

ABSTRAK

PENGARUH ANGIN TERHADAP GELOMBANG PERMUKAAN BERTIPE MENGGULUNG (*ROLL WAVES*) PADA BIDANG MIRING

Oleh

Rifky Fauzi

NIM: 30116301

(Program Studi Doktor Matematika)

Penelitian ini membahas pembentukan gelombang permukaan bertipe menggulung (*roll waves*) pada aliran fluida menuruni bidang miring. Tipe gelombang ini memiliki karakteristik yaitu periodik, merambat dengan kecepatan yang konstan dan bagian depan gelombang yang curam. *Roll waves* dimodelkan dengan menggunakan *Shallow Water Equation* (SWE) yang dimodifikasi dengan melibatkan efek viskositas dan efek hembusan angin. Munculnya gelombang ini dikaji dengan dua pendekatan yaitu kajian ketakstabilan solusi ekuilibrium SWE dan kajian dinamik dari SWE gelombang berjalan.

Pada kajian ketakstabilan, *roll waves* dapat muncul apabila bilangan Froude aliran fluidanya melebihi suatu nilai ambang batas. Nilai ambang batas ini bergantung pada viskositas, kecepatan angin, dan bilangan gelombang. Dalam hal viskositas relatif nol dan hembusan angin diabaikan maka nilai ambangnya adalah empat, yang merupakan kondisi ketika suatu gangguan akan berkembang menjadi *roll waves*, sebagaimana diungkap dalam (Dressler, 1949). Angin dan viskositas memiliki efek yang signifikan pada pembentukan *roll waves*. Bilangan Froude menjadi lebih besar jika arah angin sama dengan arah aliran serta jika viskositasnya kecil, sedangkan jika sebaliknya, bilangan Froudenya menjadi lebih kecil. Metode numerik Adam-Bashforth-Moulton (ABM) digunakan menyelesaikan SWE. Bilangan Froude yang diperoleh secara analitik kemudian dikonfirmasi menggunakan simulasi numerik, di mana digunakan untuk mensimulasikan evolusi dan perambatan gelombang monokromatik hingga membentuk *roll waves*. Secara umum, semakin besar kecepatan hembusan angin maka memberikan efek yang signifikan yaitu menambah amplitudo dan kecuraman gelombang.

Kajian aspek dinamik dari solusi gelombang berjalan SWE mengungkapkan bahwa *roll waves* (gelombang periodik) dapat terbentuk apabila viskositas dilibatkan dan bergantung pada arah hembusan angin. Beberapa kondisi untuk situasi tersebut dibahas disini. *Roll waves* dapat diperoleh dari *limit cycle* sistem dinamik SWE gelombang berjalan, yang dilakukan secara numeris menggunakan metode Runge-Kutta order empat. Hasilnya menunjukkan

bahwa panjang gelombang, amplitudo, kecuraman *roll waves* tidak hanya bergantung pada parameter fisiknya namun juga bergantung pada kecepatan gelombang. Secara umum, bentuk *roll waves* yang dihasilkan dari kajian ini sesuai dengan kajian ketakstabilan solusi ekuilibrium.

Kata kunci: *Roll waves*, efek angin, metode numerik Adam-Bashforth-Moulton, gelombang periodik

ABSTRACT

THE EFFECT OF WIND ON ROLL WAVES DOWN AN INCLINED PLANE

by

Rifky Fauzi

NIM: 30116301

(Doctoral Program in Mathematics)

This study discusses the formation of roll waves on a fluid flow down an inclined plane. This wave type has the characteristics of being periodic, propagating at a constant speed, and steep wavefronts. Roll waves are modeled using Shallow Water Equation (SWE), which is modified so that it involves the effect of viscosity and the effect of wind. Analysis of roll waves is examined using two approaches, the study of the stability of the equilibrium solution of the SWE and dynamic property of the traveling wave SWE.

In the study of instability, roll waves can occur if the Froude number of the flow exceeds a threshold number. This number depends on viscosity, wind velocity, and wavenumber. In the case that the relative viscosity is zero and wind effect is ignored, the threshold number is four, which is the condition when a perturbation will develop into roll waves, as recorded in (Dressler, 1949). Both wind and viscosity have clear effects on the development of roll waves. Froude number is larger if the wind direction is the same with the flow as well as if the viscosity is smaller, whereas if the other way around, the Froude number will be smaller. The Adam-Bashforth-Moulton (ABM) numerical method is used to solve SWE. The analytically derived Froude numbers are then confirmed using this scheme. The scheme is used to simulate the evolution and propagation of monochromatic waves to develop roll waves. In general, the greater wind velocity will have a stronger effect on the amplitude and steepness of the waves.

A study of the dynamic property of the traveling wave SWE reveals that roll waves depends on viscosity and the direction of the wind. Several conditions for unstable situation yielding as roll waves solution is found here. Roll waves are obtained from limit cycle of the dynamical system derived from the SWE in traveling wave variable, which is obtained numerically using Runge-Kutta method. The results show that wavelength, amplitude, and steepness of the roll waves depend not only on the physical parameters but also on the speed of the wave. In general, the formation of roll waves that results from this study is consistent with the study of the instability of the equilibrium solution.

Keywords: Roll waves, wind effect, Adam-Bashforth-Moulton numerical method, periodic waves