



SIMULASI GELOMBANG AIR LAUT BERDASARKAN PERSAMAAN NAVIER-STOKES

Stevani Kartikasari^{1,*}, Arif Hidayat¹, Nugroho Adi Pramono¹, Hari Wisodo¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

*Email: stevanikartikasari@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan dan memvisualisasikan gelombang air laut. Untuk mendapatkan pergerakan gelombang air secara nyata digunakan persamaan Navier-Stokes yang pendekatannya menggunakan persamaan air dangkal. Persamaan Navier-Stokes diselesaikan secara numerik menggunakan metode *Lax-Wendroff* dan *Finite Difference Methods* (Metode Beda Hingga) untuk memperoleh simulasi gelombang air dalam bentuk 3 dimensi. Berdasarkan hasil simulasi 3 dimensi diketahui bahwa pergerakan gelombang air nyata berjalan menuju batas tepi layaknya yang terjadi di tepi pantai. Selain itu ketika gelombang air yang sedang berjalan menumbuk batas dinding, maka gelombang air tersebut akan terpantul kembali membentuk gelombang yang sama. Ketika gelombang yang berjalan diberi sebuah penghalang di tengah maka gelombang tersebut juga akan memantul kemudian terpecah dan bergerak menuju ke arah sisi kiri dan kanan penghalang. Dalam kasus dua buah penghalang yang saling berdekatan, maka gelombang air yang berjalan akan melewati dan menunjukkan gejala difraksi, seperti gelombang yang melalui celah sempit.

Kata Kunci : gelombang air laut, persamaan Navier-Stokes, persamaan air dangkal, *Lax- Wendroff*, *Finite Difference Methods*, penghalang

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki kawasan perairan cukup luas, terutama laut-lautnya yang sangat luas dan memiliki ombak atau gelombang laut yang besar pula. Pergerakan gelombang air laut adalah salah satu dari proses fluida. Proses fluida itu dapat dihitung secara matematik dengan menggunakan persamaan fluida. Model matematika yang dapat menjelaskan proses fluida yaitu persamaan Navier-Stokes. Persamaan Navier-Stokes menjelaskan proses fluida secara 3 dimensi dengan beberapa penyederhanaan. Thurey, dkk, (2006).

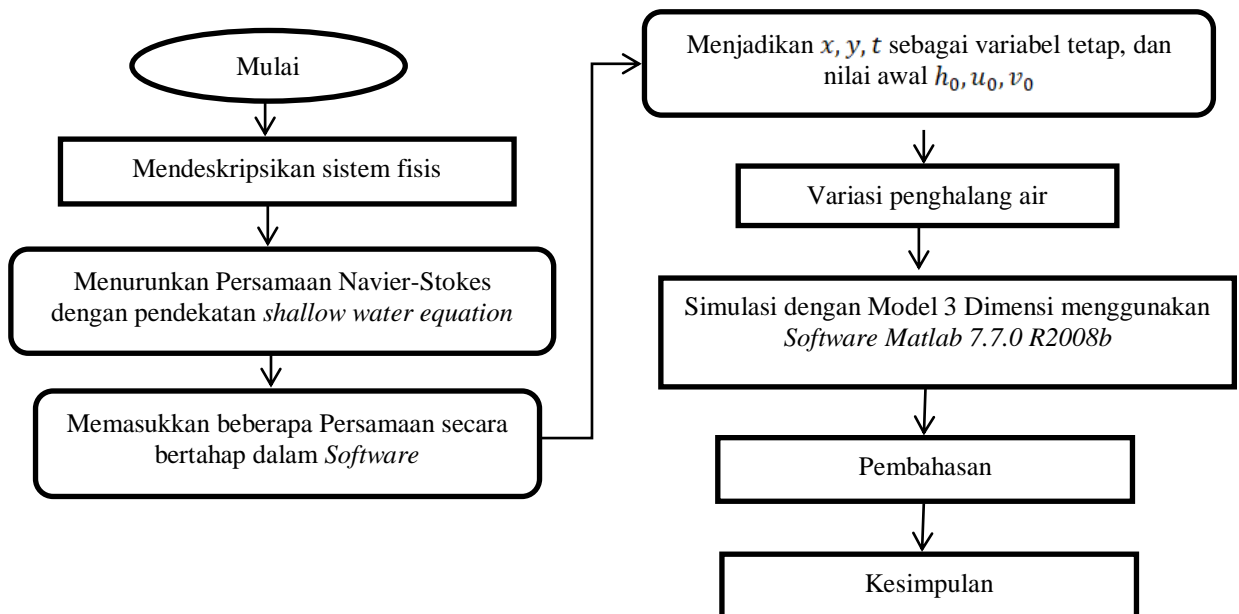
Asumsi fluida yang dipilih adalah air dangkal (*shallow water*), sehingga pendekatannya menggunakan persamaan air dangkal. Perairan dangkal adalah perairan yang punya batas permukaan (*surface*) dan batas dasar (*bottom*) (Ancy, 2007). Persamaan air dangkal biasanya digunakan untuk mensimulasikan gelombang yang panjang gelombangnya mirip dengan ketinggian air secara keseluruhan. Thurey, dkk, (2006).

Simulasi yang akan dilakukan adalah membuat pergerakan gelombang dengan variable H, u, v yang dihalangi dengan penghalang di tengah serta bentuk pergerakan gelombang air sesungguhnya agar mendapatkan kestabilan yang baik pada program.

Persamaan Navier-Stokes akan digunakan untuk membuat simulasi fluida perambatan gelombang air menggunakan pendekatan persamaan air dangkal (*shallow water equation*) kode program disusun dengan menggunakan *software Matlab 7.7.0 (R2008b)*, sehingga menghasilkan *waterwave simulation* dalam bentuk 3 dimensi.

2. Metode Penelitian

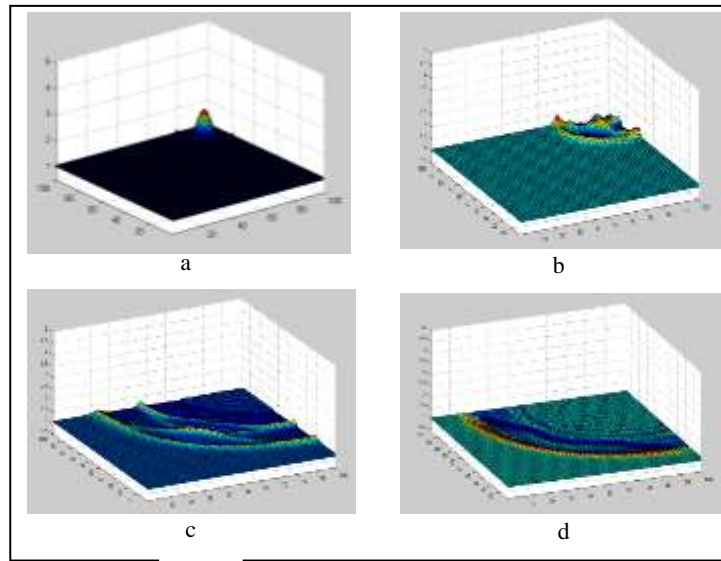
Pada penelitian ini menggunakan penelitian secara teoritik dan komputasi. Dimana secara teori persamaan yang digunakan adalah persamaan Navier-Stokes dengan pendekatan persamaan air dangkal. Persamaan yang digunakan yaitu :
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(u^2h + \frac{1}{2}gh^2)}{\partial x} + \frac{\partial(uvh)}{\partial y} = 0, \quad \text{dan}$$
$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(uvh)}{\partial x} + \frac{\partial(v^2h + \frac{1}{2}gh^2)}{\partial y} = 0$$
 dimana nanti ketiga persamaan tersebut akan disederhanakan dengan metode numerik menggunakan metode Lax-Wendroff , yang kemudian persamaan tersebut diturunkan dan setelah itu dimasukkan ke dalam software Matlab untuk diolah dengan kode program untuk membuat simulasi pergerakan gelombang air. Selain itu nanti pergerakan gelombang air akan dihalangi oleh batas dinding dan penghalang. Berikut ini merupakan skema penelitian yang telah dilakukan ada pada Gambar 1.



Gambar 1 : Skema rancangan penelitian

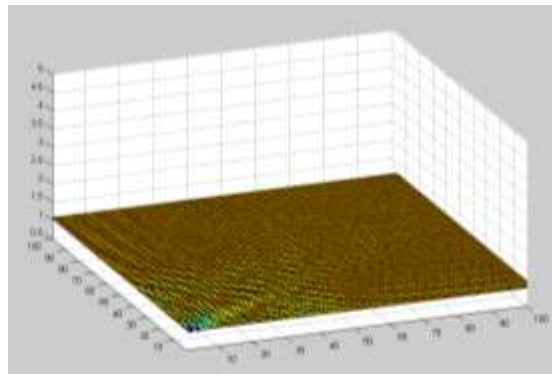
3. Hasil dan Pembahasan

a. Permodelan dari pergerakan gelombang air laut nyata



Gambar 2 : Pergerakan gelombang air

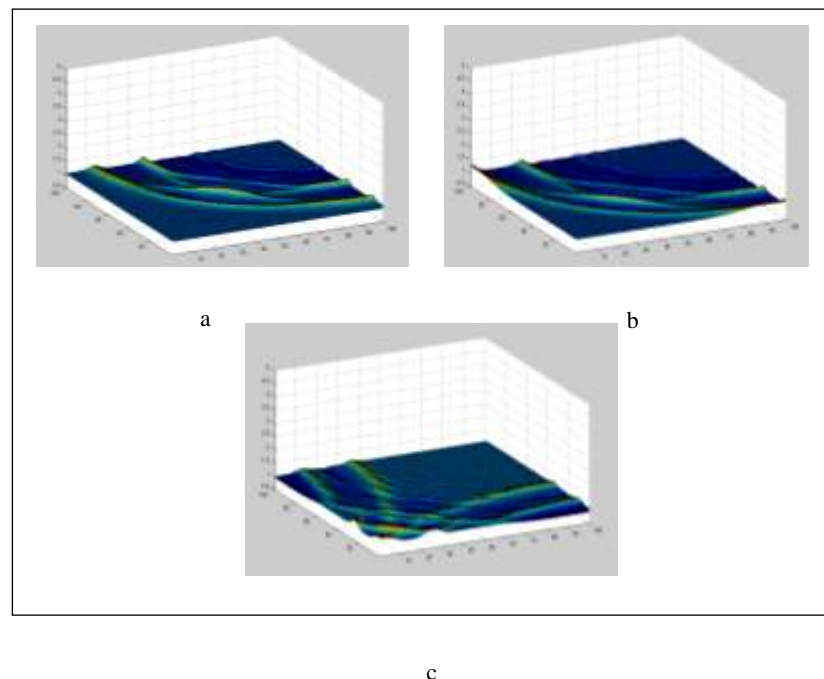
Pada Gambar 2 menunjukkan pergerakan gelombang air mulai dari awal gelombang terbentuk dan bergerak menjalar yang disebut syarat awal gelombang. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2a yaitu gelombang awal yang terbentuk sebagai syarat awal. Kemudian Gambar 2b menunjukkan gelombang awal yang terbentuk mulai berjalan. Gambar 2c dan Gambar 2d menunjukkan bahwa pergerakan gelombang mulai meluas.



Gambar 3 : Pergerakan gelombang air laut sampai batas

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pergerakan gelombang air laut telah mencapai batas, seperti pada keadaan yang sebenarnya gelombang air laut yang habis saat mencapai pantai.

b. Permodelan pergerakan gelombang air saat menumbuk dinding batas

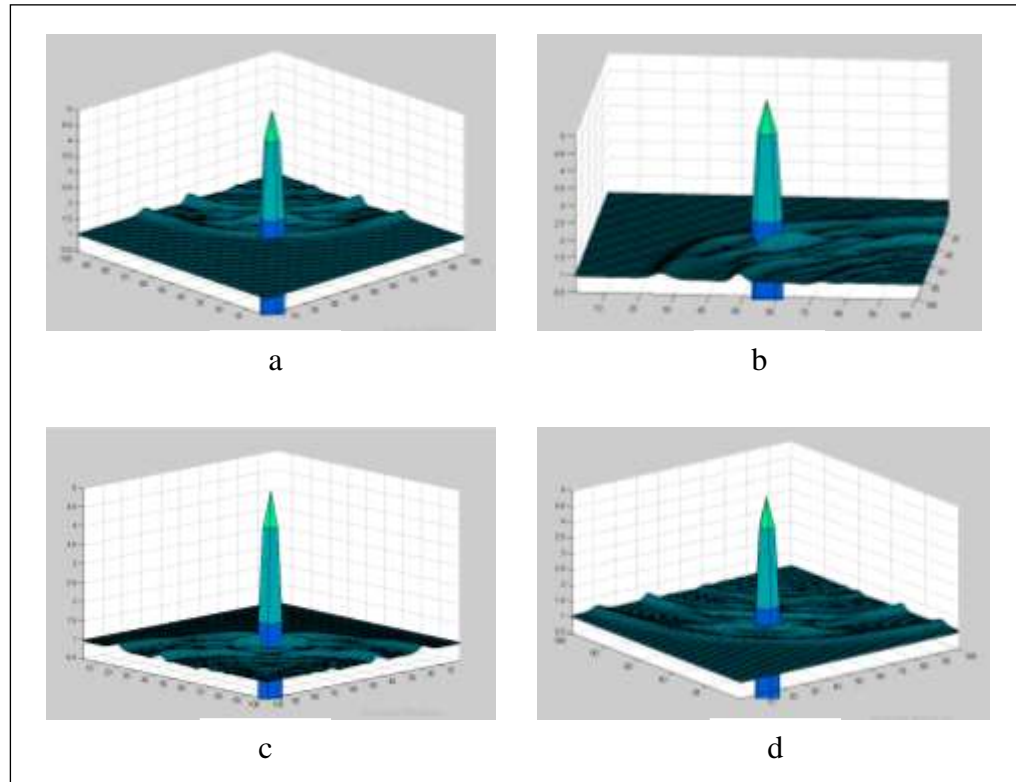


Gambar 4 : Pergerakan gelombang air laut sebelum dan sesudah menumbuk penghalang dinding batas

Pada Gambar 4 menunjukkan pergerakan gelombang air laut sebelum dan sesudah menumbuk penghalang dinding pembatas. Secara lengkap Gambar 4a memberikan penggambaran sesaat sebelum gelombang air menumbuk penghalang dinding. Pada Gambar 4b gelombang air yang bergerak menumbuk dinding pembatas dengan menunjukkan pantulan gelombang. Pada Gambar 4c adalah pergerakan gelombang air setelah menumbuk penghalang dinding dan setelah gelombang memantul, nampak gelombang bergerak kembali ke tengah.

c. Permodelan pergerakan gelombang air saat menumbuk sebuah penghalang di tengah

Pada pembahasan berikut akan diberikan penggambaran dari pergerakan gelombang air ketika pergerakannya diberikan sebuah penghalang di tengah.

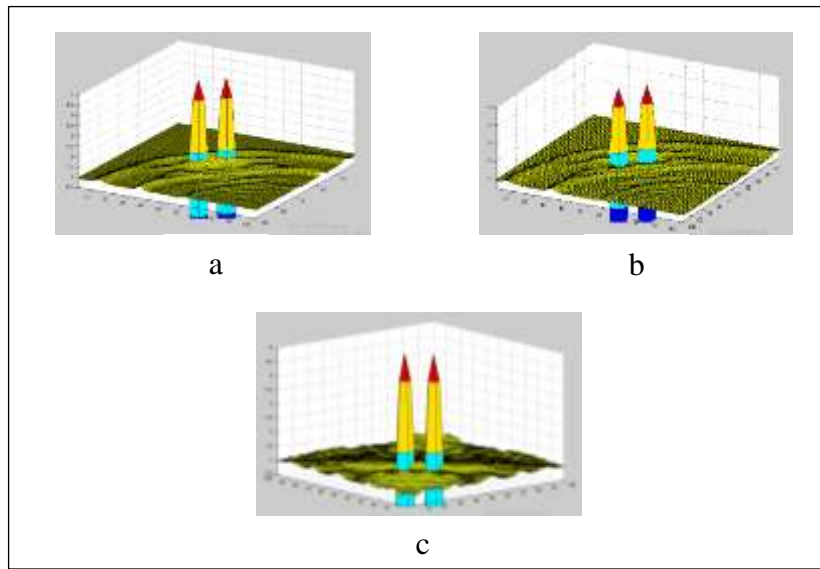


Gambar 5 : Pergerakan gelombang air laut sebelum dan sesudah menumbuk sebuah penghalang di tengah

Pada Gambar 5 ditunjukkan keadaan dimana gelombang air laut saat sebelum dan sesudah menumbuk sebuah penghalang yang diletakkan di tengah. Pada Gambar 5a menunjukkan gerak gelombang air sesaat sebelum menumbuk penghalang. Gambar 5b memperlihatkan pergerakan gelombang air saat menumbuk penghalang. Nampak saat menumbuk ada pantulan sesaat yang terjadi, kemudian pada Gambar 5c gelombang air membentuk pecahan gelombang akibat penghalang, sehingga gelombang terbagi menjadi dua bagian yaitu di sisi kiri dan kanan penghalang. Sedangkan pada Gambar 5d gelombang air yang telah melalui penghalang dan yang terpecah kembali menyatu.

d. Permodelan pergerakan gelombang air saat menumbuk dua buah penghalang di tengah

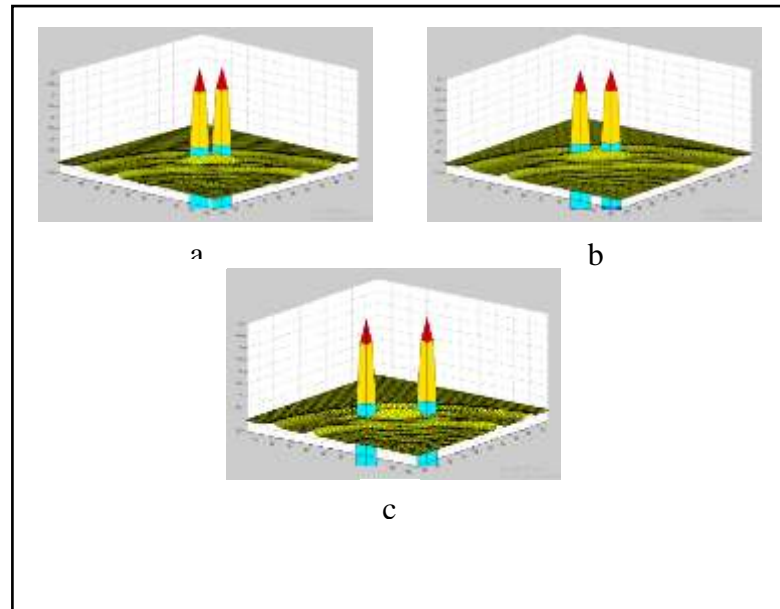
Sama seperti sebelumnya, akan tetapi kali ini penghalang yang diberikan ada dua buah yang mana kedua penghalang didekatkan berdekatan dengan menyisakan celah kecil diantara keduanya



Gambar 6 : Pergerakan gelombang air laut sebelum dan sesudah menumbuk dua buah penghalang di tengah

Pembahasan yang ditampilkan pada Gambar 6 adalah permodelan dari pergerakan gelombang air yang diberikan dua buah penghalang di tengahnya. Gambar 6a adalah pergerakan dari gelombang air saat menumbuk kedua penghalang tersebut, nampak gelombang yang menumbuk kedua penghalang tersebut terpantul pada masing-masing penghalang. Pada Gambar 6b nampak dari belakang bagaimana bentuk pecahan gelombang yang terbentuk karena adanya penghalang, dan Gambar 6c menunjukkan tampak dari depan pecahan gelombang yang terbentuk. Gelombang air yang melalui celah antara kedua penghalang seolah membentuk pola difraksi, seperti halnya pada gelombang cahaya yang melauhi celah sempit. Setelah melauhi kedua penghalang dan celah tersebut gelombang air kembali menyatu dalam pergerakannya.

e. Permodelan Pergerakan Gelombang Air Dengan Variasi Celah Antara Dua Penghalang



Gambar 7 : Bentuk pecahan gelombang air dengan variasi celah

Pada Gambar 7a adalah bentuk gelombang air laut ketika menumbuk kedua penghalang dengan variasi jarak kedua celah adalah 5 sel, sedangkan pada Gambar 7b menunjukkan bentuk gelombang air laut yang celahnya divariasi dengan lebar 10 sel, dan yang terakhir Gambar 7c menunjukkan bentuk gelombang air laut dengan variasi jarak kedua celah adalah 20 sel.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan tentang gelombang air untuk permodelan air laut dapat disimpulkan bahwa Persamaan Navier-Stokes yang digunakan dengan pendekatan melalui persamaan air dangkal dapat menunjukkan *waterwave simulation* sebagai penggambaran gelombang air laut. Persamaan air dangkal yang digunakan menghasilkan simulasi dari pergerakan gelombang air sesungguhnya. Pergerakan gelombang air yang tanpa diberi batas tepi akan menunjukkan pergerakan gelombang air laut secara nyata. Pergerakan gelombang air yang menumbuk sebuah atau dua buah penghalang akan terpantul sesaat dan mengalami pemecahan gelombang yang kemudian akan kembali menyatu setelah melalui penghalang. Dan gelombang air yang menumbuk dinding batas akan terpantul dan kembali membentuk gelombang yang sama. Apabila celah antara penghalang divariasi, akan menunjukkan gejala fenomena difraksi.



Daftar Rujukan

- [1] Ancey, Christophe. (2007). Plasticity and Geophysical Flows.. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics* (4-35). Lausanne, Switzerland: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.
- [2] Hinkelmann, Reinhard., Liang, Qihua., Aizinger, Vadym., Dawson, Clint. (2015). Robust Shallow Water Model. *Environ Earth Science*,(74:7273-7274).
- [3] Moler, Cleve. "Chapter 18: Shallow Water Equations." Experiments with MATLAB. MathWorks. Web. <<http://www.mathworks.com/moler/exm/chapters.html>>.
- [4] Safitri, Eva Ayu. (2014). Analisis Skema Lax-Wendroff dalam Penyelesaian Persamaan Gelombang. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [5] Stubbe, Peter. (2015). The Euler and Navier-Stokes Equation Revisited. *Physics Fluids Dynamic*.
- [6] Thurey, Nils., Muller-Fischer, Matthias., Schrim, Simon., Gross, Markus. (2006). Real-time Breaking Waves for Shallow Water Simulation.Switzerland : ETH Zurich, AGEIA Technologies.