

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Soliton atau disebut juga gelombang soliter (*solitary wave*) merupakan jenis paket gelombang tunggal (pulsa) yang mampu mempertahankan bentuk/profilnya ketika merambat dalam suatu medium dengan kecepatan konstan (Agrawal, 2013). Berdasarkan tinjauan historis, soliton ditemukan pertama kali pada fenomena gelombang air yang terisolasi stabil di sebuah saluran sempit atau kanal (Russel, 1845; Zabusky dan Kruskal, 1965). Dalam beberapa dekade berikutnya, ditemukan bahwa soliton mampu menjadi solusi unik untuk sebuah persamaan dinamika gelombang yang merambat dalam suatu medium optik nonlinier (Chiao dkk., 1964; Zakharov dan Shabat, 1972). Ilmuwan-ilmuwan modern generasi kedua (sekarang) meramalkan bahwa studi soliton dalam medium optik nonlinier ini akan turut mengambil peran dalam perjalanan revolusi sains dan teknologi hingga masa mendatang. Salah satu studi tersebut adalah perlunya dilakukan penempatan secara berdekatan dua soliton untuk meningkatkan daya dukung informasi dari serat optik. (Biswas, 2012).

Secara teoritis, kajian soliton dalam medium optik nonlinier dipelajari menggunakan disiplin ilmu fisika, khususnya fisika optik (*optical physics*) dan fisika teoritis nonlinier (*nonlinear theoretical physics*) (Agrawal, 2013). Penelitian kali ini dimaksudkan untuk mengaplikasikan konsep dan metode fisika teoritik (optik dan nonlinier) pada kajian soliton. Soliton dalam medium optik nonlinier, selanjutnya disebut soliton optik terbagi menjadi tiga kategori, yaitu soliton temporal, spasial dan spasial-temporal (Savescu dkk., 2014; Mirzazadeh dkk.,

2015). Menurut Kajzar dan Reinisch, soliton optik temporal adalah pulsa yang terwujud dalam domain waktu yang mampu merambat secara stabil (menjaga konsistensi profilnya) dalam medium optik untuk ruang yang terbatas (terbatas secara spasial) (Kajzar dan Reinisch, 2006; Nehmetallah dan Banerjee, 2006). Sementara itu, kategori spasial ditujukan untuk soliton optik yang merambat dalam ruang yang tidak terbatas (tidak terbatas secara spasial) dan terwujud pada domain ruang (Kajzar dan Reinisch, 2006; Savescu dkk., 2014). Terakhir, soliton optik spasial-temporal adalah perpaduan antara kategori temporal dan spasial yang bersifat stasioner dalam domain ruang dan waktu (Kajzar dan Reinisch, 2006; Qiu dkk., 2017). Tentunya, masing-masing kategori memiliki keunikan tersendiri untuk dipelajari, akan tetapi penelitian ini difokuskan untuk kajian teoritis soliton optik temporal dalam medium optik nonlinier berupa serat optik nonlinier. Serat optik nonlinier memiliki potensi aplikasi yang sangat penting untuk perwujudan teknologi komunikasi berkecepatan tinggi di masa depan (Agrawal, 2001; Mollenauer dan Gordon, 2006; Mirzazadeh dkk., 2015).

Ide penelitian soliton temporal dalam medium serat optik nonlinier awalnya muncul dari hasil temuan Hasegawa tahun 1973 (Hasegawa, 1973). Kemudian mengalami perkembangan yang sangat drastis, yang akhirnya diperkenalkan pada komunitas fisikawan dunia model persamaan Schrödinger nonlinier (selanjutnya disebut NLS) sebagai formula teoritis soliton untuk serat optik nonlinier (Agrawal, 2013; Alabedalhadi dkk., 2020; Yu dkk., 2021). Penyelidikan soliton optik temporal dalam serat optik nonlinier melalui model teoritis NLS telah banyak dilakukan, mulai dari peninjauan ulang, analisis fisis, pengembangan model, hingga

variasi-variasi metode penyelesaian (Liu dkk., 2018; Zhang dkk., 2018; Ripai, 2020). Penelusuran referensi terakhir yang menarik perhatian adalah penelitian Ripai pada tahun 2020, yang sukses merangkum penelitian-penelitian sebelumnya dan memperlihatkan ketepatan (*benchmark*) dari metode-metode apa saja yang *power-full* untuk permasalahan NLS. Selain itu, Ripai (2020) juga mendeskripsikan ulang bahwa soliton optik temporal terealisasi dari keseimbangan yang tepat antara efek dispersi dan nonlinieritas dari medium (serat optik nonlinier), dimana sangat sesuai dengan jati diri soliton (Ripai, 2020). Parameter dispersi dan nonlinieritas medium juga diperlihatkan mempengaruhi evolusi dari soliton tersebut (Ripai, 2020; Ripai dkk., 2020). Oleh karena itu, menarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut berdasarkan apa yang telah dilakukan Ripai di tahun 2020, terlebih apabila terdapat faktor gangguan (perturbasi) lain yang mempengaruhi evolusi soliton.

Penelitian ini membahas karakteristik soliton optik untuk kategori temporal berdasarkan persamaan NLS perturbatif dalam serat optik nonlinier. Secara keseluruhan, penelitian yang dilakukan mengacu pada penelitian Ripai (2020), hanya saja menambahkan parameter gangguan (perturbasi) ke dalam persamaan NLS secara langsung (*by hand*) dan mempelajari karakteristik soliton dari persamaan termodifikasi tersebut. Persamaan modifikasi NLS untuk penelitian ini akan disebut dengan persamaan NLS perturbatif. Sementara itu, metode penyelesaian yang dipakai adalah metode analitik yang familiar dikenal metode penyelesaian langsung (*via direct solution method*). Ripai (2020) sebelumnya telah sukses menunjukkan bahwa metode ini dapat memberikan solusi analitik

persamaan NLS yang asli (nonperturbatif), begitu juga dengan peneliti-peneliti lain (Taylor, 2017; Zhang dkk., 2018). Selanjutnya, juga digunakan metode penyelesaian alternatif, berupa metode numerik *split-step Fourier* untuk semakin meningkatkan keakuratan hasil secara numerik. Secara kualitatif, keakuratan metode (*benchmark*) *split-step Fourier* untuk problem NLS juga telah ditunjukkan oleh Ripai (2020). Terakhir, karakteristik soliton optik dari hasil perhitungan akan dibahas berdasarkan prinsip dan parameter-parameter fisis terkait.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki dan mempelajari karakteristik soliton optik kategori temporal persamaan Schrödinger nonlinier (NLS) perturbatif. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gagasan baru yang berfungsi sebagai referensi tambahan untuk penelitian-penelitian lebih lanjut terkait soliton optik.

1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada penyelidikan karakteristik soliton optik temporal dari persamaan NLS perturbatif. Adapun ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan berupa modifikasi persamaan NLS ke dalam model perturbatif secara langsung (*by hand*) dengan penambahan parameter gangguan (perturbasi). Penyelesaian persamaan NLS perturbatif menggunakan metode analitik *direct solution method* dan metode numerik *split-step Fourier*. Terakhir, penyajian hasil perhitungan secara visual menggunakan bantuan *software* MATLAB R2021a dan *Wolfram Mathematica II* ke dalam bentuk kurva gambar.