



Angin dan Tekanan Udara

Meteorologi

Outline



- Tekanan Udara
- Angin
- Peta Tekanan Udara dan Arah Angin

1. Why does the wind blow?
2. How can one tell its direction by looking at weather charts?

December 19, 1980, was a cool day in Lynn, Massachusetts, but not cool enough to dampen the spirits of more than 2000 people who gathered in Central Square—all hoping to catch at least one of the 1500 dollar bills that would be dropped from a small airplane at noon. Right on schedule, the aircraft circled the city and dumped the money onto the people below. However, to the dismay of the onlookers, a westerly wind caught the currency before it reached the ground and carried it out over the cold Atlantic Ocean. Had the pilot or the sponsoring leather manufacturer examined the weather charts beforehand, they might have been able to predict that the wind would ruin their advertising scheme.

Angin dan Tekanan Udara



- Tekanan Udara
 - Tekanan Udara Atmosfer
 - Barometer
 - Membaca Tekanan Udara



Angin dan Tekanan Udara



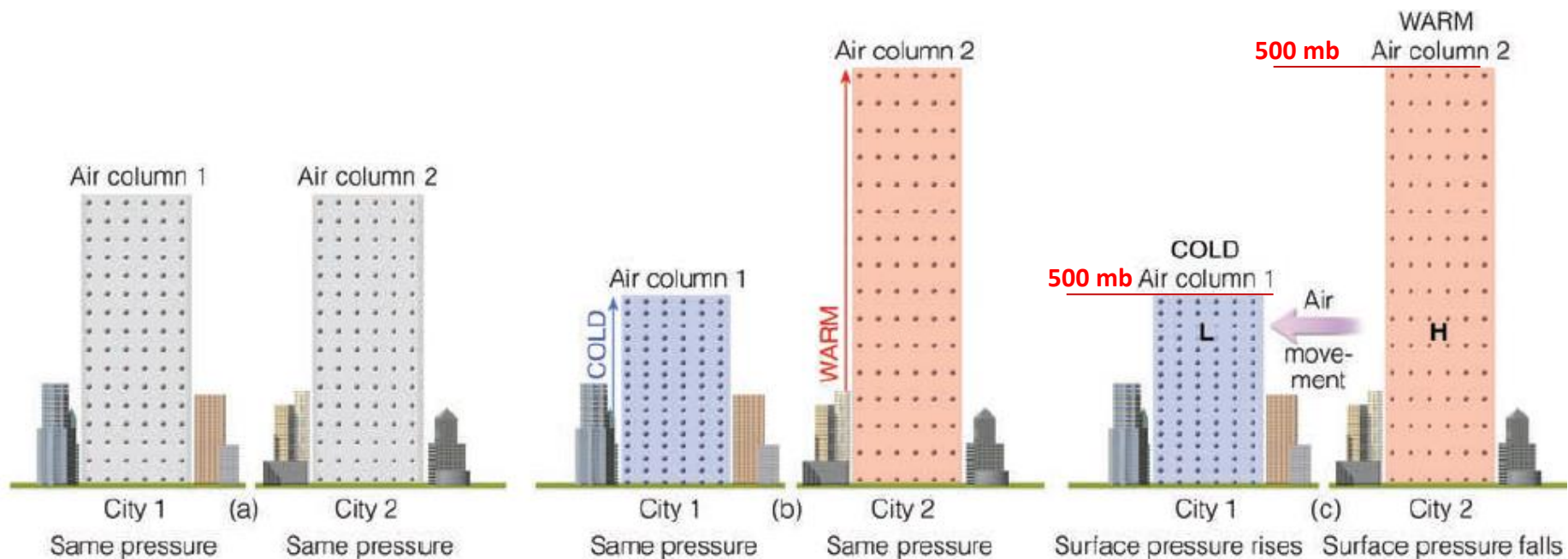
- Tekanan Udara Atmosfer

- ❑ Tekanan udara di atmosfer bumi mengecil secara eksponensial seiring bertambahnya ketinggian.
- ❑ Untuk mempermudah studi mengenai cuaca, kita bisa menganggap sebagian troposfir bagian bawah sebagai kolom udara setinggi h dengan kepadatan konstan.
- ❑ Jika kolom udara ini kita dinginkan, maka molekul udara akan mengecil, sehingga lebih banyak molekul udara bisa ditampung dengan tinggi kolom udara h . Akibatnya kolom ini akan menarik udara sekitarnya agar tekanannya seimbang → tekanan atmosferik kolom udara rendah.
- ❑ Jika kolom udara ini kita panaskan, maka molekul udara akan mengembang, akibatnya banyak molekul udara yang sebelumnya berada di dalam kolom dikeluarkan → tekanan atmosferik kolom udara tinggi.
- ❑ Ketika udara dingin berat molekul udara yang ditanggung muka bumi > ketika udara panas, akibatnya **tekanan permukaan** saat udara dingin > saat udara panas.

Angin dan Tekanan Udara



- Tekanan Udara Atmosfer



Active **FIGURE 6.2** (a) Two air columns, each with identical mass, have the same surface air pressure. (b) Because it takes a shorter column of cold air to exert the same surface pressure as a taller column of warm air, as column 1 cools, it must shrink, and as column 2 warms, it must rise. (c) Because at the same level in the atmosphere there is more air above the H in the warm column than above the L in the cold column, warm air aloft is associated with high pressure and cold air aloft with low pressure. The pressure differences aloft create a force that causes the air to move from a region of higher pressure toward a region of lower pressure. The removal of air from column 2 causes its surface pressure to drop, whereas the addition of air into column 1 causes its surface pressure to rise. (The difference in height between the two columns is greatly exaggerated.)

Angin dan Tekanan Udara



- Tekanan Udara Atmosfer

- ❑ Perbedaan tekanan udara antara dua kolom udara bersebelahan mengakibatkan terbentuknya sebuah gaya yang mendorong udara untuk bergerak dari kolom bertekanan atmosferik tinggi ke rendah.
- ❑ Gaya ini disebut gaya gradien tekanan, dengan rumus sebagai berikut.

$$\mathbf{F} = -\frac{m}{\rho}(\nabla P)$$

- ❑ Sesuai hukum Newton, keberadaan gaya \mathbf{F} bermakna adanya percepatan $\mathbf{a} \rightarrow$ keberadaan angin.
- ❑ Rumus ini juga menjelaskan mengapa besar percepatan angin ketika badai lebih besar di sektor udara panas dibanding udara dingin $\rightarrow \rho$ udara dingin $>$ udara hangat, dengan ∇P yang sama besar.

Angin dan Tekanan Udara



- **Barometer**

- ❑ Terkadang ketika terjadi perubahan tekanan udara mendadak, telinga kita meresponnya dengan berdenging atau berbunyi 'pop'.
- ❑ Hal ini menjadi motivasi bahwa sesungguhnya tekanan udara dapat diukur lebih teliti.
- ❑ Torricelli membuat barometer pertama → tabung diisi air raksa hingga penuh, lalu ditelungkupkan secepat mungkin ke wadah yang juga berisi air raksa, mengakibatkan air raksa turun hingga ketinggiannya 76 cm, dihitung dari muka air raksa di dalam wadah.
- ❑ Barometer yang saat ini dipakai adalah barometer aneroid, yang mengukur tekanan udara dari perubahan volume kotak logam (sel aneroid) di dalam barometer.
- ❑ Alat lain yang berguna untuk mengukur tekanan udara secara tidak langsung adalah *altimeter*. Pencatat data tekanan udara disebut *barograf*.

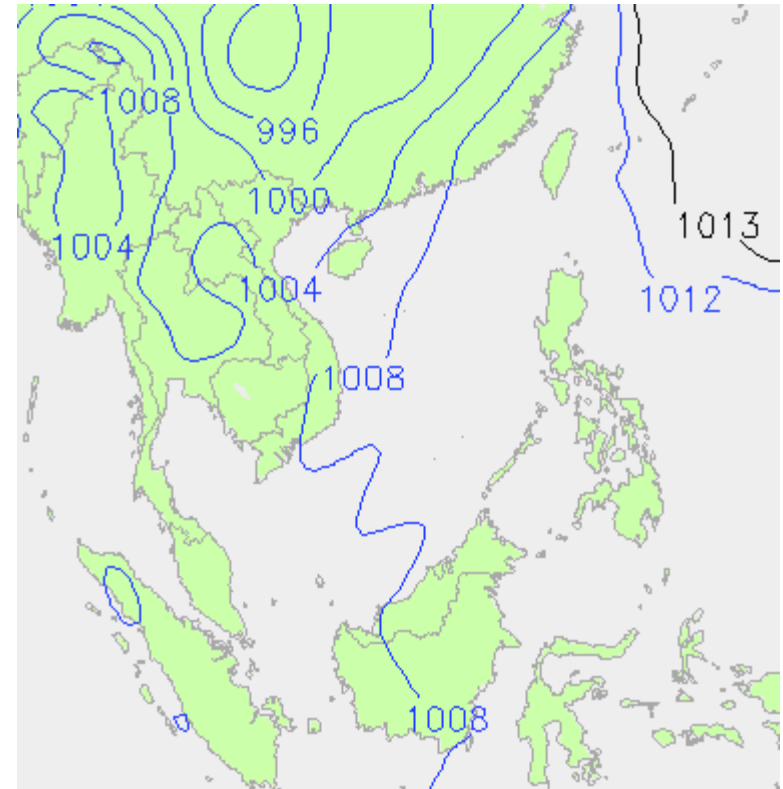
Angin dan Tekanan Udara



- Membaca Tekanan Udara

- ❑ Sebuah barometer memiliki ralat sistematisnya sendiri, baik itu karena kondisi alam maupun karena sifat dalam bahan.
- ❑ Pembacaan barometer yang telah dibersihkan dari ralat sistematis disebut data tekanan udara stasiun.
- ❑ Agar data tekanan udara stasiun dapat dibandingkan dengan data dari stasiun lainnya, maka perlu dilakukan koreksi ketinggian. Hal ini karena $\frac{dP}{dz} \gg \frac{dP}{dx}$.
- ❑ Koreksi ketinggian yang biasa digunakan adalah koreksi ketinggian stasiun relatif terhadap muka laut; data tekanan udara stasiun dikalibrasi sehingga hasil akhirnya adalah data tekanan udara stasiun jika dia tepat berada di atas laut.
- ❑ Hasil akhir kalibrasi semua stasiun diplot ke dalam *sea level pressure chart*, dilengkapi garis-garis *isobar*, penghubung tempat-tempat bertekanan sama.

Proses Kalibrasi data Tekanan Udara



Sea Level Pressure Chart

Angin dan Tekanan Udara



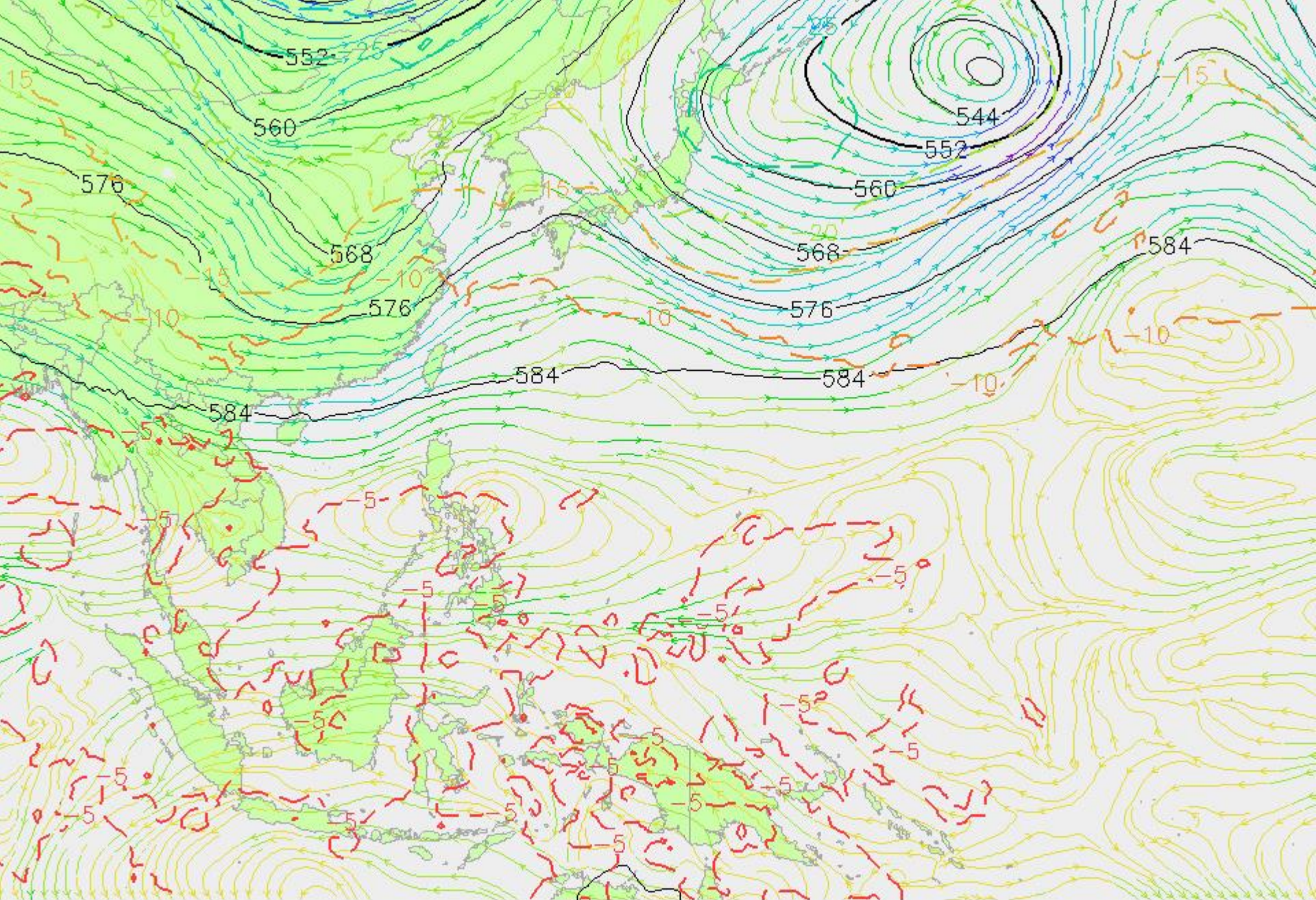
- Peta Tekanan Udara dan Arah Angin
 - ❑ Dalam teknis pembuatan ramalan cuaca, peta tekanan udara dan arah angin memainkan peranan yang sangat besar.
 - ❑ Untuk saat ini, kita melihat dua peta yang sangat penting peranannya dalam peramalan cuaca, yaitu *upper air chart* dan *surface chart*.
 - ❑ *Upper air chart* memetakan ketinggian lapisan udara yang bertekanan 500 mb /hPa, beserta arah angin dan suhu udara di lapisan tersebut.
 - ❑ *Surface chart* memetakan tekanan udara, arah dan kecepatan angin di permukaan bumi.
 - ❑ *Upper air chart* dan *surface chart* dipetakan berdasarkan data yang diambil dari satelit, kemudian dikalkulasi komputer sehingga dapat diperkirakan pergerakannya setiap 3 jam.
 - ❑ Pengambilan data dari satelit dan kalkulasi berlangsung pada pukul 00.00, 06.00, 12.00, dan 18.00 setiap harinya.

Angin dan Tekanan Udara



- *Upper Air Chart*

- ❑ *Upper air chart* disebut juga peta tekanan konstan karena menampilkan variasi ketinggian dari lapisan udara bertekanan sama (500 mb/hPa).
- ❑ Ketinggian lapisan udara bertekanan 500 mb ditampilkan sebagai garis isopleth hitam, dengan angka-angka diberikan dalam satuan mb.
- ❑ Suhu lapisan udara tersebut ditampilkan dengan garis isoterm yang putus-putus, semakin merah warnanya maka suhunya makin panas, semakin biru maka semakin dingin.
- ❑ Arah gerakan angin ditampilkan sebagai garis berpanah, semakin biru warnanya maka angin semakin cepat.
- ❑ Kegunaan *upper air chart* adalah memperkirakan pergerakan tekanan rendah di sekitar kutub → pengaruhnya ke pergerakan siklon tropis dan sirkulasi angin di khatulistiwa.



Upper air (500 mb) chart

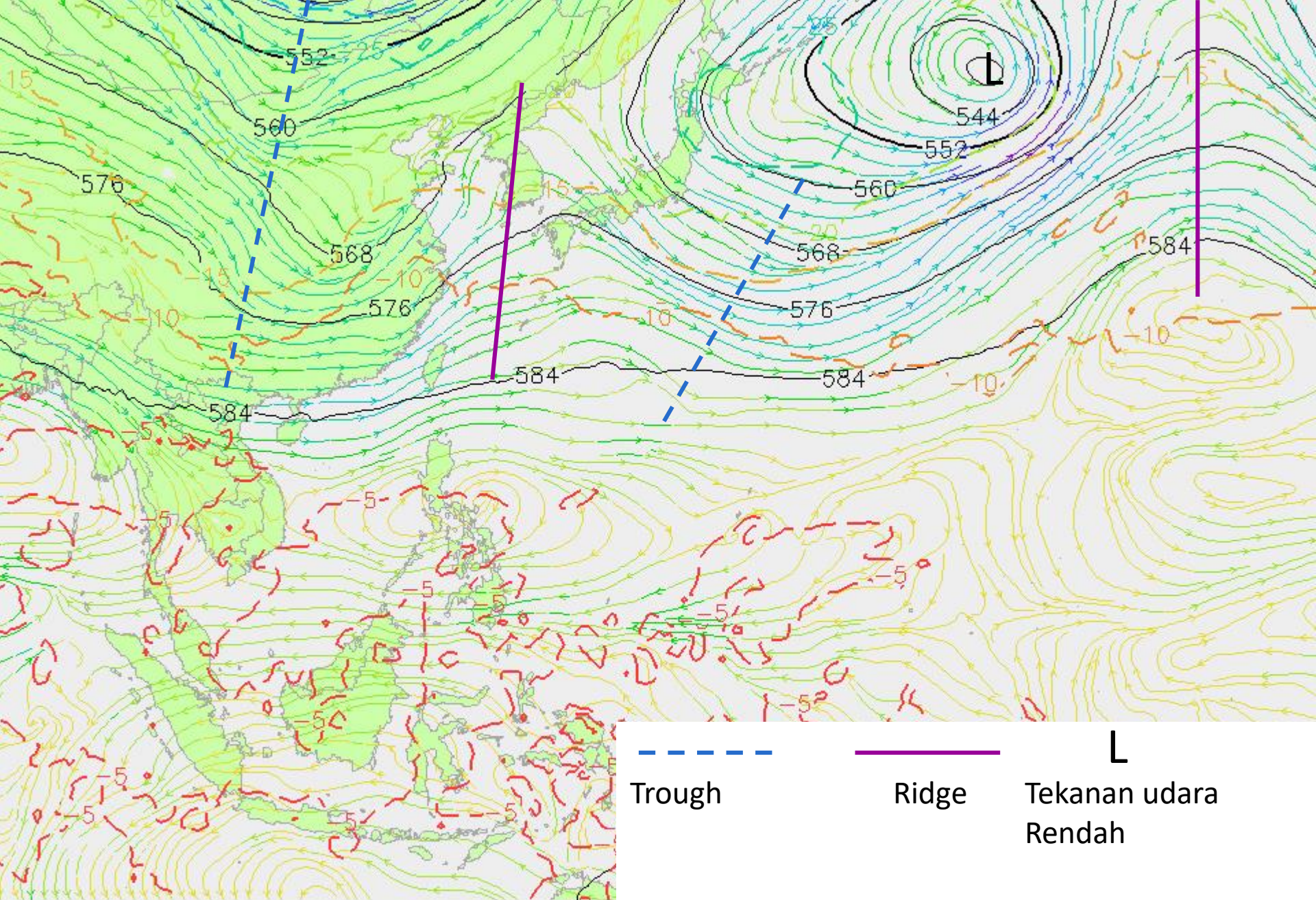
Fri 20/04/12 12GMT (Fri 06+06)

Angin dan Tekanan Udara



- *Upper Air Chart*

- ❑ Beberapa kenampakan dalam peta *upper air chart*: tekanan rendah dicirikan dengan nilai ketinggian yang menurun. Selain itu, ada juga *trough* dan *ridge*.
- ❑ *Trough* adalah wilayah memanjang dengan suhu udara lebih dingin dari sekitarnya.
- ❑ *Ridge* adalah wilayah memanjang dengan suhu udara lebih hangat dari sekitarnya.
- ❑ Pada *upper air chart* kita bisa melihat bahwa di troposfir atas, angin bertiup hampir sejajar dengan garis-garis isopleth. Angin di lapisan ini dapat dibedakan menjadi angin *zonal* (bertiup hampir sejajar utara ke selatan) dan angin *meridional* (bertiup hampir sejajar barat ke timur).



Upper air (500 mb) chart

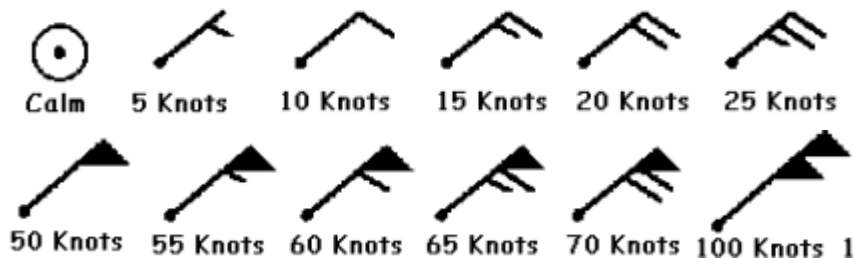
Fri 20/04/12 12GMT (Fri 06+06)

Angin dan Tekanan Udara

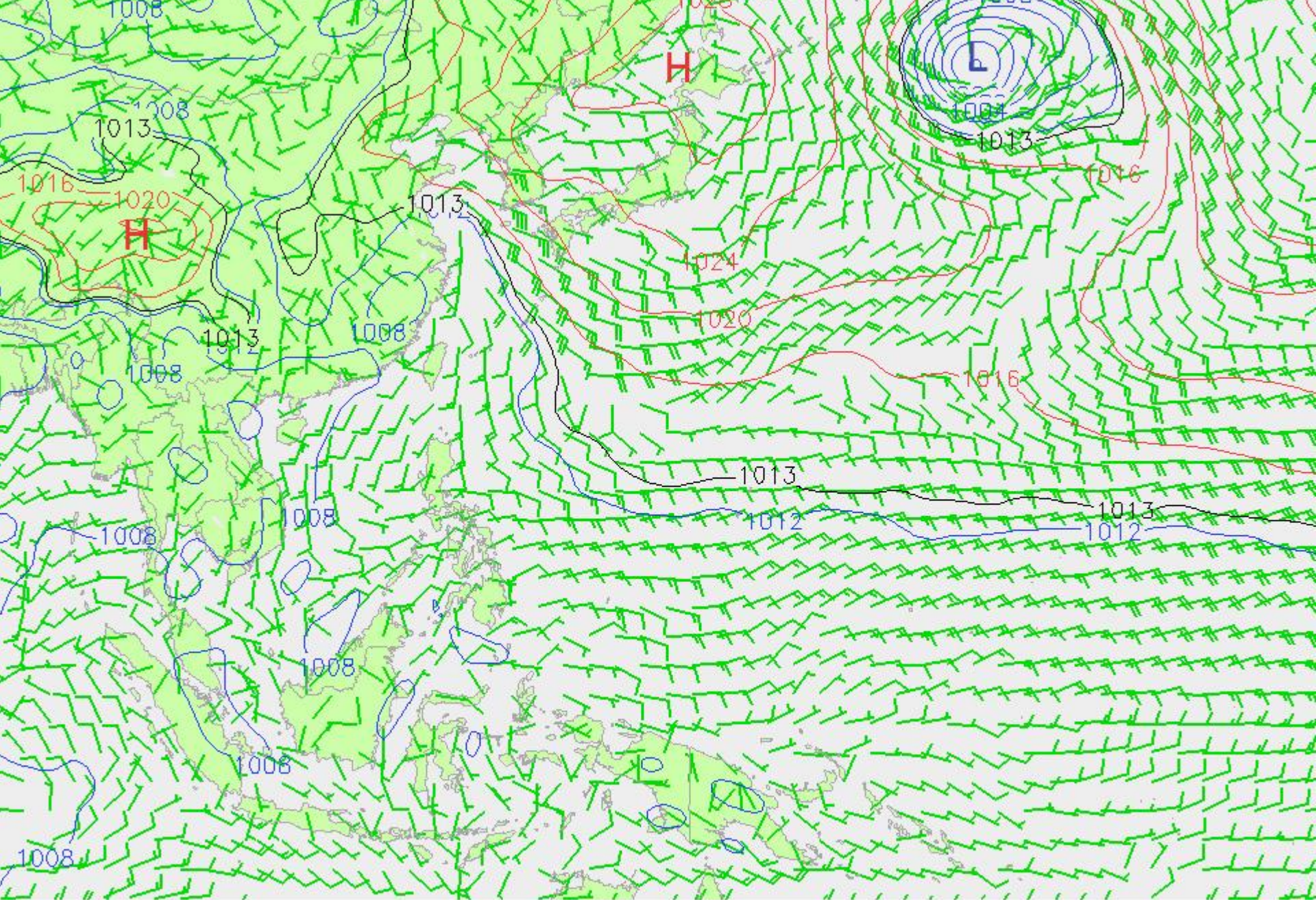


- *Surface Chart*

- ☐ *Surface chart* memetakan tekanan udara dan angin di permukaan bumi.
- ☐ Pada *surface chart* terdapat garis-garis isobar. Warna garis biru menandakan tekanan udara lebih rendah dari normal dan merah menandakan tekanan udara lebih tinggi. Tekanan udara normal dihitung 1013 mb.
- ☐ Arah dan kecepatan angin digambarkan dengan kail angin. Pada gambar di bawah, angin berasal dari arah timur laut (lihat letak bendera).



- ☐ Kegunaan *surface chart* adalah mengetahui dan meramalkan kondisi cuaca dekat permukaan bumi.



Surface chart

Fri 20/04/12 12GMT (Fri 06+06)

Angin dan Tekanan Udara



- Angin
 - Gaya-gaya yang Bekerja Pada Angin
 - Angin dan Gerakan Udara Vertikal
 - Pengaruh Angin
 - Pengukuran Angin



Angin dan Tekanan Udara



- Gaya-gaya yang Bekerja pada Angin

- ❑ Dari pembahasan sebelumnya, kita mengetahui bahwa gradien tekanan mengakibatkan bertiupnya angin.
- ❑ Selain gaya gradien tekanan, ada tiga gaya lain yang memengaruhi bertiupnya angin: gaya coriolis, gaya sentripetal, dan gaya gesek.
- ❑ Udara menekan ke segala arah. Ketika tekanan atmosferik tinggi, udara menekan ke luar dan gradien tekanan negatif (arahnya ke dalam kolom). Sebaliknya pada tekanan atmosferik rendah, udara terhisap ke dalam dan gradien tekanan positif (arahnya ke luar kolom).
- ❑ Semakin besar gradien tekanan, maka angin yang bertiup di sana semakin kencang.
- ❑ Gaya coriolis merupakan gaya yang timbul akibat rotasi bumi; karena gaya inilah angin yang bertiup arahnya tidak pernah sejajar gradien tekanan. Gaya coriolis membelokkan arah angin.

Angin dan Tekanan Udara

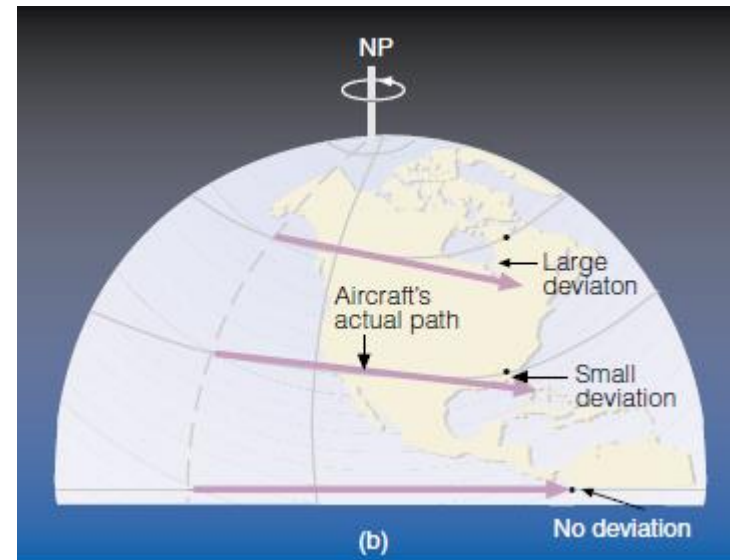


- **Gaya-gaya yang Bekerja pada Angin**

- ❑ Gaya Coriolis membelokkan benda yang sedang bergerak ke arah manapun (illustrasi, lihat gambar di bawah).
- ❑ Di belahan bumi utara, gerakan benda dibelokkan ke kanan, dan di belahan bumi selatan gerakan benda dibelokkan ke arah kiri.
- ❑ Gaya coriolis kecil dan terlihat efeknya ketika bekerja pada sistem cuaca skala besar.
- ❑ Pusaran air di bak cuci piring *tidak* disebabkan gaya coriolis.
- ❑ Perumusan gaya coriolis:

$$\mathbf{F}_C = -2m\mathbf{\Omega} \times \mathbf{v}$$

$\mathbf{\Omega}$ adalah vektor kecepatan sudut rotasi bumi (semakin tinggi lintang, magnitudo $\mathbf{\Omega}$ semakin besar). \mathbf{v} adalah kecepatan angin.



Angin dan Tekanan Udara



- **Gaya-gaya yang Bekerja pada Angin**

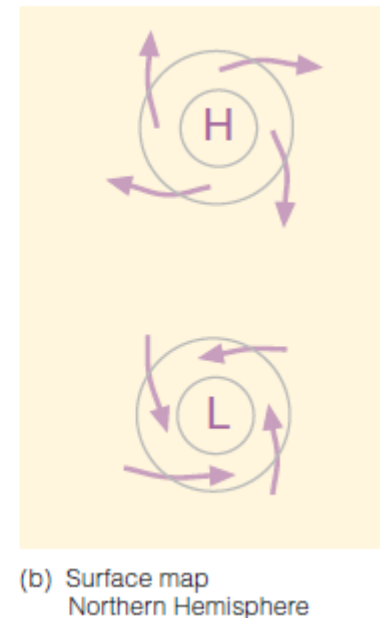
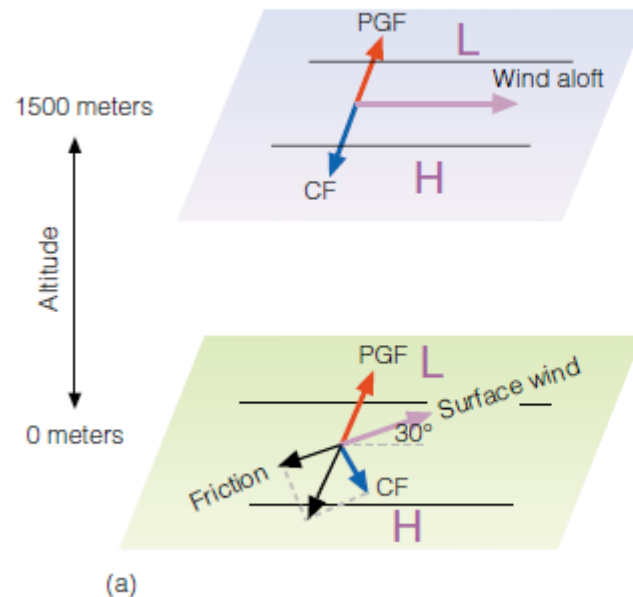
- ❑ Jika gaya coriolis dan gaya gradien tekanan saling menyeimbangkan, maka angin akan bergerak sejajar garis isobar yang lurus. Angin yang demikian disebut *angin geostropik*.
- ❑ Pada aliran siklonik dan antisiklonik, angin selalu mengalami percepatan sentripetal (karena arahnya selalu berubah sepanjang waktu). Karena adanya percepatan sentripetal ini, maka ada gaya sentripetal.
- ❑ Gaya sentripetal ini bisa dihitung sebagai selisih gaya gradien tekanan dan gaya coriolis.
- ❑ Angin pada aliran siklonik dan antisiklonik ada yang mengalir sejajar garis isobar melengkung, dan disebut *angin gradien*. Angin gradien dihasilkan dari keseimbangan gaya sentripetal, coriolis dan gradien tekanan pada angin.

Angin dan Tekanan Udara



- **Gaya-gaya yang Bekerja pada Angin**

- ❑ Gaya coriolis dan gaya gradien tekanan merupakan dua gaya yang bekerja pada angin di kawasan troposfir atas, karena gaya gesek di sana sangat kecil dan bisa diabaikan.
- ❑ Namun, pada kawasan troposfir bawah pengaruh gaya gesek tidak bisa diabaikan.
- ❑ Interaksi antara gaya gesek, gaya gradien tekanan (PGF) dan gaya coriolis (CF) pada kawasan troposfir bawah mengakibatkan angin bertiup memotong garis-garis isobar.
- ❑ Pengaruh gaya gesek pada angin terasa hingga ketinggian 1000 m dari permukaan tanah.



Angin dan Tekanan Udara



- Angin dan Gerakan Udara Vertikal

- ❑ Seandainya sebuah kolom udara setinggi troposfir kita belah-belah menjadi kolom udara kecil-kecil setinggi h , dengan kolom udara terbawah mengalami pendinginan, maka akan terjadi tekanan rendah di kolom tersebut.
- ❑ Pendinginan ini terjadi karena parsel udara naik dan tekanan yang bekerja padanya berkurang. Naiknya parsel udara ini terkait dengan ketidakstabilan udara (bab 5).
- ❑ Jika di troposfir bawah udara mendingin, maka tekanan di sana menurun dan molekul udara masuk ke dalam kolom udara kemudian ikut naik bersama molekul lainnya.
- ❑ Di troposfir atas, molekul-molekul udara termampatkan sehingga tekanannya meningkat. Sesuai hukum Pascal, udara di troposfir atas ini mendesak keluar dari tiang kolom.
- ❑ Kesimpulan: sistem tekanan rendah di troposfir bawah berasosiasi dengan sistem tekanan tinggi di troposfir atas.

Angin dan Tekanan Udara



- Angin dan Gerakan Udara Vertikal

- ❑ Pada sistem tekanan tinggi, udara yang dipanaskan sulit untuk naik karena tidak cukup labil. Akibatnya udara akan sedikit demi sedikit keluar dari tiang kolom udara.
- ❑ Untuk mengimbangi udara yang keluar pada troposfir bawah, maka pada troposfir atas terbentuk kawasan bertekanan rendah yang mengambil udara dari sekelilingnya.
- ❑ Udara tidak berduyun-duyun masuk ke kawasan tekanan rendah tersebut karena gaya gradien tekanan vertikal hampir menyamai gaya gravitasi.
- ❑ Jika gaya gradien tekanan vertikal menyamai gaya gravitasi, keadaan itu disebut keseimbangan hidrostatik.
- ❑ Proses angin keluar disebut divergensi, dan tempat angin berkumpul disebut konvergensi.
- ❑ Konvergensi dan divergensi ini berguna untuk meramal kekuatan suatu badai, karena ketidakseimbangan antara konvergensi dan divergensi membuat tekanan permukaan berubah.

Angin dan Tekanan Udara



- **Pengaruh Angin**

- ❑ Tiupan angin laut mengakibatkan hujan deras di kawasan pantai pada sore hari, dan tiupan angin darat mengakibatkan hujan deras di laut pada pagi hari.
- ❑ Perencanaan kota dan infrastruktur perlu disesuaikan dengan arah angin utama, agar kota menjadi lebih nyaman, meminimalisir kecelakaan lalu lintas udara, dan meningkatkan harapan hidup penduduk.
- ❑ Pohon-pohon yang tumbuh di tempat yang anginnya seringkali bertiup dari satu arah akan miring searah dengan tiupan angin.
- ❑ Secara fisiologis dan psikologis, tiupan angin panas dan berdebu membuat orang jadi mudah marah dan berisiko terkena gangguan pernapasan.

Angin dan Tekanan Udara



- **Pengukuran Angin**

- ☐ Anemometer dan baling-baling cuaca.
- ☐ Radiosonde (balon cuaca yang dilengkapi instrumen pengumpul data).
- ☐ Radar Doppler (mengumpulkan data kecepatan partikel-partikel udara dari data perbedaan frekuensi pancar dan frekuensi diterima).
- ☐ Satelit (menggunakan scatterometer, kelemahannya ia hanya bisa mengukur kecepatan angin di atas permukaan laut).

Pengukuran kecepatan angin oleh satelit QuickScat saat Topan Vamei menyerang Riau dan Singapura, 27 Desember 2001 pukul 5 pagi. Kecepatan angin maksimum adalah ~90 km/jam (bendera coklat).

