

PENGGUNAAN PARADIGMA GAYA-REAKSI DAN PENDEKATAN ANALOGI UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP GAYA GESEK BAGI MAHASISWA CALON GURU FISIKA (STUDI KASUS PERKULIAHAN FISIKA DASAR I)

Joni Rokhmat

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Mataram

Email: joni.fkip.unram@gmail.com

Abstrak : Hasil studi dalam perkuliahan Fisika Dasar I memperlihatkan bahwa mahasiswa calon guru fisika pada umumnya memiliki konsepsi keliru tentang gaya gesek. Konsepsi keliru tersebut meliputi penentuan syarat terjadinya gaya gesek antara dua benda, jenis gaya gesek (statik atau kinetik), arah gaya gesek, serta nilainya. Melalui pembahasan fenomena orang berjalan dan mobil bergerak dengan penggerak roda depan, dan menggunakan pendekatan paradigma gaya gesek sebagai gaya-reaksi dan pendekatan analogi, serta hukum-hukum Newton tentang gerak terbukti dapat mengubah konsepsi keliru mahasiswa tersebut menjadi konsepsi yang benar. Akhir pembelajaran menggunakan dua pendekatan tersebut terbukti mahasiswa memiliki pemahaman gaya gesek yang lebih sempurna, khususnya berkenaan dengan syarat terjadinya gaya gesek, penentuan jenis, arah, dan nilai gaya gesek.

Kata kunci : Pendekatan paradigma gaya gesek sebagai gaya-reaksi, pendekatan analogi, serta syarat kemunculan, jenis, arah, dan nilai gaya gesek.

Abstract : The Study results in Fundamental Physics I lecturing showed that pre service Students of Physics in general have misconceptions about friction force. The misconceptions include determining of requirements of friction force happening, sort of the friction force (static or kinetic), direction and value of the friction force. Through discussions of the phenomena of a human being walking and a car moving with front wheel activator, and used approaches of a paradigm that friction force as a reactive-force and analogy, also used the Newton's laws about movement it proved that those could change the misconceptions to be true conceptions. The last of lecturing using the two approaches the Students have better understanding of friction force, especially with respect to the requirements of it's happening, determining it's sorts (static or kinetic), direction, and it's value.

Keywords : Approache of a paradigm that friction force as a reactive-force, analogy approache, also requirements of it's happening, determining of sort, direction, and value of the friction force.

1. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu sub-materi dalam pokok materi mekanika dalam fisika, konsep gaya gesek selalu dibahas dalam uraian pembelajaran fisika pada bagian mekanika. Hal ini terjadi pula dalam pembelajaran fisika pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) maupun Perguruan Tinggi. Namun demikian, sepengetahuan penulis, pembahasan konsep gaya gesek dalam buku-buku pada kedua jenjang tersebut secara umum belum mampu memfasilitasi pembelajar untuk memahaminya secara utuh. Fenomena lebih menyedihkan terjadi bahwa pembahasan konsep gaya gesek lebih merupakan suatu ringkasan dari konsep tersebut sehingga semakin menjauhkan pembelajar untuk memahami konsep gaya gesek tersebut. Fenomena ini, diperkuat oleh kenyataan bahwa dalam perkuliahan Fisika Dasar mahasiswa calon guru fisika secara signifikan memperlihatkan konsepsi awal yang jauh dari standar pemahaman konsep gaya gesek.

Gaya gesek merupakan salah satu konsep fisika yang cukup populer di kalangan mahasiswa fisika maupun siswa SMA. Namun demikian hasil analisis kasus dalam proses perkuliahan fisika dasar I memperlihatkan bahwa mahasiswa pada umumnya memiliki konsepsi yang keliru tentang gaya gesek. Konsepsi-konsepsi mahasiswa yang keliru ini antara lain meliputi: (1) paradigma gaya gesek sebagai gaya-reaksi, (2) penentuan persyaratan agar gaya gesek terjadi di antara dua benda, (3) penentuan jenis gaya gesek (statik atau kinetik), dan (4) penentuan arah gaya gesek, dan (5) penentuan nilai gaya gesek.

Sesuai dengan judul, pada bagian pembahasan dari tulisan ini porsi terbesar mengulas penerapan pendekatan gaya-reaksi dalam upaya memfasilitasi pembelajar memahami konsep gaya gesek secara utuh. Penerapan pendekatan ini difokuskan untuk mengatasi konsepsi-konsepsi keliru nomor 2 sampai dengan 5

sebagaimana disebutkan pada alinea di atas meskipun untuk bagian terakhir (nilai gaya gesek) tidak dibahas secara rinci mengingat terbatasnya halaman tulisan ini. Untuk menambah kedalaman pembahasan, dalam ulasan atau pembahasan tersebut akan dikaitkan dengan hukum Newton tentang gerak, baik hukum pertama, kedua, maupun ketiga, serta menggunakan contoh-contoh fenomena fisika yang dijadikan fokus pembahasan dalam perkuliahan Fisika Dasar I. Namun demikian, sebelum mengulas penerapannya, dalam tulisan ini dibahas lebih dulu pengertian paradigma gaya-reaksi.

2. PEMBAHASAN

Pengertian Paradigma Gaya-Reaksi

Penulis tertarik mengawali pembahasan pengertian paradigma ini dengan menggali makna kata "reaksi". Hampir dalam setiap pembelajaran, dan dalam pembahasan setiap konsep fisika, penulis selalu menggunakan pendekatan konsep reaksi. Sepanjang pengetahuan penulis, hampir seluruh peristiwa yang terjadi di lingkungan sekitar yang mengarah pada diri kita merupakan peristiwa reaksi dari sebuah atau beberapa aksi yang kita lakukan terhadap lingkungan sekitar tersebut. Fenomena sejalan dengan Hukum III Newton bahwa ketika ada gaya aksi yang dikerjakan suatu benda pada benda lain maka benda kedua ini akan memberikan gaya-reaksi pada benda pertama [1, 2, 3].

Apabila saat kita memberi kuliah atau mengajar terdapat benda-benda, seperti bangku, meja, papan tulis, dinding ruangan, atau sebagian atau seluruh mahasiswa atau siswa yang dirasakan menjadikan kita tidak nyaman berada di ruang kuliah atau kelas, sesungguhnya peristiwa tersebut merupakan reaksi dari apa yang telah kita lakukan di kelas. Jadi pada dasarnya kita dapat menciptakan kondisi ruang kuliah atau kelas menjadi tempat yang menyenangkan dengan melakukan kegiatan-kegiatan yang menyenangkan bagi mahasiswa, siswa, bahkan bagi benda-benda di sekitar kita yang berkategori benda mati

Berdasar uraian di atas, paradigma gaya-reaksi dapat dijelaskan sebagai berikut: Secara umum gaya yang dapat diartikan sebagai suatu dorongan atau tarikan dapat dibagi kedalam dua kelompok, yaitu kelompok gaya aksi dan gaya-reaksi. Gaya aksi dapat diartikan sebagai suatu gaya yang kemunculannya tanpa didahului adanya gaya lain. Dalam pengertian hubungan sebab-akibat (kausalitas), kelompok gaya ini dapat dikategorikan sebagai gaya-gaya muncul "pertama" atau dalam hubungan kausalitas gaya ini merupakan *cause* atau penyebab yang memungkinkan munculnya *effect* atau akibat. Sementara itu, gaya-reaksi dikategorikan kelompok gaya yang kemunculannya didahului oleh kelompok gaya pertama. Dalam hubungan kausalitas, kelompok gaya ini termasuk *effect* atau akibat dari sebuah atau sejumlah *cause* atau penyebab. Pada dasarnya, dalam konteks gaya gesek hubungan kelompok gaya aksi dan gaya-reaksi ini dapat pula diadopsi dari pengertian pasangan gaya aksi-reaksi.

Penulis mendefinisikan pasangan gaya aksi-reaksi sebagai dua gaya yang masing-masing dihasilkan oleh subjek-1 dan subjek-2 sedemikian rupa sehingga gaya oleh subjek-1 bekerja pada subjek-2 dan secara langsung

gaya ini mengakibatkan munculnya gaya oleh subjek-2 yang bekerja pada subjek-1 atau sebaliknya. Bandingkan peristiwa di atas dengan peristiwa berikut: Subjek-1 dan subjek-2 keduanya memberi gaya pada subjek-3 dan kedua gaya ini sama besar tetapi berlawanan arah maka gaya-gaya yang diberikan oleh subjek-1 dan subjek-2 bukan pasangan gaya aksi-reaksi.

Pengertian Pendekatan Analogi

James Clerk Maxwell dalam [4]sedara eksplisit menyatakan bahwa analogi-analogi sangat diperlukan dalam pembahasan ilmu-ilmu fisika. Sementara itu, Podolefsky [4] menyebutkan beberapa contoh pasangan analogi esensial dalam fisika, seperti hukum Coulomb dengan hukum gravitasi, medan listrik dengan medan suhu, energi yang tersimpan dalam kapasitor dengan yang tersimpan dalam pegas, aliran arus listrik dengan aliran air dalam pipa, dan sebagainya. Artinya, untuk memudahkan pembahasan suatu konsep dapat dilakukan dengan menganalogikan konsep itu dengan konsep lain yang sudah dikenal atau dipahami lebih baik atau dengan konsep lain yang lebih kongkrit[1, 2, 3].

Dalam tulisan ini penulis mengartikan pendekatan analogi untuk pembelajaran fisika sebagai penggunaan objek atau cara lain yang dipandang lebih dikenal dan lebih mudah dipahami dalam menjelaskan suatu masalah. Pembahasan dalam tulisan ini gaya aksi yang diberikan kaki orang (Gambar 2) atau roda mobil (Gambar 3) pada permukaan jalan yang semula sangat sulit atau bahkan tidak mungkin dideteksi secara visual dianalogikan dengan gaya aksi kaki orang atau roda mobil di atas terhadap hamparan pasir yang cukup tebal. Dengan penganalogian ini, gaya aksi kaki atau roda di atas dapatdideteksi dari pergerakan butiran-butiran pasir yang bergerak atau terlempar. Dengan mengetahui arah gaya aksi yang diberikan oleh kaki orang yang berjalan atau yang diberikan roda mobil yang bergerak terhadap permukaan jalan maka kita dengan mudah dapat menentukan arah gaya reaksi yang diberikan permukaan jalan terhadap kaki orang atau roda mobil tersebut, yaitu pada arah yang berlawanan dengan arah gaya aksinya.

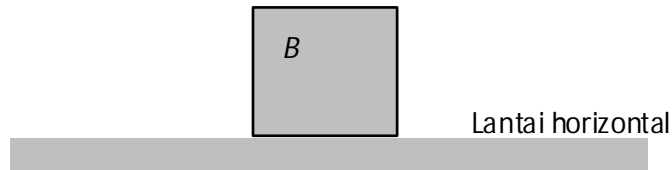
Penentuan Persyaratan agar Gaya Gesek Terjadi di antara Dua Benda

Dalam suatu proses perkuliahan Fisika Dasar I, penulis kepada 28 mahasiswa tahun pertama yang mengikuti perkuliahan tersebut menanyakan kapan gaya gesek antara dua benda dapat terjadi. Seluruh mahasiswa terhadap pertanyaan tersebut menyatakan bahwa gaya gesek antara dua benda terjadi apabila dua benda tersebut bersentuhan dan keduanya berpermukaan kasar. Terhadap jawaban tersebut, penulis tidak memberi komentar kecuali membuat catatan di papan tulis bahwa seluruh mahasiswa setuju ketika dua benda berpermukaan kasar saling bersentuhan terjadi gaya gesek di antara kedua benda tersebut. Selanjutnya penulis memperlihatkan fenomena seperti pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan sebuah balok *B* bermassa *M* diletakkan di atas lantai horizontal dan diketahui bahwa permukaan balok dan lantai adalah kasar. Dengan mengamati Gambar 1 ini, kepada mahasiswa

penulis mengajukan pertanyaan berikut: “Apakah antara permukaan bawah balok B dan permukaan lantai terjadi gaya gesek?”. Dengan mendasarkan pada konsepsi awal mereka, seluruh mahasiswa menjawab “ya”. Saat itu, penulis tidak membenarkan atau menyalahkan jawaban mahasiswa tetapi mengajukan pertanyaan lanjutan berikut: “Kemanakah arah gaya gesek tersebut? Terhadap pertanyaan terakhir ini ada seorang mahasiswa yang menjawab bahwa gaya gesek berarah ke kiri. Kemudian penulis meminta konfirmasi mahasiswa lainnya terhadap jawaban tersebut. Ada sekitar delapan mahasiswa setuju dengan jawaban temannya tetapi yang lainnya tetap diam. Terakhir, sebelum menuntaskan pembahasan ini, penulis mengajukan pertanyaan lanjutan yaitu “Mengapa arah gaya gesek tersebut tidak ke kanan, ke belakang (tegak lurus menembus bidang gambar), ke depan (tegak lurus keluar dari bidang gambar), atau ke arah lainnya?”

permukaan bawah balok itu mendorong (memberi gaya aksi) permukaan lantai ke kanan. Selanjutnya, permukaan lantai bereaksi mendorong (memberi gaya-reaksi) permukaan bawah balok itu ke kiri. Kedua gaya ini memenuhi kriteria pasangan gaya aksi-reaksi dan sesuai hukum III Newton nilai kedua gaya ini sama tetapi arahnya berlawanan, yaitu gaya aksi dorongan permukaan bawah balok ke kanan dan gaya-reaksi dorongan permukaan lantai ke kiri [1, 2, 3].

Hasil pembahasan Gambar 1 dalam perkuliahan tersebut meyakinkan mahasiswa tentang dua hal, pertama bahwa gaya gesek pada hakekatnya merupakan gaya-reaksi dan kedua bahwa agar pada dua permukaan benda terjadi gaya gesek ada tiga syarat, yaitu: (1) kedua benda bersentuhan, (2) kedua permukaan benda kasar, dan (3) ada upaya saling bergeser antara dua permukaan tersebut sehingga kedua permukaan itu tetap saling berdiam atau



Gambar 1 Balok B berada di atas lantai horizontal, permukaan balok B dan lantai kasar.

Fase berikutnya, mahasiswa merasa bingung untuk memutuskan bagaimana arah yang seharusnya. Penulis memberi jeda waktu kepada mahasiswa untuk memikirkan fenomena tersebut. Beberapa saat kemudian penulis meminta mahasiswa untuk mengaitkan kondisi sistem balok-lantai itu dengan hukum Newton tentang gerak. Fakta menunjukkan bahwa balok B berdiam di atas lantai. Penulis mengingatkan kembali bahwa berdasarkan hukum I Newton, ketika suatu benda mengalami resultan gaya nol maka benda itu akan tetap berdiam atau ber-Gerak Lurus Beraturan (ber-GLB). Fenomena ini juga sejalan dengan hukum II Newton jika balok B mengalami resultan gaya nol maka balok itu tidak mengalami percepatan yang berarti kecepatannya tidak berubah dengan kata lain jika semula berdiam akan tetap berdiam dan jika semula bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan. Jika ungkapan itu dibalik, maka balok B yang sedang berdiam harus mengalami resultan gaya nol [1, 2, 3].

Akhirnya seluruh mahasiswa sepakat bahwa jawaban arah gaya gesek itu salah bahkan gaya gesek itu sendiri tidak ada atau balok B saat itu tidak mengalami gaya gesek. Alasannya, jika ada gaya gesek yang bekerja pada balok B sementara itu tidak ada gaya lain yang bekerja secara horizontal pada balok tersebut berarti balok B memiliki resultan gaya horizontal sama dengan gaya gesek tersebut sehingga balok yang semula diam akan bergerak searah gaya gesek itu dan hal ini jelas mustahil. Namun demikian, muncul pertanyaan lain: “Bagaimana mungkin dua benda dengan permukaan kasar saling bersentuhan tidak mengalami gaya gesek?” Pada kesempatan ini, penulis meyakinkan kepada mahasiswa bahwa gaya gesek pada hakekatnya merupakan gaya-reaksi yang keberadaannya bergantung ada dan tidaknya gaya aksi. Jika balok pada Gambar 1 didorong ke kanan maka saat itu

saling bergerak. Dalam fenomena Gambar 1, tarikan gravitasi bumi menyebabkan balok B menyentuh permukaan lantai dan ketika balok B didorong ke kanan berarti permukaan bawah balok itu berupaya bergeser kekanan di atas permukaan lantai. Perlu dicatat pengertian bersentuhan, bahwa dua benda dikatakan bersentuhan apabila ada komponen normal gaya dari satu permukaan yang menekan (gaya aksi) permukaan kedua sehingga pada permukaan kedua ini terjadi gaya normal yang menahan permukaan pertama sebagai gaya-reaksi terhadap gaya tekan tersebut.

Penentuan Jenis Gaya Gesek (Statik atau Kinetik)

Pada Gambar 1 penulis ketika ada dorongan ke kanan pada balok B seluruh mahasiswa akhirnya sepakan terjadi gaya gesek antara balok itu dengan lantai. Selanjutnya, penulis berusaha menanamkan pemahaman konsep jenis gaya geseknya. Untuk menambah kedalaman pemahaman jenis gaya gesek ini, selain fenomena balok B di atas, penulis menghadapkan fenomena lainnya kepada mahasiswa. fenomena-fenomena itu seperti gaya gesek antara telapak kaki dan permukaan jalan pada peristiwa orang berjalan kaki, gaya gesek antara permukaan roda dengan jalan pada mobil yang sedang bergerak. Pada Gambar 1, ketika balok B didorong ke elative dua kemungkinan keadaan gerak balok itu, pertama balok tetap berdiam dan kedua balok bergerak ke kanan. Pada kedua keadaan ini mahasiswa memiliki konsepsi benar yaitu bahwa pada keadaan pertama balok mengalami gaya gesek statik ke kiri sedangkan ketika bergerak ke kanan balok itu mengalami gaya gesek kinetik ke kiri. Untuk sementara, penulis berasumsi bahwa mahasiswa telah memahami konsep jenis gaya gesek. Untuk menguji sejauhmana

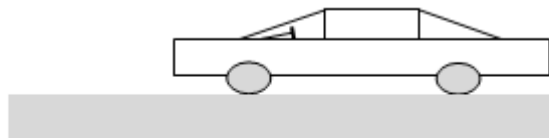
kealaman pemahamannya, penulis menghadirkan dua fenomena lainnya (Gambar 2 dan Gambar 3).

Fenomena pertama (Gambar 2), seseorang sedang berjalan kaki ke kanan. Selanjutnya, penulis meminta mahasiswa menentukan jenis gaya gesek yang dialami orang tersebut. Hampir seluruhnya (sekitar 20 mahasiswa) menyatakan bahwa orang tersebut menalami gaya gesek kinetik sedangkan sisanya tidak merespon. Ketika penulis menanyakan alasannya, mereka membuat argumentasi yang sangat sederhana, yaitu karena orang tersebut bergerak. Para mahasiswa memiliki konsepsi bahwa fenomena ini sama dengan peristiwa balok *B* ketika didorong dan bergerak ke kanan. Tidak ada satupun mahasiswa yang menyatakan bahwa gaya gesek yang dialami orang itu adalah berjenis kinetik. Dari fenomena ini, penulis menyimpulkan bahwa mahasiswa tidak memahami pengertian bergerak pada kasus gaya gesek. Mereka melihat gerak benda berfokus pada benda itu secara keseluruhan bukan pada bagian dari benda itu yang bersentuhan dengan benda lain.

(1) Gaya gesek antara balok *B* dan lantai. Ketika balok *B* bergerak, bagian permukaan bawah balok mengalami pergeseran terhadap permukaan lantai. Pada peristiwa itu, setiap bagian lantai yang dilalui balok pernah bersentuhan dengan permukaan bawah balok. Pada peristiwa ini, penulis menamakan permukaan bawah balok *B* bergerer terhadap permukaan lantai sehingga jenis gaya gesek yang terjadi sebagai hasil interaksi permukaan balok dan lantai adalah kinetik. (2) Gaya gesek atara kaki (permukaan bawah alas kaki) orang dengan permukaan jalan. Ketika orang itu berjalan, tidak semua permukaan jalan yang dilalui orang itu bersentuhan dengan kaki orang tersebut. Hal ini dikarenakan ketika orang itu berjalan, satu kaki orang itu bersentuhan dengan permukaan tertentu dari jalan kemudian kaki itu diangkat dan diinjakkan pada permukaan jalan lainnya sehingga bersentuhan tetapi ada permukaan jalan lain yang tidak bersentuhan dengan kaki orang tersebut. Jadi pada fenomena ini, kaki orang tersebut bersentuhan dengan permukaan jalan, sentuhan dilepas, kemudian bersentuhan lagi dengan permukaan jalan



Gambar 2 Seseorang berjalan normal ke kanan di atas lantai horizontal (Gambar diambil dari menu *Clip Art* pada laptop pribadi).



Gambar 3 Fenomena mobil dengan penggerak roda depan, bergerak ke kiri, dan pedal gas ditekan secara konstan.

Pengertian gerak berkenaan dengan jenis gaya gesek kinetik pada dasarnya berkaitan dengan syarat ketiga terjadinya gaya gesek antara dua permukaan, yaitu ada upaya saling bergeser antara dua permukaan tersebut sehingga kedua permukaan itu tetap saling berdiam atau saling bergerak. Apabila kedua permukaan yang bersentuhan saling berdiam maka gaya gesek yang muncul bersifat statik tetapi apabila kedua permukaan itu saling bergeser maka gaya gesek yang muncul bersifat kinetik. Berdasarkan penjelasan ini, jenis gaya gesek pada Gambar 1 adalah statik ketika balok berdiam dan kinetik ketika balok itu bergerak ke kanan. Namun demikian, fenomena pada Gambar 2 jenis gaya gesek yang terjadi antara kaki orang itu dengan permukaan jalan adalah statik.

Perbedaan jenis gaya gesek pada balok *B* yang bergerak dan orang yang berjalan sebagaimana disebutkan pada alinea di atas adalah dapat dijelaskan sebagai berikut:

lainnya, dan demikian seterusnya atau penulis menamakan peristiwa ini kaki orang tersebut pada dasarnya saat bersentuhan dengan permukaan jalan keduanya saling berdiam dan dengan sendirinya tidak saling bergerak. Dengan demikian, gaya gesek yang terjadi antara kaki orang itu dengan permukaan jalan bersifat statik.

Gambar 3 memperlihatkan sebuah mobil yang sedang bergerak ke kiri dengan penggerak roda depan dan pedal gas ditekan secara konstan, serta selama itu diasumsikan bahwa perputaran mesin belum mencapai maksimum. Berkenaan dengan fenomena tersebut penulis meminta mahasiswa (pada kelas berbeda berjumlah 22 mahasiswa) untuk menentukan jenis dan arah gaya gesek yang dialami roda depan dan belakang sebagai hasil interaksinya dengan permukaan jalan.

Salah seorang mahasiswa mengemukakan konsepsi awal bahwa jenis gaya gesek yang dialami

permukaan roda mobil (bagian depan dan belakang) adalah gaya gesek kinetik. Saat penulis meminta konfirmasi kepada mahasiswa lainnya, seluruh mahasiswa menyatakan setuju dengan konsepsi tersebut. Hampir sama dengan fenomena Gambar 2, ternyata konsepsi gaya gesek kinetik semata-mata didasarkan pada fakta bahwa mobil itu sedang bergerak.

Selanjutnya penulis meminta mahasiswa untuk menganalisis secara lebih mendalam terhadap bagaimana sesungguhnya interaksi permukaan mobil itu dengan permukaan jalan. Sebagai pembanding, penulis menggunakan penghapus dan meja, memperagakan dua peristiwa pergerakan permukaan penghapus terhadap permukaan meja dengan penganalogian penghapus sebagai roda mobil dan meja sebagai jalan. Peristiwa pertama, penghapus digulingkan secara perlahan di atas meja sedangkan peristiwa kedua penghapus digulingkan sambil digeser di atas meja. Kemudian, terhadap kedua peristiwa itu penulis kembali menanyakan jenis gaya gesek yang dialami permukaan penghapus (permukaan roda mobil).

Untuk menentukan jenis gaya gesek apa pada kedua peristiwa di atas, mahasiswa sekarang tampak lebih berhati-hati. Mereka mulai dapat melihat bahwa pada dua peristiwa itu cara permukaan penghapus berinteraksi dengan permukaan meja adalah berbeda. Selanjutnya dengan membandingkan peristiwa ini dengan penjelasan pada Gambar 2, yaitu pada peristiwa pertama permukaan penghapus dan meja terjadi kontak statik karena tidak ada pergeseran satu dengan lainnya melainkan bersentuhan kemudian lepas. Sementara, pada peristiwa kedua ada kontak kinetik karena ada pergeseran antara permukaan penghapus dengan permukaan meja. Dengan analisis ini, mahasiswa sepakat bahwa pada peristiwa pertama permukaan penghapus mengalami gaya gesek statik tetapi pada peristiwa kedua permukaan itu mengalami gaya gesek kinetik. Dengan kata lain gaya gesek statik dihasilkan dari interaksi statik sedangkan gaya gesek kinetik dihasilkan dari interaksi kinetik.

Akhirnya menggunakan analogi peristiwa penghapus dan meja mahasiswa dapat meyakini bahwa jika mobil pada Gambar 3 berjalan tanpa selip (interaksi statik) maka seluruh permukaan roda mobil mengalami gaya gesek statik dan jika mobil itu mengalami selip (interaksi kinetik) maka permukaan roda mobil itu mengalami gaya gesek kinetik.

Penentuan Arah dan Nilai Gaya Gesek

Pada Gambar 1, ketika balok *B* di dorong ke kanan mahasiswa sepakat bahwa balok itu mengalami gaya gesek berarah ke kiri. Terhadap kesepakatan mahasiswa tersebut penulis berasumsi bahwa mahasiswa sudah memahami cara menentukan arah gaya gesek tersebut. Namun demikian, ketika diminta menentukan arah gaya gesek yang dialami orang yang sedang berjalan (Gambar 2), semua mahasiswa menyatakan bahwa gaya gesek itu berarah ke kiri. Berdasarkan dua fakta di atas penulis berkeyakinan bahwa mahasiswa belum mengetahui cara menentukan arah gaya gesek. Hal ini, terutama ditunjukkan mahasiswa ketika menentukan arah gaya gesek pada Gambar 2. Jika benar

bahwa orang itu mengalami gaya gesek ke kiri, sementara tidak ada gaya horizontal lain yang bekerja pada orang tersebut maka orang itu mengalami resultan gaya horizontal ke kiri. Jika dikaitkan dengan hukum II Newton, jelas hal ini tidak mungkin karena jika arah gaya itu benar seharusnya orang itu akan mengalami percepatan ke kiri sehingga gerakannya juga ke kiri tetapi faktanya orang itu bergerak (berjalan) ke kanan [1, 2, 3].

Menggunakan paradigma bahwa gaya gesek adalah gaya-reaksi fenomena pada Gambar 2 dapat dengan mudah dijelaskan. Ketika orang tersebut berjalan ke kanan, interaksi kaki (permukaan bawah alas kaki) dengan jalan adalah sebagai berikut: (1) Saat akan berjalan ke kanan, kaki orang itu mendorong (menekan) permukaan jalan ke kiri; Selanjutnya (2) Permukaan jalan memberi gaya reaksi mendorong kaki orang itu ke kanan. Gaya-reaksi permukaan jalan terhadap kaki orang itu yang dikenal sebagai gaya gesek yang dialami kaki, yaitu gaya hasil interaksi permukaan kaki dan permukaan jalan. Jadi jelas bahwa pada Gambar 2, orang yang berjalan ke kanan itu mengalami gaya gesek yang juga ke kanan bukan ke kiri. Berkaitan dengan Gambar 3, seluruh mahasiswa memiliki konsepsi awal bahwa gaya gesek yang dialami roda mobil adalah ke kanan, baik pada roda depan maupun belakang. Konsepsi ini jelas bertentangan dengan hukum Newton tentang gerak. Konsekuensi konsepsi ini mobil mengalami resultan gaya horizontal berarah ke kanan sehingga gerak mobil akan melambat. Jika mobil itu bergerak ke kiri dengan kecepatan konstan atau dipercepat maka mobil harus berresultan gaya horizontal nol (untuk kecepatan konstan) atau tidak nol berarah ke kiri (untuk gerak dipercepat ke kiri) [1, 2, 3]. Penulis kembali meminta mahasiswa menganalisis arah gaya gesek tersebut dengan pendekatan paradigma gaya-reaksi. Melalui proses pembahasan, penulis meyakinkan mahasiswa bahwa gaya eksternal yang dialami mobil hanya gaya gesek pada roda sebagai interaksinya dengan jalan. Jika diyakini pada roda ada gaya gesek yang berarah ke kanan maka harus pula ada yang berarah ke kiri supaya memungkinkan resultan gaya eksternal nol atau tidak nol dan berarah ke kiri. Pertanyaan berikutnya, pada roda bagian depan atau belakangkah yang memungkinkan roda mengalami gaya gesek ke kiri?

Deskripsi di atas memperlihatkan bahwa konsepsi awal mahasiswa ada yang salah. Untuk itu, penulis mencoba memperbaiki konsepsi tersebut dengan menggunakan paradigma gaya gesek sebagai gaya-reaksi dan pendekatan analogi. Agar dapat menentukan gaya-reaksi harus didahului menganalisis gaya aksi, yaitu gaya yang diberikan roda mobil pada jalan. Untuk memudahkan analisis gaya aksi dan reaksinya, kita pisahkan pembahasan pada roda depan dan belakang karena kedua roda ini memiliki kondisi berbeda, yaitu roda depan terhubung dengan mesin penggerak sedangkan roda belakang tidak terhubung dengan mesin itu.

Gaya aksi dan reaksi pada roda belakang. Pada dasarnya pergerakan roda belakang ini mengikuti tarikan as rodanya. Ketika mobil ke kiri berarti as (poros) roda belakang menarik roda itu ke kiri. Jika permukaan jalan diganti dengan hamparan pasir yang cukup tebal, ketika

mobil bergerak ke kiri butiran pasir di depan roda itu akan terdorong ke kiri. Apa artinya? Hal ini memperlihatkan bahwa sesungguhnya permukaan roda itu mendorong pasir ke kiri atau penulis menamakan ini sebagai gaya aksi oleh roda belakang pada permukaan jalan. Sesuai dengan hukum III Newton, permukaan jalan memberikan gaya-reaksi pada roda itu ke kanan [1, 2, 3]. Jadi dapat diterima bahwa ketika mobil bergerak ke kiri, roda belakang mobil mengalami gaya gesek ke kanan.

Gaya aksi dan reaksi pada roda depan. Berbeda dengan roda belakang, roda depan mobil bersifat sebagai penyebab bergeraknya mobil itu. Jika dikaitkan dengan as (poros) rodanya, bukan as yang menarik roda tetapi roda depan itu yang menarik as. Jika permukaan jalan diganti dengan hamparan pasir yang cukup tebal, ketika pedal gas ditekan sehingga mobil bergerak ke kiri, terdapat butiran-butiran pasir yang terdorong atau bahkan terlempar ke kanan. Hal ini menunjukkan bahwa sesungguhnya roda depan ini mendorong pasir ke kanan, penulis menamakan roda depan memberi gaya aksi ke kanan pada jalan. Sesuai dengan hukum III Newton, permukaan jalan (pasir) memberi gaya reaksi pada roda depan ke kiri dan gaya ini merupakan gaya gesek hasil interaksi permukaan roda dengan permukaan jalan [1, 2, 3]. Jadi uraian ini mengisyaratkan bahwa roda depan mobil mengalami gaya gesek ke kiri ketika mobil itu bergerak ke kiri dengan kondisi pedal gas ditekan.

Hal berbeda pada roda depan apabila pedal gas mobil tidak ditekan. Pada kondisi ini, situasi roda depan sama seperti roda belakang, yaitu roda ditarik as mobil. Jadi pada situasi ini, pedal gas mobil tidak ditekan dan mobil sedang berjalan ke kiri, roda depan dan belakang mengalami gaya gesek ke kanan. Akhirnya, dari semua penjelasan di atas dapat dimengerti mengapa roda mobil berkemungkinan mengalami resultan gaya nol, ke kiri, atau ke kanan. Ketika mobil bergerak dengan kecepatan konstan ke kiri, mobil itu memiliki resultan gaya eksternal nol, yaitu gaya gesek ke kanan pada roda belakang sama besar dengan gaya gesek ke kiri pada roda depan. Ketika mobil bergerak dipercepat ke kiri, mobil memiliki resultan gaya eksternal ke kiri, yaitu gaya gesek ke kanan pada roda belakang lebih kecil dari gaya gesek ke kiri pada roda depan. Sebaliknya, ketika pedal gas mobil tidak ditekan, mobil yang sedang berjalan ke kiri akan semakin lambat. Saat ini mobil memiliki resultan gaya eksternal ke kanan, yaitu gaya gesek pada roda depan maupun belakang berarah ke kanan.

Dengan pendekatan paradigma gaya gesek sebagai gaya-reaksi dan pendekatan analogi akhirnya seluruh mahasiswa sepakat bahwa pada fenomena Gambar 2, orang yang sedang berjalan ke kanan secara normal mengalami gaya gesek statik ke kanan bukan gaya gesek kinetik ke kiri seperti konsepsi awal mereka. Selanjutnya, pada fenomena Gambar 3, seluruh mahasiswa sepakat bahwa selama mobil tidak mengalami selip, seluruh roda mengalami gaya gesek statik. Selain itu, mereka juga setuju bahwa selama mobil bergerak ke kiri, roda belakang selalu mengalami gaya gesek berarah ke kanan (ke belakang) tetapi roda depan yang dihubungkan dengan mesin mengalami gaya gesek yang arahnya dapat ke kanan (ke

belakang) atau ke kiri (ke depan). Gaya gesek yang dialaminya berarah ke kanan ketika pedal gas mobil tidak ditekan tetapi ketika pedal itu ditekan gaya gesek tersebut berarah ke kiri.

3. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Konsep gaya gesek merupakan konsep mendasar dalam fisika yang perlu dikuasai pembelajar secara utuh untuk mendukung pembahasan konsep fisika lebih lanjut. Namun demikian, secara umum para pendidik belum mampu membelajarkan peserta didik sehingga pembelajar mampu mencapai penguasaan gaya gesek secara utuh tersebut. Strategi pembahasan menggunakan pendekatan paradigma gesek sebagai gaya-reaksi dan pendekatan analogi dalam proses pembelajaran terbukti mampu memfasilitasi pembelajar memahami konsep gaya gesek secara utuh. Pemahaman tersebut meliputi tiga syarat yang harus dipenuhi agar gaya gesek terjadi, penentuan jenis gaya gesek (statik atau kinetik), dan dalam menentukan arah, serta nilai dari gaya gesek tersebut.

Saran

Melalui tulisan ini, disarankan para pendidik dalam bidang studi fisika mampu menjadikan pendekatan paradigma gaya gesek sebagai gaya-reaksi dan pendekatan analogi sebagai salah satu strategi dalam pembelajaran fisika, khususnya pada pembahasan gaya gesek. Dalam pembelajaran fisika, umumnya konsep gaya gesek memiliki porsi pembahasan yang elative singkat, karenanya penulis menghimbau kepada para guru dan dosen agar menyediakan ruang yang cukup untuk pembahasan gaya gesek sehingga dimungkinkan pembelajar dapat menguasai konsepnya secara lebih sempurna.

Daftar Referensi

- [1] Halliday, D. & Resnick, R. (1978). *Physics part 1 & 2*, Third Edition. Canada: John Wiley & Sons. Inc.
- [2] Tipler, P. A. & Mosca, G. (2008). *Physics for Scientists and Engineers, Sixth edition*. New York: W H Freeman and Company.
- [3] Gordon, J. R., McGrew, R. V., & Serway, R. A. (2010). *Physics for Scientists and Engineers, eighth edition volume 1*. USA: Cengage Learning, Inc.
- [4] Podolefsky, N., (2004). *The Use of Analogy in Physics Learning and Instruction*. University of Colorado.