

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama tiga dekade terakhir, soliton dalam media fotorefraktif telah menarik minat banyak kalangan karena potensi aplikasinya dalam *optical switching* (Krolikowski dkk., 1996; Peccianti dkk., 2002), *routing* (Peccianti dkk., 2004), *waveguiding* (Peter dan Danz, 2001; Popescu dkk., 2013), *signal processing* (Chen dkk., 2012) dan pengembangan perangkat optik untuk komunikasi (Katti dkk., 2018). Berbagai studi yang telah dilakukan, baik secara teoritis (Yang, 2004; DelRe dkk., 2005; Hao dkk., 2014a; Hao dkk., 2014b; Ripai dkk., 2021; Deshmukh dkk., 2023; Zhang dan Medina, 2023) maupun eksperimen (Krolikowski dkk., 1998; Shandarov dkk., 2000; Petrovic dkk., 2005; Imbrock dkk., 2009; Tsarukyan dkk., 2022; Wan dkk., 2023), telah mengungkapkan keragaman yang kaya dari soliton dalam media fotorefraktif. Salah satu jenis soliton fotorefraktif yang menarik perhatian adalah *gap soliton* yang domain keberadaannya ditentukan oleh spektrum gelombang Bloch dari kisi optik (Xu dkk., 2006; Liu, 2023).

Zhan dan Hou (2020) pertama kali menganalisis keberadaan dan stabilitas *gap soliton* yang didukung oleh kisi optik periodik dengan efek elektro-optik kuadrat dalam *Bias Centrosymmetric Photorefractive Crystal* (BCPC). Penelitian ini menunjukkan bahwa *gap soliton* pada *finite band gap* pertama simetris dalam dimensi transversal, memiliki puncak tunggal, positif, dan stabil. Katti dan Katti (2020) kemudian menyelidiki keberadaan dan stabilitas *gap soliton* yang

didukung oleh kisi optik periodik dalam *Bias Photorefractive Crystal- Linear and Quadratic Electro-Optic Effect* (BPC-LQEOE). Pada penelitian tersebut, *gap soliton* ditemukan tidak stabil pada *finite band gap* pertama. Hal ini, diduga karena adanya interaksi antara efek elektro-optik linier dan kuadrat pada BPC-LQEOE. Sehingga, interaksi antara keduanya diduga menjadi pemicu ketidakstabilan *gap soliton* dalam BPC-LQEOE. Dugaan ini diperkuat, ketika besaran koefisien elektro-optik linier β_1 dan kuadrat β_2 diatur, kekuatan dari kedua efek elektro-optik masing-masing diwakili oleh koefisien β_1 untuk elektro-optik linier dan β_2 untuk elektro-optik kuadrat, tingkat ketidakstabilan *gap soliton* dalam BPC-LQEOE ditemukan meningkat seiring peningkatan rasio antara koefisien elektro-optik β_1/β_2 (Katti dan Katti, 2020). Tingkat ketidakstabilan yang paling tinggi terjadi ketika efek dari elektro-optik linier lebih dominan.

Hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara khusus membahas keberadaan dan stabilitas *gap soliton* yang didukung oleh kisi optik periodik dengan efek elektro-optik linier dalam *Bias Non-Centrosymmetric Photorefractive Crystal* (BNCPC). Oleh karena itu, alasan yang lebih komprehensif mengenai masalah ketidakstabilan *gap soliton* dalam BPC-LQEOE masih jauh dari jelas. Pertanyaan apakah ketidakstabilan *gap soliton* pada *finite band gap* pertama disebabkan oleh dominasi efek elektro-optik linier dalam BPC-LQEOE masih perlu dipelajari dan diselidiki lebih lanjut. Mengikuti Katti dan Katti (2020), *gap soliton* pada *finite band gap* pertama dalam BPC-LQEOE tanpa dilakukan tinjauan lebih lanjut seharusnya menghasilkan *gap soliton* yang tidak

stabil. Hal ini bertentangan dengan fakta awal penemuan soliton dalam media fotorefraktif. Selama ini, soliton dalam fotorefraktif juga telah dipahami keberadaannya stabil dalam kelas BNCPC (Christodoulides dan M. Carvalho, 1995), BCPC (Hou dkk., 2004; Zhan dkk., 2011; Hao dkk., 2014), dan BPC-LQEOE (Katti, 2019; Ripai dkk., 2021; Abdullah dkk., 2023). Dengan demikian sumber masalah yang mungkin paling utama memicu ketidakstabilan *gap soliton* pada *finite bandgap* pertama dalam BPC-LQEOE adalah bentuk potensial kisi optik yang periodik. Bentuk potensial kisi optik periodik diasumsikan hanya dapat mendukung *gap soliton* yang stabil pada *finite band gap* pertama dalam kristal fotorefraktif yang memiliki efek elektro-optik kuadrat saja, seperti dalam BCPC atau BPC-LQEOE ketika dominasi efek elektro-optik kuadrat menjadi sangat kuat (Zhan dan Hou, 2012; Katti dan Katti, 2020). Sementara itu, efek elektro-optik linier BPCNC BPC-LQEOE dengan potensial kisi optik periodik diduga lemah dalam menekan difraksi berkas optik (Katti dan Katti, 2020).

Fenomena menarik tentang penekanan difraksi, atau pandu gelombang yang dimediasi kisi telah dilaporkan (Cohen dkk., 2004). Penting untuk dipahami bahwa pengendalian difraksi melalui mediasi kisi optik, semisal pada sinar laser, pada prinsipnya tidak lagi memerlukan modulasi indeks bias yang begitu kuat seperti efek elektro-optik (Cohen dkk., 2004, Kartashov dkk., 2005). Efek elektro-optik dari media hanya berperan dalam mewujudkan keberadaan *gap soliton*. Namun, seperti dalam kasus BPC-LQEOE, *gap soliton* masih tidak stabil untuk kasus efek elektro-optik linier lebih dominan. Dua dekade yang lalu, Kartashov dkk, (2005) mengeksplorasi prospek yang ditawarkan oleh *Periodic Optical*

Lattices-Quadratic Frequency Modulation (POL-QFM) untuk pengendalian difraksi dalam media *defocusing*. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan mengubah kedalaman kisi dengan tepat, dapat mencapai penekanan difraksi dan merubah sifat media *defocusing* menjadi seperti media *focusing*. Sifat-sifat difraksi seperti ini ditemukan dapat mengubah secara kualitatif sifat-sifat *gap soliton*, mengarah ke fenomena stabil dalam media *defocusing* (Kartashov dkk., 2005).

Penelitian ini berisi usulan pengembangan model potensial POL-QFM untuk mendukung *gap soliton* yang stabil pada *finite band gap* pertama dalam BPC-LQEOE. Untuk keperluan ilustrasi, BPC-LQEOE dipertimbangkan pada kristal Timbal Magnesium dengan 33% mol Timbal Titanium (PMN-0.33PT). Parameter-parameter yang berkaitan dengan kristal PMN-0.33PT diberikan oleh penelitian sebelumnya (Katti dan Katti, 2020). Pertama-tama, memformulasikan persamaan dinamika *envelope* berkas optik yang merambat dalam BPC-LQEOE. Persamaan dinamika *envelope* diturunkan secara langsung melalui metode perambatan berkas optik (MPBO). Pada saat yang sama, model potensial POL-QFM ditambahkan ke dalam persamaan perambatan berkas optik. Persamaan dinamika *envelope* termodifikasi potensial POL-QFM kemudian diselesaikan dengan mengambil *ansatz* yang sesuai untuk solusi *gap soliton* (Zhan dan Hou, 2012; Katti dan Katti, 2020). Selanjutnya mempelajari karakteristik profil dan stabilitas *gap soliton* yang didukung oleh POL-QFM pada *finite band gap* pertama dalam BPC-LQEOE. Masalah stabilitas ditelusuri dari daya *gap soliton* berdasarkan kriteria Vakhitov-Kokolov (VK). BPC-LQEOE merupakan media

yang memiliki kedua efek elektro-optik maka interaksi antara kedua efek elektro-optik ini juga diinvestigasi.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian bertujuan mengaplikasikan POL-QFM sebagai pendukung *gap soliton* dalam BPC-LQEOE. Penelitian ini dilakukan karena kebermanfaatannya dalam menstabilkan *gap soliton* agar bisa diaplikasikan secara eksperimen dan teknologi optik seperti gerbang logika dan *optical switching*.

1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Demi menghindari meluasnya objek kajian maka batasan masalah difokuskan pada hal-hal berikut,

1. Memodelkan persamaan berkas optik dalam BPC-LQEOE menggunakan metode perambatan berkas sinar dan menambahkan potensial POL-QFM.
2. Persamaan dinamika *envelope* termodifikasi potensial POL-QFM kemudian diselesaikan dengan mengambil *ansatz* yang sesuai untuk solusi *gap soliton*, mengacu pada referensi (Katti dan Katti, 2020).
3. Solusi *gap soliton* sebagai profil *gap soliton* dipelajari karakteristik dan stabilitasnya pada *finite band gap* pertama.
4. BPC-LQEOE merupakan media yang memiliki dua efek elektro-optik sehingga peran antara kedua efek elektro-optik juga diinvestigasi