasi secara progresif dan dinamis. Nilai-nilai karakter dalam bidang pendidikan budaya dan karakter bangsa Indonesia dilandasi sumber-sumber agama, Pancasila, dan tujuan pendidikan nasional (Ardan, 2017). Karakter seorang mukmin semestinya berdasar kepada akhlak yang bersumber dari wahyu, yaitu Al-Qur’an dan al-Sunnah. Rasulullah menjabarkan akhlak itu dalam sabdanya, yang mana dalam hadist tersebut menjelaskan 28 macam karakter seorang mukmin. Berikut dijabarkan nilai-nilai karakter dalam pendidikan budaya dan karakter bangsa

Indonesia dan nilai-nilai karakter berdasarkan ikhtisar hadist Rasulullah seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Nilai-nilai karakter menurut beberapa sumber:

Nilai-nilai Karakter berdasarkan Permendikbud	Nilai Karakter ikhtisar hadist rasulullah	Kesimpulan
Religius	Kuat agamanya (Ibadahnya)	Berdasarkan karakter yang dijabarkan permendikbud dan hasil ikhtisar hadist Rasulullah, yang pada dasarnya penyusunan nilai-nilai karakter pada pendidikan dan budaya juga bersumber pada agama, maka penulis menyimpulkan nilai-nilai karakter yang didapat dari penjabaran tersebut yakni takwa (religius), jujur, toleransi, disiplin, kerja keras (ikhtiar), kreatif, mandiri, demokrat (menghargai hak dan kewajiban masing-masing individu), keinginan menuntut ilmu, semangat kebangsaan dan cinta tanah air, menghargai prestasi, peduli, kerjasama, dan bertanggung jawab/ amanah.
	khusyuk dalam solatnya	
	Aktif dalam mendapatkan hidayah Allah	
	Istiqomah dalam kebaikan	
	Syukur ketika mendapatkan kesenangan	
	Imannya disertai dengan keyakinan	
	Mampu mengendalikan diri dari nafsu syahwat	
Jujur	Tidak mengambil yang bukan haknya	
	Bersaksi dalam kebenaran	
Toleransi	Mampu mengendalikan diri ketika marah	
	Tidak kasar pada orang yang membencinya	
	Memiliki kasih sayang kepada orang yang menderita	
	Bersabar ketika menghadapi kezaliman	
Disiplin	Tegas dalam prinsip, luwes dalam sikap	
Kerja keras	Berusaha memiliki usaha yang halal	
Kreatif		
Mandiri	Tabah dan sabar ketika mendapat	

	ujian	
Demokrat	Tidak kikir dalam kebaikan	
Rasa ingin tahu	Memiliki keinginan kuat dalam mencari ilmu	
Gemar membaca	Sabar dalam mencari ilmu	
Semangat kebangsaan	Tidak hasud dan tidak melaknat orang lain	
Cinta tanah air	Tidak berlebihan dalam mencintai sesuatu	
Menghargai prestasi	Tidak memanggil orang dengan panggilan yang buruk	
Bersahabat/ Komunikatif	Bergaul dan berinteraksi dengan sesama manusia	
Cinta damai	Berpenampilan indah ketika mengalami kesulitan hidup (tidak menampakkan kesusahan)	
Peduli lingkungan	Sederhana ketika kaya	
Peduli sosial	Cepat dalam mengeluarkan zakat	
	Menjauhkan diri dari sifat rakus	
Tanggung jawab	Tidak menyalahnyakan amanah	

Berdasarkan nilai-nilai karakter islam yang telah dipaparkan, peneliti akan mengintegrasikan beberapa karakter yang diadaptasi dari nilai karakter berdasarkan permendikbud dan hasil iktisar hadist Nabi tersebut ke dalam modul yang akan dikembangkan dan dibatasi hanya pada tiga karakter yaitu keinginan untuk menuntut ilmu (rasa ingin tahu), amanah, religius, kerjasama dan jujur.

### c. Integrasi Nilai-nilai Karakter Islam dalam Modul

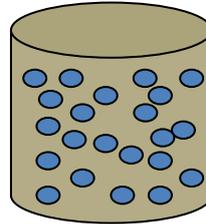
Berdasarkan pengertian integrasi serta nilai-nilai karakter Islam yang telah dipaparkan di atas, dapat disimpulkan bahwa integrasi nilai-nilai karakter Islam ke dalam modul merupakan suatu proses pembauran atau menyatukan ilmu dalam hal ini ilmu yang terdapat pada modul dengan nilai-nilai karakter islam agar menjadi kesatuan ilmu. Pengintegrasian nilai-nilai karakter islam dalam penelitian ini dilakukan dengan menyisipkan nilai-nilai karakter islam dalam instruksi kerja pada kegiatan belajar dalam modul. Selain itu, juga menghubungkan materi Termodinamika dengan ayat-ayat Al-Qur'an yang berhubungan atau relevan. Serta memasukan bacaan seperti motivasi maupun manfaat yang didapatkan (dijanjikan) jika menerapkan karakter islam dalam kehidupan berdasarkan Al-Qur'an, Sunnah maupun kisah inspiratif yang diintegrasikan dalam modul.

## 4. Termodinamika

### a. Gas Ideal

Gas ideal merupakan suatu gas yang terdiri dari partikel-partikel yang bernama molekul, dimana molekul tersebut bergerak secara serampangan dan memenuhi hukum-hukum gerak Newton. Jumlah molekulnya sangat besar. Volume molekul adalah pecahan kecil yang dapat diabaikan dari volume yang ditempati oleh gas tersebut. Tidak ada gaya yang cukup besar yang beraksi pada molekul tersebut kecuali satu tumbukan. Yaitu tumbukan elastik sempurna dan terjadi dalam waktu yang sangat singkat.

Jumlah gas di dalam suatu volume tertentu biasanya dinyatakan dalam mol. Misalkan suatu gas ideal ditempatkan dalam suatu wadah (*container*) yang berbentuk silinder seperti gambar dibawah.



(Sumber: Fitriani & Khoris)  
Gambar 1. Gas ditempatkan dalam silinder

Berdasarkan pada gambar diatas, dapat dijelaskan dengan dua teori, yaitu:

(a) Hukum Boyle

Menurut Hukum Boyle, bila gas dijaga dalam temperatur konstan, tekanannya berbanding terbalik dengan volume.

(b) Hukum Charles & Gay-Lussac

Menurut Hukum Charles dan Gay-Lussac, jika tekanan gas dijaga konstan, volume berbanding lurus dengan temperatur.

Kesimpulan tersebut dapat dirangkum sebagai persamaan bentuk umum keadaan gas ideal, yaitu:

$$pV = nRT, \quad (1)$$

atau

$$P V = N K T, \quad (2)$$

keterangan:

$N$  = jumlah mol (mol)

$R$  = konstanta umum gas (8,31 J/mol K)

$K$  = konstanta Boltzman (  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K)

$P$  = tekanan gas ( Pa atau  $N/m^2$ )

$V$  = volume gas ( $m^3$ )

$T$  = temperatur gas (K)

Dan besarnya jumlah mol dapat dihitung dengan persamaan :

$$n = \frac{m}{mr}, \quad (3)$$

atau

$$n = \frac{N}{N_A}, \quad (4)$$

keterangan:

$m$  = massa gas ( gr )

$mr$  = massa relatif partikel gas ( gr/mol )

$N$  = jumlah partikel gas

$N_A$  = bilangan Avogadro (  $6,02 \times 10^{23}$  partikel/mol )

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan oleh Boyle dan Gay

Lussac mengenai gas dalam ruang tertutup, diperoleh persamaan berikut:

$$\frac{P \cdot V}{T} = \text{konstanta}, \quad (5)$$

atau

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}, \quad (6)$$

keterangan:

$P_1$  = tekanan gas pada keadaan 1 ( Pa atau  $N/m^2$  )

$V_1$  = volume gas pada keadaan 1 ( $m^3$ )

$T_1$  = temperatur gas pada keadaan 1 ( K )

$P_2$  = tekanan gas pada keadaan 2 ( Pa atau  $N/m^2$  )

$V_2 =$  volume gas pada keadaan 2 ( $m^3$ )

$T_2 =$  temperatur gas pada keadaan 2 ( K )

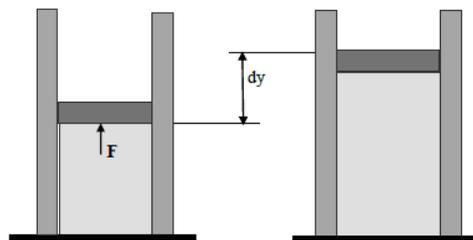
b. Kalor, Usaha dan Proses dalam Termodinamika

1) Kalor

Kalor dan usaha sama-sama berdimensi tenaga (energi).

Kalor merupakan tenaga yang dipindahkan (ditransferkan) dari suatu benda ke benda lain karena adanya perbedaan temperatur.

Jika transfer yang terjadi tidak terkait dengan perbedaan temperatur maka disebut usaha (*work*).



(Sumber: Fitriani & Khoris)

Gambar 2. Piston menempati ruang berisi gas ideal Mula-mula gas ideal menempati ruang dengan volume ( $V$ ) dan tekanan ( $P$ ).

Bila piston mempunyai luas penampang  $A$  maka gaya dorong gas pada piston  $F = p A$ . Dimisalkan gas diekspansikan (memuai) secara quasistatik, (secara pelan-pelan sehingga setiap saat terjadi kesetimbangan), piston naik sejauh  $dy$ , maka usaha yang dilakukan gas pada piston :

$$dW = F dy, \quad (7)$$

$$= p A dy, \quad (8)$$

$A dy$  adalah pertambahan Volume gas

$$dW = p dV \quad (9)$$

Bila volume dan tekanan mula-mula  $V_i$  dan  $p_i$  dan volume dan tekanan akhir  $V_f$  dan  $p_f$ , maka usaha total yang dilakukan gas:

$$W = \int_{v_i}^{v_f} p dV, \quad (10)$$

Usaha yang dilakukan dalam setiap proses tidak sama, walaupun mempunyai keadaan awal dan keadaan akhir yang sama. *“Usaha yang dilakukan oleh sebuah sistem bukan hanya tergantung pada keadaan awal dan akhir, tetapi juga tergantung pada proses perantara antara keadaan awal dan keadaan akhir”*. Dengan cara yang sama, *“kalor yang dipindahkan masuk atau keluar dari sebuah sistem tergantung pada proses perantara di antara keadaan awal dan keadaan akhir”*.

Termodinamika adalah cabang ilmu Fisika yang membahas tentang hubungan antara panas (kalor) dan usaha yang dilakukan oleh kalor tersebut. Dalam melakukan pengamatan mengenai aliran energi antara panas dan usaha ini dikenal dua istilah, yaitu sistem dan lingkungan. Untuk memahami penggunaan kedua istilah tersebut dalam termodinamika, perhatikanlah gambar 3 berikut. Misalkan, Anda mengamati aliran kalor antara bola besi panas dan air dingin. Ketika bola besi tersebut dimasukkan ke dalam air. Bola besi dan air disebut sistem karena kedua benda tersebut menjadi objek pengamatan dan perhatian Anda. Adapun,

wadah air dan udara luar disebut lingkungan karena berada di luar sistem, tetapi dapat memengaruhi sistem tersebut.



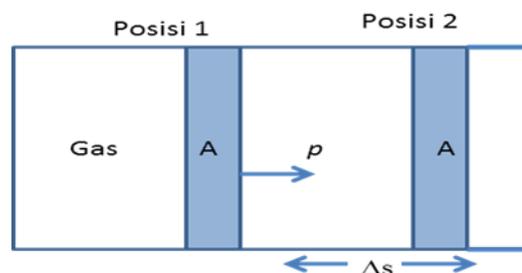
(Sumber: Fitriani & Khoris)

Gambar 3. Bola besi panas dan air dingin

## 2) Usaha Sistem Terhadap Lingkungannya

Pada pembahasan sebelumnya, Anda telah mempelajari definisi usaha ( $W$ ) yang dilakukan pada benda tegar, yaitu :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}, \quad (11)$$



(Sumber: Fitriani & Khoris)

Gambar 4. Tabung dengan penutup berbentuk piston

Cara menghitung usaha pada gas tinjaulah suatu gas yang berada dalam tabung dengan penutup berbentuk piston yang dapat bergerak bebas, seperti terlihat pada Gambar 4. Ketika gas tersebut dipanaskan, piston akan berpindah sejauh  $\Delta s$  karena gas di dalam tabung memuai dari volume awal  $V_1$  menjadi volume akhir  $V_2$ . Gaya yang bekerja pada piston adalah :

$$F = p A, \quad (12)$$

Jika luas penampang piston ( $A$ ) dan tekanan gas dalam tabung ( $P$ ) berada dalam keadaan konstan, usaha yang dilakukan oleh gas dinyatakan dengan persamaan :

$$W = p A \Delta S, \quad (13)$$

oleh karena  $A \Delta S = \Delta V$ , persamaan usaha yang dilakukan gas dapat ditulis menjadi :

$$W = P \Delta V, \quad (14)$$

atau

$$W = P (V_2 - V_1), \quad (15)$$

keterangan:

$P$  = tekanan gas ( $\text{N/m}^2$ ),

$\Delta V$  = perubahan volume ( $\text{m}^3$ ),

$W$  = usaha yang dilakukan gas (Joule)

Nilai  $W$  dapat berharga positif atau negatif bergantung pada ketentuan berikut:

- a. Jika gas memuai sehingga perubahan volumenya berharga positif, gas (sistem) tersebut dikatakan melakukan usaha yang menyebabkan volumenya bertambah. Dengan demikian, usaha  $W$  sistem berharga positif.
- b. Jika gas dimampatkan atau ditekan sehingga perubahan volumenya berharga negatif, pada gas (sistem) diberikan

usaha yang menyebabkan volume sistem berkurang. Dengan demikian, usaha  $W$  pada tersebut sistem ini bernilai negatif.

### 3) Proses dalam Termodinamika

Terdapat empat proses dalam gas pada bahasan termodinamika. Pada pembahasan, Anda telah mengenal tiga proses, yaitu isothermal, isobarik, dan isokhorik. Proses yang keempat adalah proses adiabatik. Usaha yang terdapat pada gas yang mengalami proses-proses termodinamika tersebut akan diuraikan sebagai berikut:

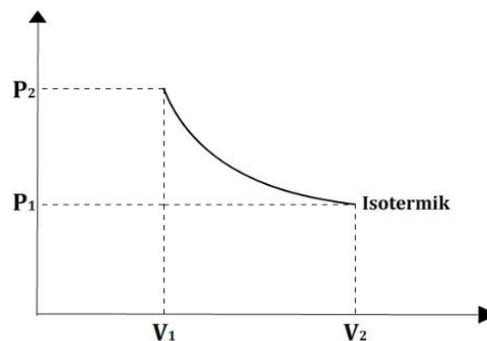
#### a. Proses Isothermal

Proses isothermal adalah suatu proses perubahan keadaan gas pada suhu tetap. Menurut Hukum Boyle, proses isothermal dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P \cdot V = \text{konstanta} , \quad (16)$$

atau

$$P_1 V_1 = P_2 V_2, \quad (17)$$



(Sumber: Fitriani & Khoris)  
Gambar 5. Grafik Proses Isothermal

Dalam proses ini, tekanan dan volume sistem berubah sehingga persamaan  $W = p\Delta V$  tidak dapat langsung digunakan.

Persamaan yang digunakan adalah:

$$W = n R T \ln \frac{V_2}{V_1}, \quad (18)$$

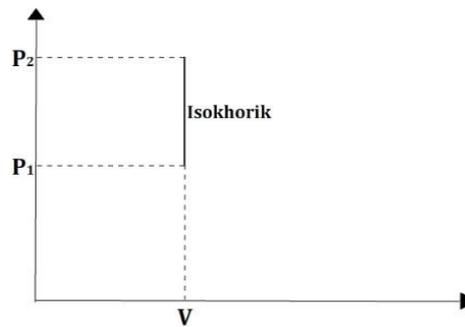
#### b. Proses Isokhorik

Proses isokhorik adalah suatu proses perubahan keadaan gas pada volume tetap. Menurut Hukum Gay-Lussac proses isokhorik pada gas dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P \cdot T = \text{konstanta} , \quad (19)$$

atau

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}, \quad (20)$$



(Sumber: Fitriani & Khoris)

Gambar 6. Grafik proses Isokhorik

oleh karena perubahan volume dalam proses isokhorik  $\Delta V = 0$

maka usahanya  $W = 0$ .

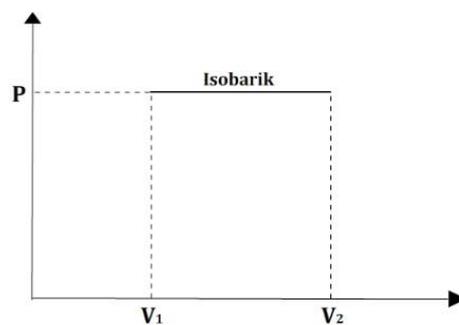
#### c. Proses Isobarik

Proses isobarik adalah suatu proses perubahan keadaan gas pada tekanan tetap. Menurut Hukum Charles, persamaan keadaan gas pada proses isobarik dinyatakan dengan persamaan:

$$V T = \text{konstanta} , \quad (21)$$

atau

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} , \quad (22)$$



(Sumber: Fitriani & Khoris)

Gambar 7. Grafik proses Isobarik

Oleh karena volume sistem berubah, sedangkan tekanannya tetap, usaha yang dilakukan oleh sistem dinyatakan dengan persamaan :

$$W = P (V_2 - V_1) , \quad (23)$$

#### d. Proses Adiabatik

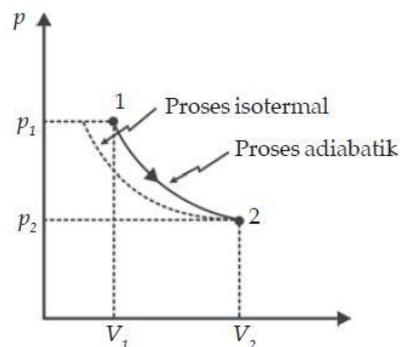
Proses adiabatik adalah suatu proses perubahan keadaan gas di mana tidak ada kalor ( $Q$ ) yang masuk atau keluar dari sistem (gas). Proses ini dapat dilakukan dengan cara mengisolasi sistem menggunakan bahan yang tidak mudah menghantarkan kalor atau disebut juga bahan adiabatik.

Adapun, bahan-bahan yang bersifat mudah menghantarkan kalor disebut bahan diatermik. Proses adiabatik ini mengikuti persamaan Poisson sebagai berikut:

$$P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma, \quad (24)$$

Oleh karena persamaan gas ideal dinyatakan sebagai  $pV = nRT$  maka persamaan dapat ditulis :

$$T_1V_1^{(\gamma-1)} = T_2V_1^{(\gamma-1)}, \quad (25)$$



(Sumber: Fitriani & Khoris)

Gambar 8. Grafik proses Adiabatik

Perhatikan diagram  $p$ - $V$  pada Gambar 8. Dari kurva hubungan  $p$ - $V$  tersebut, Anda dapat mengetahui bahwa: 1) Kurva proses adiabatik lebih curam daripada kurva proses isothermal. 2) Suhu, tekanan, maupun volume pada proses adiabatik tidak tetap. Oleh karena sistem tidak melepaskan atau menerima kalor, pada kalor sistem proses adiabatik  $Q$  sama dengan nol. Dengan demikian, usaha yang dilakukan oleh sistem hanya mengubah energi dalam sistem tersebut. Besarnya usaha pada proses adiabatik tersebut dinyatakan dengan persamaan berikut:

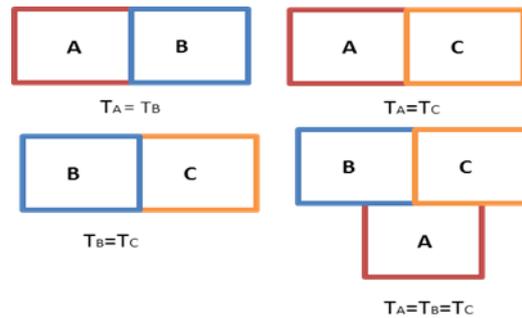
$$W = \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1), \quad (26)$$

c. Hukum ke Nol Termodinamika

*“Jika ada dua benda masing-masing dalam kesetimbangan termal dengan benda ketiga, maka benda-benda tersebut berada dalam kesetimbangan termal dengan satu sama lainnya”.*

Kesetimbangan termal berarti bahwa ketika dua benda terjadi sentuhan dengan satu sama lain dan dipisahkan oleh penghalang yang permeabel terhadap kalor, tidak akan ada transfer kalor dari satu benda ke yang lain. Hukum ke 0 Termodinamika pada dasarnya menyatakan bahwa tiga benda semuanya memiliki suhu yang sama. “Semua kalor dari jenis yang sama” (James Clerk Maxwell,) menyebutkan hukum ini mungkin lebih sederhana. Apa yang paling penting adalah Hukum ke nol Termodinamika menetapkan bahwa suhu adalah properti fundamental dan terukur dari materi.

Untuk lebih memahami tentang isi hukum ke 0 termodinamika, maka bunyi hukum ini dapat ditulis ulang dengan kata-kata yang lebih sederhana yaitu Jika benda A mempunyai temperatur yang sama dengan benda B dan benda B mempunyai temperatur yang sama dengan benda C maka temperatur benda A akan sama dengan temperatur benda C atau disebut ketiga benda (benda A, B dan C) berada dalam kondisi kesetimbangan termal. Kondisi ini dapat digambarkan sebagai berikut:



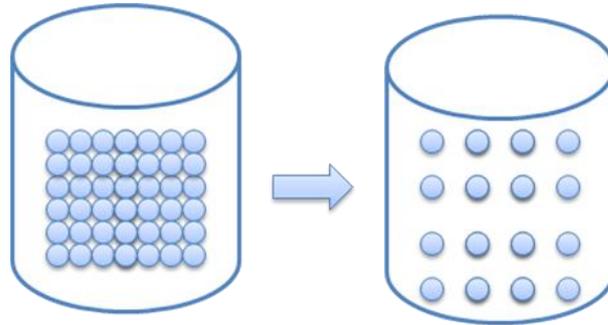
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 9. Ilustrasi Hukum nol Termodinamika

Jika 2 benda yang berbeda temperatur bersentuhan, maka dikatakan ke dua benda itu berada dalam kondisi kontak termal. Permukaan tempat kedua benda bersentuhan disebut permukaan kontak termal. Panas atau dinginnya suatu benda ditentukan oleh banyaknya energi panas (kalor) yang diserap oleh molekul benda. Besarnya derajat panas benda ini disebut temperatur benda atau suhu benda.

Temperatur adalah ukuran energi kinetik yang dimiliki oleh molekul-molekul penyusun suatu benda. Benda-benda di alam tersusun oleh molekul-molekul dan atom-atom. Molekul yang menyusun benda tidak berada dalam keadaan diam, tetapi molekul-molekul ini bergetar atau bergerak secara acak sesuai dengan besarnya energi kinetik yang dimiliki oleh molekul-molekul. Benda dalam bentuk padat, molekul-molekul penyusunnya tidak dapat bergerak bebas, tetapi terikat erat dan kaku antara satu dengan lainnya. Molekul-molekul dalam benda padat hanya dapat bergetar. Ini terjadi karena energi yang dimiliki oleh molekul dalam benda

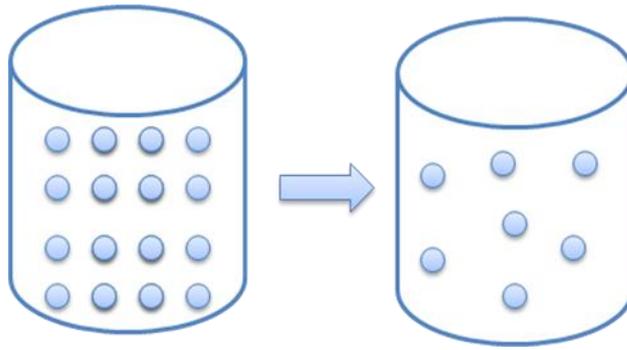
padat relatif kecil sehingga tidak dapat melepaskan diri dari ikatan antar molekul.



(Sumber: Dokumen pribadi)

Gambar 10. Ilustrasi perubahan molekul zat padat ke zat cair

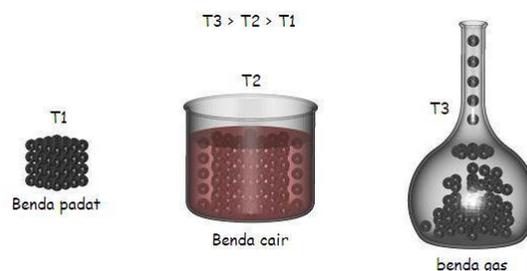
Bila benda padat ini dipanaskan, maka sejumlah energi panas (kalor) akan diserap oleh molekul sehingga molekul dapat bergetar lebih cepat, ini ditunjukkan dengan naiknya derajat panas benda. Panas benda naik karena getaran molekul bertambah besar menyebabkan molekul lebih banyak bertumbukan dan bergesekan. Semakin banyak kalor dari luar yang diserap oleh molekul maka molekul akan semakin memiliki energi untuk bergetar dan bergesekan lebih cepat hingga suatu saat molekul ini tidak lagi saling terikat tetapi bebas bergerak seperti pada gambar 10. Molekul yang bebas bergerak ini masih saling terikat satu dengan lainnya, inilah yang disebut fase cair benda. Kalor yang diberikan kepada benda diserap oleh molekul untuk dapat bergetar lebih cepat sehingga bebas dan dapat bergerak sehingga mengubah fase benda dari benda padat menjadi benda cair.



(Sumber: Dokumen pribadi)

Gambar 11. Ilustrasi perubahan molekul zat cair ke gas

Bila kalor terus diberikan, maka gerak molekul dalam zat cair akan semakin acak, dan tumbukan antar molekul semakin sering terjadi. Kondisi ini bila berlangsung terus, maka suatu saat molekul akan benar-benar bebas dan tidak terikat satu dengan lainnya, seperti pada gambar 11. Kondisi ini disebut zat cair berubah menjadi gas. Pada fase gas, molekul penyusun gas tidak saling terikat satu dengan lainnya dan dapat bergerak bebas. Jadi besar kecilnya temperatur benda ditentukan oleh tingkat energi kinetik yang dimiliki oleh molekul penyusun benda.



(Sumber: Fitriani & Khoris)

Gambar 12. Energi Kinetik Molekul-Molekul Penyusun Benda Menentukan Derajat Panas Benda dan Perubahan Fase Benda

Kalor dapat berpindah dari satu benda ke benda yang lainnya. Kalor berpindah dari benda yang memiliki kalor lebih besar ke benda

yang memiliki kalor lebih kecil. Kalor juga didefinisikan sebagai fluida yang tidak kelihatan. Karena sebagai fluida, maka kalor dapat mengalir. Hal yang menyebabkan kalor mengalir adalah beda temperatur benda. Dalam kehidupan sehari-hari banyak kita jumpai fenomena yang menggambarkan hukum ke 0 termodinamika. Misalnya pada saat kita membuat air hangat untuk mandi. Kita mencampur air panas dengan air dingin. Pada saat air panas dicampur dengan air dingin, maka kalor akan berpindah dari air panas ke air dingin. Proses perpindahan panas ini berlangsung beberapa saat hingga tercapai kesetimbangan termal antara air panas dengan air dingin. Pada saat tercapai kesetimbangan termal antara air panas dengan air dingin, temperatur air panas akan turun sedangkan temperatur air dingin akan naik menuju ke temperatur kesetimbangan termal.

Waktu kita mencelup badan ke dalam air hangat yang sudah mencapai kesetimbangan termal, maka tubuh kita akan merasakan panas air. Hal ini menunjukkan ada sebagian kalor yang berpindah dari air ke tubuh kita. Hal ini terjadi karena tubuh memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran air hangat. Setelah berendam beberapa saat kita tidak akan merasa panas lagi, karena telah tercapai kesetimbangan termal antara tubuh dan air. Waktu kita keluar dari bak mandi setelah berendam dari air panas, maka tubuh akan terasa dingin. Ini terjadi karena temperatur ruangan lebih rendah dibandingkan dengan temperatur tubuh kita akibatnya

sejumlah kalor dari tubuh berpindah ke udara di sekitar kita. Pada saat kalor keluar dari tubuh kita, kita akan merasa lebih dingin.

Hal ini pun sudah dijelaskan dalam Al-Qur'an surah Al-Qashas: 29 yang artinya: *"Maka ketika Musa telah menyelesaikan waktu yang ditentukan itu dan dia berangkat dengan keluarganya, dia melihat api, mudah-mudahan aku dapat membawa suatu berita kepadamu dari (tempat) api itu atau (membawa) sepercik api, agar kamu dapat menghangatkan badan"*. Dalam ayat ini terdapat potongan kalimat yang diucapkan nabi Musa 'mudah-mudahan aku dapat membawa sepercik api, agar kamu dapat menghangatkan badan' dari potongan tersebut disebutkan sepercik api yang dapat menghangatkan badan, dimana pada saat itu nabi Musa dan keluarganya sedang dalam perjalanan menuju ke Madyan dan beliau merasa kedinginan sehingga beliau berusaha menghidupkan api dengan tujuan api tersebut dapat menghangatkan badan. Dari kisah tersebut jika dihubungkan dengan konsep perpindahan kalor yang dapat berpindah dari yang bertemperatur tinggi ke yang bertemperatur lebih rendah.

#### d. Hukum I Termodinamika

Perubahan energi dalam dapat terjadi jika terjadi perubahan suhu (energi dalam akan meningkat jika suhu gas (sistem) meningkat atau pada gas diberikan kalor). Apakah perubahan energi dalam dapat terjadi pada gas yang diberi atau melakukan usaha mekanik. Hubungan antara kalor yang diterima atau dilepaskan suatu sistem,

usaha yang dilakukan pada sistem, serta perubahan energi dalam sistem yang ditimbulkan oleh kalor dan usaha tersebut dijelaskan dalam Hukum Pertama Termodinamika. Hukum Pertama Termodinamika adalah perluasan bentuk dari Hukum Kekekalan Energi dalam mekanika. Hukum ini menyatakan bahwa: "Jumlah kalor pada suatu sistem sama dengan perubahan energi dalam sistem tersebut ditambah usaha yang dilakukan oleh sistem. *"Dengan demikian, meskipun energi kalor sistem telah berubah menjadi energi mekanik (usaha) dan energi dalam, jumlah seluruh energi tersebut selalu tetap"*.

Secara matematis, Hukum Pertama Termodinamika dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta Q = \Delta U + W, \quad (27)$$

dengan:

$Q$  = kalor yang diterima atau dilepaskan oleh sistem,

$\Delta U = U_2 - U_1$  = perubahan energi dalam sistem, dan

$W$  = usaha yang dilakukan sistem.

Perjanjian tanda yang berlaku untuk Persamaan diatas tersebut adalah sebagai berikut.

1. Jika sistem melakukan kerja maka nilai  $W$  berharga positif.
2. Jika sistem menerima kerja maka nilai  $W$  berharga negatif
3. Jika sistem melepas kalor maka nilai  $Q$  berharga negative
4. Jika sistem menerima kalor maka nilai  $Q$  berharga positif

e. Perubahan Energi Dalam

Perubahan energi dalam  $\Delta U$  tidak bergantung pada proses bagaimana keadaan sistem berubah, tetapi hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir sistem tersebut. Anda telah mengetahui bahwa proses-proses dalam termodinamika terbagi atas empat jenis, yaitu isothermal, isokhorik, isobarik, dan adiabatik. Perubahan energi dalam terjadi pada setiap proses tersebut dijelaskan sebagai berikut.

- 1). Proses Isothermal, merupakan suatu proses yang terjadi dalam sistem pada suhu tetap. Besar usaha yang dilakukan sistem proses isothermal ini adalah:

$$W = n R T \ln \frac{V_2}{V_1}, \quad (28)$$

oleh karena ( $\Delta T = 0$ ), menurut Teori Kinetik Gas, energi dalam sistem juga tidak berubah ( $\Delta U = 0$ ) karena perubahan energi dalam bergantung pada perubahan suhu. Gas monoatomik yang dinyatakan dalam persamaan

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T, \quad (29)$$

Dengan demikian, persamaan Hukum Pertama Termodinamika untuk proses isothermal ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q = \Delta U + W = 0 + W, \quad (30)$$

$$Q = W = n R T \ln \frac{V_2}{V_1}, \quad (31)$$

- 2). Proses Isokhorik, Dalam proses isokhorik perubahan yang dialami oleh sistem berada dalam keadaan volume tetap. Anda telah memahami bahwa besar usaha pada proses isokhorik

dituliskan  $W = P.\Delta V = 0$ . Dengan demikian, persamaan Hukum Pertama Termodinamika untuk proses ini dituliskan sebagai:

$$Q = \Delta U + W = 0 + W, \quad (32)$$

$$Q = \Delta U = U_2 - U_1, \quad (33)$$

Dari persamaan sebelumnya menyatakan bahwa kalor yang diberikan pada sistem hanya digunakan untuk mengubah energi dalam sistem tersebut. Jika persamaan energi dalam untuk gas ideal monoatomik disubstitusikan ke dalam Persamaan, didapatkan perumusan Hukum Pertama Termodinamika pada proses isokhorik sebagai berikut:

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T, \quad (34)$$

atau

$$Q = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} n R \Delta T, \quad (35)$$

3). Proses Isobarik, jika gas mengalami proses isobarik, perubahan yang terjadi pada gas berada dalam keadaan tekanan tetap. Usaha yang dilakukan gas dalam proses ini memenuhi persamaan:

$$W = P \Delta V = P (V_2 - V_1), \quad (36)$$

Dengan demikian, persamaan Hukum Pertama Termodinamika untuk proses isobarik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q = \Delta U + W, \quad (37)$$

$$Q = \Delta U + P.(V_2 - V_1), \quad (38)$$

Untuk gas ideal monoatomik, dapat dituliskan sebagai:

$$Q = \frac{3}{2} n R \Delta T + P (V_2 - V_1), \quad (39)$$

- 4). Proses Adiabatik, dalam proses adiabatik telah diketahui bahwa dalam proses ini tidak ada kalor yang keluar atau masuk ke dalam sistem sehingga:

$$\Delta Q = 0, \quad (40)$$

Persamaan Hukum Pertama Termodinamika untuk proses adiabatik ini dapat dituliskan menjadi:

$$Q = \Delta U + W, \quad (41)$$

$$0 = \Delta U + W, \quad (42)$$

atau

$$W = -\Delta U = -(U_2 - U_1), \quad (43)$$

Berdasarkan persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa usaha yang dilakukan oleh sistem akan mengakibatkan terjadinya perubahan energi dalam sistem di mana energi dalam tersebut dapat bertambah atau berkurang dari keadaan awalnya.

Persamaan Hukum Pertama Termodinamika untuk gas ideal monoatomik pada proses adiabatik ini dituliskan sebagai :

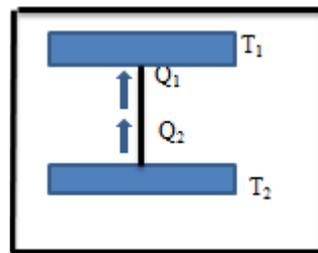
$$W = -\Delta U = -\frac{3}{2} n R (T_2 - T_1), \quad (44)$$

#### f. Hukum II Termodinamika

Hukum II Termodinamika menjelaskan tentang pembatasan perubahan energi yang dapat terjadi dan tidak dapat terjadi. Ada 3 tokoh yang berpendapat tentang Hukum II Termodinamika.

1). Rudolf Clausius

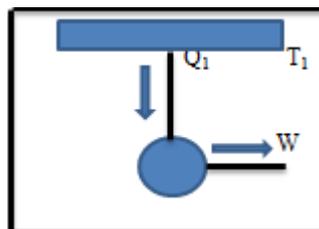
*“Kalor mengalir secara alami dari benda bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah dan tidak mengalir secara alami dalam arah kebalikannya.”*



(Sumber: Fitriani & Khoris)  
Gambar 13. Perpindahan kalor Clausius

2). Kelvin-Planck

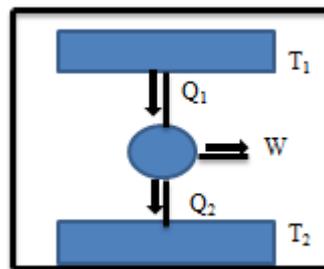
*“Mesin tidak dapat mengubah semua kalor yang telah di serap menjadi usaha”*. Menurut Kelvin-Planck, mesin hanya mengubah sebagian kalor yang tengah diserap menjadi usaha ( $W$ ).



(Sumber: Fitriani & Khoris)  
Gambar 14. Perpindahan kalor Kelvin-Planck

### 3). Carnot

Untuk memudahkan memahami pendapat carnot, harus mengerti apa yang dimaksud adiabat. Adiabat adalah merupakan proses dimana tidak ada kalor masuk atau kalor keluar. “Suatu mesin dapat mengubah semua kalor yang telah diserap menjadi usaha”.



(Sumber: Fitriani & Khoris)  
Gambar 15. Perpindahan kalor Carnot

Mesin Carnot memiliki ciri khas pemanasan dan pendinginan yaitu pengisapan dan pelepasan panasnya berlangsung secara isometris, sedangkan penekanan dan pengembangannya berlangsung secara adiabat (proses yang dapat berbalik). Maksudnya dengan menekankan usaha mekanik  $w$  padanya mesin akan melepas  $Q_1$  dari bagian yang diinginkan serta melepas  $Q_2$  keluar. Usaha ( $W$ ) pada mesin Carnot ialah:

$$W = Q_1 \left[ 1 - \frac{T_2}{T_1} \right], \quad (45)$$

atau

$$W = Q_1 - Q_2, \quad (46)$$

## g. Efisiensi Mesin Carnot

$$\eta = \frac{W}{Q_k} = \frac{Q_k - |Q_c|}{Q_k} \quad (47)$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_k} \quad (48)$$

Keterangan :

$Q_1$  = kalor yang diterima dari suhu tinggi ( $T_1$ )

$Q_2$  = kalor yang dibuang dari suhu rendah ( $T_2$ )

$W$  = usaha yang dilakukan mesin Carnot (J)

$T_1$  = suhu reservoir tinggi (K)

$T_2$  = suhu reservoir rendah (K)

## h. Entropi

Entropi adalah suatu sistem yang telah menuju proses ketidakteraturan. Entropi sama halnya dengan tekanan dan temperatur, yang merupakan salah satu sifat yang dapat di ukur.

Besar perumusan entropi dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}, \quad (49)$$

keterangan:

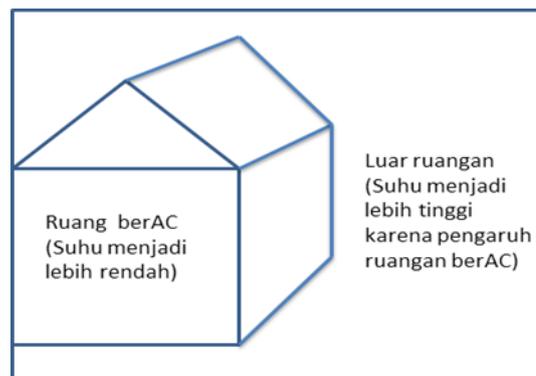
$\Delta S$  = perubahan entropi (J/s)

$Q$  = kalor (J)

$T$  = suhu (K)

Terjadinya proses entropi seperti yang ada dilingkungan sekitar. Yaitu adanya ruang berAC, sebelum memahami hal ini perlu diingat kembali bahwa entropi adalah terjadinya suatu sistem menuju proses ketidaksetimbangan. Ruang yang berAC akan mengalami

sistem entropi. Dimana suhu dalam ruang AC mengalami pendinginan atau penurunan suhu, sedangkan di luar ruang AC akan terpengaruh mesin AC sehingga menuju ke suhu tinggi atau suhu panas. Inilah yang dimaksud terjadinya entropi, atau ketidaksetimbangan antara ruang AC dengan ruang diluar yang terpengaruh panas mesin AC.



(Sumber: Dokumen pribadi)

Gambar 16. Keadaan di dalam dan luar ruangan yang menggunakan AC berdasarkan prinsip entropi

Hukum II Termodinamika dapat dijelaskan dalam konsep entropi. Berikut adalah bunyi Hukum II Termodinamika dalam konsep Entropi: *"Suatu proses yang bermula di dalam satu keadaan kesetimbangan dan berakhir di dalam satu keadaan kesetimbangan lain akan bergerak di dalam arah yang menyebabkan entropi dari sistem dan lingkungannya semakin besar."*

## B. Penelitian yang Relevan

Penelitian-penelitian relevan yang telah dilakukan adalah:

1. Hasil penelitian Titin Nurohmatin (2017) menyebutkan bahwa Modul biologi yang diintegrasikan nilai-nilai keislaman berupa ayat Al-Qur'an akan menambah iman dan taqwa serta menumbuhkan

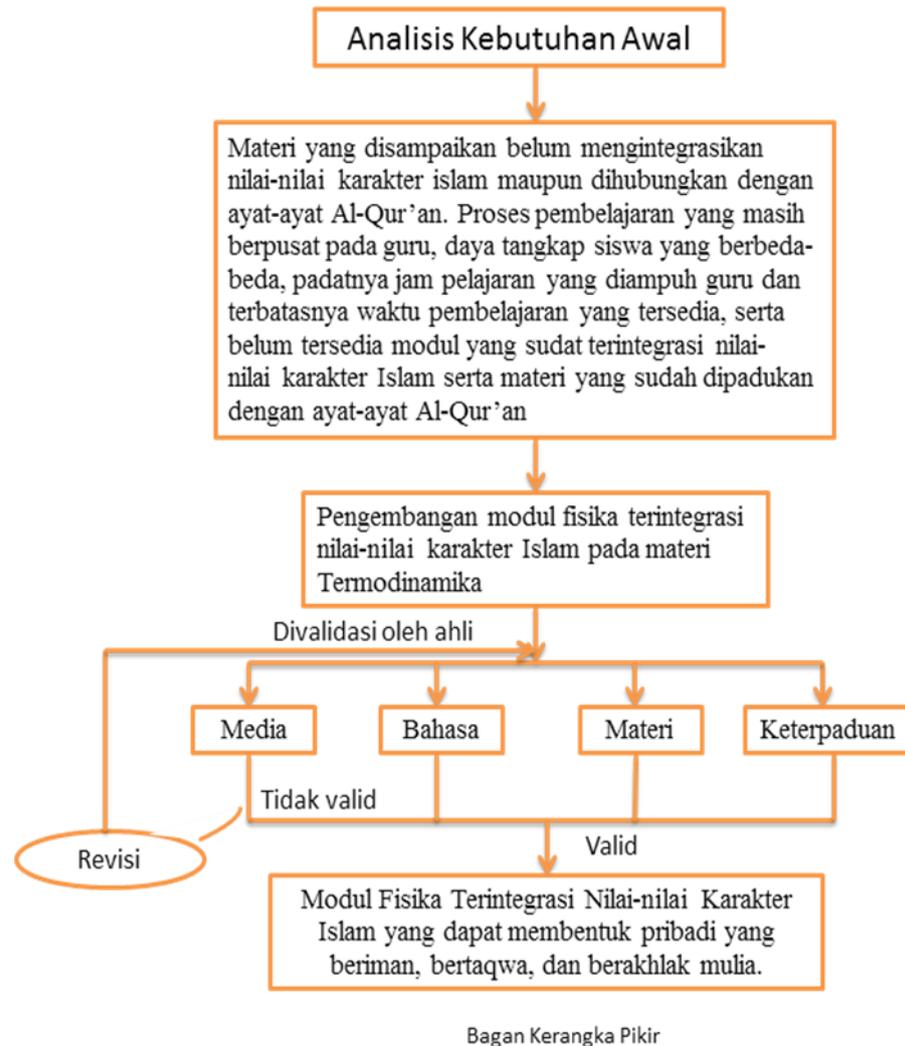
keyakinan bahwa segala ilmu bersumber dari ayat Al-Qur'an, serta dapat digunakan sebagai bahan ajar mandiri, sehingga peserta didik mampu belajar secara mandiri tanpa tergantung kehadiran guru dan mudah untuk digunakan.

2. Hasil penelitian Umi Hanik (2018) menyebutkan bahwa kualitas modul fisika kelas XII SMA/MA berbasis integrasi sains Islam pada materi Listrik Statis, Induksi Elektromagnetik, dan Radiasi Benda Hitam berada dalam kategori sangat baik dan layak digunakan dengan persentase 87,8% untuk materi Listrik Statis, 88% untuk materi Induksi Elektromagnetik, dan 89,7% untuk materi Radiasi Benda Hitam.
3. Hasil penelitian Diah Rizki Nur Kalifa (2018) menyebutkan bahwa Modul pembelajaran Bahasa Indonesia berbasis nilai-nilai karakter di kelas IV SD/MI Tema Pahlawanku yang dikembangkan "Sangat Layak atau Sangat Menarik" untuk dijadikan bahan ajar, penilaian tersebut diperoleh berdasarkan validasi produk oleh ahli materi, ahli desain, dan ahli bahasa. Hasil penilaian pada ahli materi mencapai kriteria "Sangat Layak" dengan presentase yang diperoleh yaitu 86.15%. hasil penilaian pada ahli desain presentase yang diperoleh yaitu 86.67% dengan kriteria interpretasi "Sangat Layak". Hasil penilaian pada ahli bahasa presentase yang diperoleh yaitu 81.78% dengan kriteria interpretasi "Sangat Layak".
4. Hasil penelitian Muhammad Ali (2015) menyebutkan bahwa Modul IPA berbasis karakter islami melalui pendekatan saintifik pada tema

rotasi dan revolusi bumi hasil validasi penyajian menunjukkan kategori sangat baik. Hasil validasi guru pada kelayakan bahasa menunjukkan kategori sangat baik. Hasil validasi *peer review* pada kelayakan bahasa menunjukkan kategori sangat baik. Berdasarkan hasil validasi dosen, guru, dan *peer review* menunjukkan bahwa modul IPA berbasis karakter islami layak digunakan.

5. Hasil penelitian Suci Yuniati (2018) menyebutkan bahwa modul matematika yang terintegrasi nilai-nilai keislaman melalui pendekatan *Realistic Mathematics Education* (RME) yang dikembangkan layak dan praktis untuk digunakan oleh siswa.

### **C. Kerangka Pikir**



(Sumber: Dokumen pribadi)  
Gambar 17. Bagan Kerangka pikir

Berdasarkan analisis kebutuhan yang telah dilakukan melalui wawancara dengan salah seorang guru Fisika di SMA Negeri 16 Palembang, diketahui bahwa pada pembelajaran fisika di sekolah, materi yang disampaikan belum mengintegrasikan nilai-nilai karakter islam dan belum dihubungkan dengan nilai-nilai islam. Pembelajaran masih menitik beratkan penyampaian ilmu fisika yang belum disertai literatur yang berkaitan dengan ayat-ayat Al-Qur'an. Ilmu fisika yang dalam hal ini difokuskan pada materi termodinamika disampaikan baru bersumber pada buku rujukan yang tersedia

di sekolah dimana buku fisika tersebut belum mengintegrasikan nilai-nilai keislaman. Proses pembelajaran masih berpusat pada guru, daya tangkap siswa yang berbeda-beda, padatnya jam pelajaran yang diampuh guru dan terbatasnya waktu pembelajaran yang tersedia, serta belum tersedianya sumber belajar lain seperti modul yang sudah terintegrasi nilai-nilai karakter Islam serta materi yang sudah dipadukan dengan ayat-ayat Al-Qur'an.

Maka diperlukan adanya sumber belajar yang mengintegrasikan nilai-nilai karakter Islam pada ilmu fisika. Sebagai upaya dalam mencapai tujuan pembelajaran yang mengarahkan siswa pada pembentukan pribadi yang beriman, bertaqwa dan berakhlak mulia. Serta dibutuhkan bahan pembelajaran yang dapat menumbuhkan sikap mandiri, dapat digunakan seluruh siswa yang berbeda kemampuan daya tangkapnya, dan dapat dipergunakan siswa meskipun tidak sedang dalam proses belajar mengajar di sekolah. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan modul fisika terintegrasi nilai-nilai karakter Islam yang juga mengaitkan materi fisika dengan ayat-ayat Al-Qur'an.

Pengembangan modul ini berisi tentang materi fisika kelas XI pada materi Termodinamika yang diintegrasikan nilai-nilai karakter Islam pada intruksi kerja dalam kegiatan belajarnya serta dihubungkan dengan ayat Al-Qur'an. Serta memasukan bacaan seperti motivasi maupun manfaat yang didapatkan (dijanjikan) jika menerapkan karakter islam dalam kehidupan berdasarkan Al-Qur'an dan Hadist yang diintegrasikan dalam modul. Harapannya modul yang telah dikembangkan ini mendapat kriteria layak pakai serta dapat digunakan sebagai sumber belajar untuk mencapai tujuan yang telah dirumuskan.