

I. PENDAHULUAN

Soliton atau gelombang soliter adalah suatu fenomena fisik dimana suatu gelombang berpropagasi tanpa mengalami perubahan bentuk pada suatu media dispersif. Soliton pertama kali ditemukan oleh John Scott Russell pada 1884 dari pengamatannya pada perairan dangkal. Fenomena soliton terjadi dikarenakan adanya keseimbangan antara efek dispersi dan nonlinieritas (Yuliawati dkk 2018). Selain pada gelombang air, fenomena soliton juga diamati pada bidang optik nonlinear (Kivshar dan Agrawal, 2003), dimana soliton ini memiliki keseimbangan antara efek nonlinier dengan dispersi yang disebut sebagai *soliton temporal* (Zaera dkk 2018). Selain itu, pada sistem plasma nonlinier, persamaan yang digunakan untuk menggambarkan soliton adalah menggunakan Persamaan Diferensial Parsial (PDEs), seperti yang dilakukan pertama kali oleh Washimi dan Taniuti yang menggunakan persamaan *Korteweg-de Vries* (KdV) untuk soliton ion akustik (El-Tantawy 2016).

Salah satu kasus nonlinear yang menarik pada gelombang soliton adalah fenomena tabrakan soliton atau *soliton collision*. Pada fenomena ini, terjadi interaksi nonlinear dari dua soliton baik soliton besar yang menyusul soliton kecil (*overtaking soliton*), maupun tabrakan soliton yang saling berhadapan (*head on collision*). Fenomena nonlinear ini dapat mengakibatkan amplifikasi gelombang yang besar. Ketika terjadi tabrakan dua soliton, misalnya soliton dengan amplitudo a_1 dan a_2 , maka tinggi gelombang maksimum ketiga ketika kedua gelombang ini bertemu (superposition) dapat ditulis sebagai $M = m(a_1 + a_2)$, dimana m adalah faktor amplifikasi. Teori pendekatan linear memberikan $m = 1$, namun untuk kasus nonlinear dengan sudut kedatangan tertentu, mungkin didapatkan $m = 2$ (Miles, 1977). Pada penelitian tentang tsunami, tabrakan soliton ini digunakan untuk mempelajari amplifikasi gelombang nonlinear pada desain tanggul laut (Yuliawati dkk 2015). Selain itu, kasus tabrakan soliton menjadi kasus yang menarik untuk menguji akurasi nonlinear dan sifat dispersi dari suatu model gelombang dan implementasinya (Escalante dkk 2018). Hal ini dikarenakan pada saat terjadi tabrakan soliton, skema numerik dari suatu model gelombang harus mampu untuk merepresentasikan interaksi nonlinear secara akurat.

Pada umumnya, studi terkait propagasi gelombang soliton secara numerik dilakukan dengan menggunakan model gelombang klasik *Korteweg-de Vries* (KdV) yang merupakan model gelombang satu arah (*unidirectional model*), yang valid untuk kasus nonlinear lemah (*weakly nonlinear*) dan dispersi lemah (*weakly dispersion*) (lihat Wang dkk 2018, Ermakov & Stepanyants 2019). Beberapa peneliti lainnya menganalisis interaksi soliton dengan model yang lebih kompleks yaitu model tipe *Kadomtsev & Petviashvili* atau KP model (Ablowitz & Baldwin 2012) dan tipe Boussinesq (Darvishi dkk 2017, Hassan 2009).

Selain dipelajari secara analitik maupun secara eksperimen fisik, interaksi soliton dapat dipelajari dengan pendekatan numerik. Model numerik yang digunakan ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menyimulasikan kasus-kasus realistik, seperti tsunami ataupun propagasi soliton pada pantai. Pada artikel ini, tabrakan soliton akan dipelajari melalui numerik. Model gelombang yang digunakan adalah model gelombang nonlinear dan dispersif yang dinamakan model *Variational Boussinesq* (VB) yang diperkenalkan oleh (Adytia & Groesen 2012), (Lawrence dkk 2018), (Adytia dkk 2018). Pada artikel ini model VB akan diimplementasikan dengan metode *Finite Element* (FE) pada *grid collocated*. Akurasi dari implementasi numerik model ini akan diuji dengan melakukan dua kasus propagasi soliton. Kasus pertama yaitu propagasi soliton pada dasar rata yang akan dibandingkan dengan solusi soliton analitik, dan kasus kedua adalah tabrakan dua soliton (*head on collision*) yang identik.

Isi dari artikel ini adalah sebagai berikut. Pada Bab 2, akan dideskripsikan model *Variational Boussinesq* yang diikuti oleh implementasi numerik dengan menggunakan metode *Finite Element* pada Bab 3. Pada Bab 4 akan dilakukan uji skema numerik untuk menyimulasikan propagasi soliton dan kasus tabrakan soliton. Artikel ini ditutup dengan kesimpulan pada Bab 5.