

Simulation of Wind Speed Effect on the Fall Velocity of Raindrops

Sefri Ayuliana*, Suhrawardi Ilyas, Fashbir

Jurusan Fisika Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala,
Banda Aceh 23111, Indonesia

Received July, 2013, Accepted August, 2013

Raindrop motion is affected by several factors; one of which is wind speed during the rain. This study is aimed to investigate that impact by using mathematical simulation with Fortran and Matlab. Raindrops arrive on the Earth's surface at their terminal velocities which depend on their size. Raindrop falling motion could be analyzed with net force equation (Newton's second law). In order to determine velocity and position equations as a function of time, coefficients in those equations were fitted and compared to raindrop model developed by Boxel in 1997. In this study, equations used are fitted to both large and small size raindrops. Values resulted by equation for large size drops agreed with experimental data. Wind speed causes the terminal velocities of raindrops to get larger, and so does their kinetic energy. In that condition, raindrops fall with certain inclination angle. The stronger wind speed, the larger raindrops' inclination angle and their kinetic energy are when hitting soil surface. Therefore it increases the risk of soil erosion at place where the soil is unstable. Through this study, speed and direction of raindrop when hitting soil surface could be investigated in order to decrease the risk of avalanche at high risk area.

Keyword: raindrop, terminal velocity, inclination angle

Pendahuluan

Salah satu peristiwa dalam siklus hidrologi adalah presipitasi, dan salah satu jenis presipitasi adalah hujan (Borzenkova, 2009). Hujan terdiri dari butiran-butiran air yang jatuh dari awan dengan kecepatan tertentu, sehingga ketika sampai di permukaan bumi butiran tersebut akan mentransfer energi kinetiknya ke permukaan bumi. Jika ada angin, butiran hujan akan sampai ke permukaan bumi dengan kecepatan yang lebih besar, demikian pula energi kinetiknya sehingga dapat menyebabkan kerusakan struktur tanah dan erosi. Biasanya hal ini dipelajari dengan simulator hujan (Boxel, 1997). Namun ketinggian simulator hujan terbatas, sehingga diperlukan simulasi lain. Butiran hujan mengalami gaya gravitasi dan gaya hambat. Gaya hambat merupakan fungsi dari kecepatan. Ketika butiran hujan jatuh dari awan, kecepatan butiran diasumsikan 0 m/s, sehingga gaya yang bekerja hanya gaya gravitasi. Suatu saat, gaya hambat akan sama dengan gaya gravitasi, dan butiran hujan mencapai kecepatan terminalnya (Boxel, 1997).

Untuk butiran berdiameter sangat kecil, yaitu < 0,05 mm, bentuknya masih mendekati bulat sempurna dan aliran udara di sekitarnya masih laminar. Hukum Stokes masih berlaku untuk butiran ini. Namun untuk butiran berdiameter > 0,1 mm, sudah terjadi turbulensi dan distorsi pada butiran, sehingga pada gaya hambatnya perlu dilibatkan kedua faktor ini (Boxel, 1997).

Dinamika butiran hujan merupakan persoalan non linier, sehingga dalam menentukan persamaan yang tepat perlu dilakukan pendekatan empirik dengan melakukan iterasi pada persamaan geraknya. Boxel

telah membuat model kecepatan jatuh butiran hujan, namun model yang dikembangkannya belum melibatkan kecepatan angin (Boxel, 1997). Sebelumnya, Ng Melissa pada tahun 2010 telah mengklarifikasi kesesuaian antara grafik hasil model matematis dengan plot data hasil eksperimen untuk menentukan waktu jatuh butiran air (Melissa, 2009). Untuk itu, perlu dilakukan simulasi pengaruh angin pada kecepatan jatuh butiran hujan.

Metodologi

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi untuk menggambarkan gerak jatuh butiran hujan dengan pendekatan empirik pada model matematisnya. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

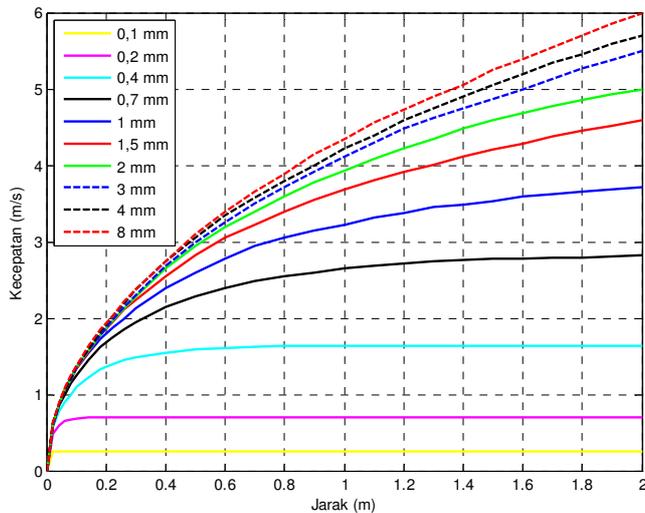
1. Mencari solusi kecepatan dan posisi dari persamaan resultan gaya, dimana pada gaya hambatnya terlibat faktor distorsi dan turbulensi.
2. Membuat replika grafik yang telah dibuat Boxel untuk hubungan kecepatan dengan jarak tempuh.
3. Menentukan model matematis dengan melakukan iterasi pada koefisien yang terdapat pada model.
4. Membuat model kecepatan angin terhadap jarak tempuh butiran hujan.
5. Melakukan simulasi untuk model kecepatan jatuh butiran hujan.

Hasil Penelitian

Grafik hubungan kecepatan terhadap jarak tempuh butiran ditunjukkan pada Gambar 1. Dari grafik dapat diketahui bahwa suatu saat butiran hujan akan mencapai kecepatan terminalnya, dan besar kecepatan bergantung pada ukuran butiran

*Email: sefri13@gmail.com

hujan. Semakin besar ukuran butiran, semakin besar pula kecepatan terminalnya, dan jarak yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan terminalnya juga semakin jauh.



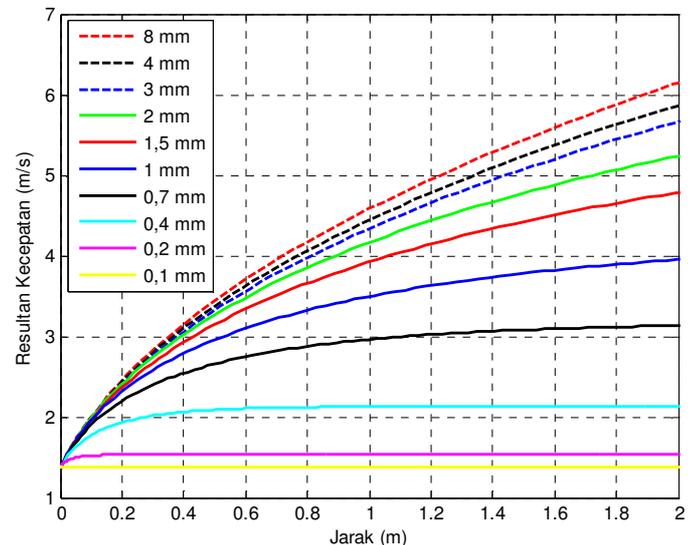
Gambar 1. Grafik hubungan kecepatan terhadap waktu (Boxel, 1997)

Untuk menentukan persamaan yang tepat dilakukan berbagai cara. Pertama, dari persamaan resultan gaya pada butiran hujan yang masih memenuhi hukum Stokes didapatkan persamaan kecepatan dan posisi (Boxel, 1997). Kemudian, digunakan model matematis yang digunakan Ng Melissa yang didapatkan berdasarkan persamaan gerak untuk benda padat yang jatuh dan dipengaruhi oleh gaya hambat (Melissa, 2009). Ng Melissa telah melakukan eksperimen untuk mengukur waktu jatuh butiran air berdiameter 5,4 mm (butiran air yang besar). Plot data hasil eksperimennya sesuai dengan grafik hasil model matematisnya. Model Boxel sesuai untuk butiran yang kecil yaitu butiran yang belum mengalami deformasi (diameternya < 1 mm), sedangkan model matematis yang dikembangkan Ng Melissa sesuai untuk butiran yang besar.

Adanya angin menyebabkan butiran hujan jatuh dalam arah yang miring, atau membentuk sudut inklinasi tertentu terhadap arah vertikal. Akibatnya, kecepatan jatuh butiran hujan merupakan resultan antara kecepatan dalam arah vertikal dengan kecepatan angin, sehingga besar kecepatan terminal butiran hujan akan bertambah, demikian pula besar energi kinetik butiran hujan saat menumbuk tanah dan sudut inklinasinya. Namun, waktu dan jarak yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan terminal untuk butiran hujan dengan dan tanpa kecepatan angin adalah sama. Energi kinetik butiran berdiameter 1 mm pada kondisi angin kencang dengan kecepatan angin 32 mph (14,3 m/s) adalah 0,1 J, dengan sudut inklinasi 74,9°, sedangkan tanpa kecepatan angin 0,00769 J. Angin kencang pada kondisi hujan deras dapat memperbesar resiko erosi

pada tanah, karena butiran hujan cenderung berukuran besar pula.

Jika dilibatkan kecepatan angin sebesar 3 mph (1,3608 m/s), maka didapatkan grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Dari gambar dapat diketahui bahwa kecepatan awal butiran hujan tidak lagi 0 m/s (Ayuliana, 2013).



Gambar 2 Grafik hubungan resultan kecepatan terhadap waktu dengan kecepatan angin 3 mph

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ukuran butiran hujan dan kecepatan angin sangat berpengaruh pada kecepatan terminal butiran. Kecepatan angin menyebabkan butiran hujan jatuh dengan sudut inklinasi tertentu. Besar kecepatan dan energi kinetiknya lebih besar dibandingkan tanpa kecepatan angin. Model Boxel sesuai untuk butiran yang kecil, sedangkan model yang digunakan Ng Melissa sesuai untuk butiran yang besar. Butiran hujan membutuhkan waktu dan jarak yang sama untuk mencapai kecepatan terminal dengan dan tanpa kecepatan angin, hanya saja besar kecepatannya yang berbeda.

Daftar Pustaka

- Ayuliana, S. 2013. "Simulasi Faktor Kecepatan Angin Terhadap Kecepatan Jatuh Butiran Hujan". Skripsi. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Borzenkova, I.I. 2009. "Types and Characteristics of Precipitation". Hydrological Cycle. Vol 2 pp 214-235.
- Ng, Melissa. 2009. "A Mathematical Model of the Velocity of a Falling Water Drop in Air". Article, Science One Program. The University of British Columbia. Vancouver, Canada.
- Van Boxel, JH. 1997. "Numerical Model for The Fall Speed of Raindrops in A Rainfall Simulator". Workshop on Wind and Water Erosion. Ghent, Belgium, pp 77-85.