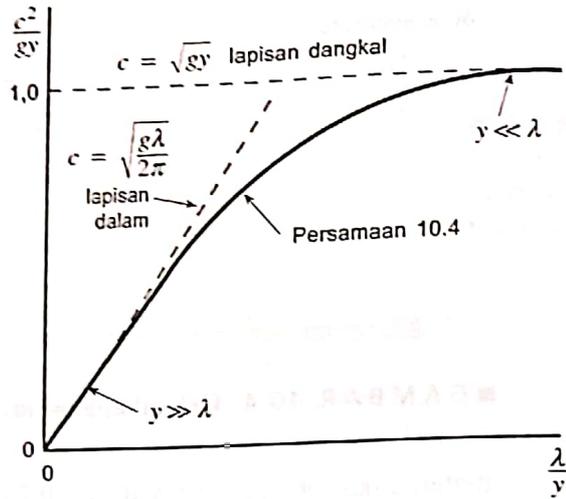


## 10.2.2 Efek Bilangan Froude

Tinjau sebuah gelombang elementer yang bergerak pada permukaan sebuah fluida, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.2a. Jika lapisan fluida diam, gelombang bergerak ke kanan dengan kecepatan  $c$  relatif terhadap fluida dan



■ GAMBAR 10.5 Kecepatan gelombang sebagai fungsi dari panjang gelombang.

*Kecepatan gelombang diukur relatif terhadap fluida yang mengalir bukan terhadap tanah yang tetap.*

pengamat yang diam. Jika fluida sedang mengalir ke kiri dengan kecepatan  $V < c$ , gelombang tersebut (yang bergerak dengan kecepatan  $c$  relatif terhadap fluida) akan bergerak ke kanan dengan kecepatan  $c - V$  relatif terhadap pengamat yang diam. Jika fluida mengalir ke kiri dengan  $V = c$ , gelombang akan tetap konstan tetapi, jika  $V > c$ , gelombang akan terbawa ke kiri dengan kecepatan  $V - c$ .

Gagasan di atas dapat dinyatakan dalam bentuk tak berdimensi dengan menggunakan bilangan Froude,  $Fr = V/(gy)^{1/2}$ , di mana kita menggunakan kedalaman fluida,  $y$ , sebagai panjang karakteristik. Jadi bilangan Froude,  $Fr = V/(gy)^{1/2} = V/c$ , adalah rasio dari kecepatan fluida terhadap kecepatan gelombang.

Karakteristik berikut teramati ketika sebuah gelombang dihasilkan pada permukaan dari arus yang bergerak, seperti yang terjadi ketika sebuah batu dilemparkan ke dalam sebuah sungai. Jika arus tidak sedang mengalir, maka gelombang akan menyebar merata ke segala arah. Jika arus nyaris diam atau bergerak dengan sangat tenang (yaitu  $V < c$ ), gelombang dapat bergerak ke hulu. Lokasi hulu dikatakan dalam keadaan berkomunikasi secara hidrolis dengan lokasi hilirnya. Artinya, seorang pengamat di hulu dari sebuah gangguan dapat mengatakan bahwa telah terjadi gangguan pada permukaan karena gangguan tersebut dapat menjalar ke hulu menuju pengamat. Efek-efek viskos, yang telah diabaikan dalam pembahasan ini, pada akhirnya akan meredam gelombang seperti itu jauh di hulu. Kondisi seperti itu,  $V < c$ , atau  $Fr < 1$  disebut subkritis.

Sebaliknya, jika arus bergerak sangat cepat, sehingga kecepatan aliran lebih besar daripada kecepatan gelombang ( $V > c$ ), tidak mungkin terdapat komunikasi antara lokasi hulu dengan hilir. Setiap gangguan pada permukaan di hilir dari pengamat akan tersapu lebih ke arah hilir. Kondisi seperti ini, di mana  $V > c$  atau  $Fr > 1$ , disebut sebagai superkritis. Untuk kasus khusus di mana  $V = c$  atau  $Fr = 1$ , gelombang yang menjalar ke hulu tetap diam dan aliran dikatakan kritis.

Karakter dari aliran kanal-terbuka dapat sangat tergantung pada kondisi apakah alirannya subkritis atau superkritis. Karakteristik dari aliran dapat



V10. 1 Sepeda melewati genangan air.

Aliran subkritis  
mungkin berperilaku  
berbeda dengan  
aliran superkritis

sangat berlawanan pada aliran subkritis dibandingkan pada aliran superkritis. Sebagai contoh, seperti dibahas pada Subbab 10.3, sebuah "benturan" pada dasar sungai (seperti adanya balok tenggelam) dapat menyebabkan permukaan sungai akan jatuh menurun dari ketinggian saat balok tidak ada, atau hal itu dapat menyebabkan ketinggian permukaan meningkat di atas ketinggiannya ketika tidak terganggu. Situasi mana yang akan terjadi tergantung pada nilai  $Fr$ . Sama halnya, aliran superkritis memiliki kemungkinan menghasilkan diskontinuitas yang bertingkat pada kedalaman fluida (disebut sebagai lompatan hidrolis; lihat **Subbab 10.6.1**). Namun demikian, untuk aliran subkritis, perubahan kedalaman pasti mulus dan kontinu. Aliran-aliran kanal-terbuka tertentu, seperti bendung berpuncak lebar *broad-crested weir* (Subbab 10.6.3), operasinya tergantung pada keberadaan kondisi aliran kritis .

Mungkin memang kelihatan aneh, terdapat banyak keserupaan antara aliran kanal-terbuka dari suatu cairan dengan aliran mampu-mampat dari suatu gas. Parameter tak berdimensi yang mengatur dalam setiap kasus adalah kecepatan fluida,  $V$ , dibagi dengan kecepatan gelombang yaitu kecepatan gelombang permukaan pada aliran kanal-terbuka atau kecepatan gelombang suara untuk aliran mampu-mampat. Banyak perbedaan antara aliran subkritis ( $Fr < 1$ ) dengan superkritis ( $Fr > 1$ ) pada aliran kanal-terbuka memiliki analogi dengan aliran subsonik ( $Ma < 1$ ) dan supersonik ( $Ma > 1$ ) pada aliran gas mampu-mampat, di mana  $Ma$  adalah bilangan Mach. Beberapa keserupaan ini dibahas di dalam bab ini dan dalam **Bab 11**.