

Intisari

Efek Elektrohodinamika Frekuensi Rendah pada Sel Kristal Cair Nematik Termodifikasi Nanofiber sebagai Lapisan Penyearah dan Sel Parallelepiped

oleh

Bhisma Mahendra
16/408181/SPA/00595

Telah dilakukan penelitian fenomena elektrohodinamika (EHD) frekuensi rendah (rezim konduktif) pada sel kristal cair nematik (KCN) termodifikasi. Penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu pengamatan pola EHD frekuensi rendah pada sel KCN dengan nanofiber sebagai lapisan penyearah dan pada sel KCN dengan bagian nonkonveksi atau sel *parallelepiped*.

Beberapa penelitian terkini menunjukkan nanofiber polimer dengan orientasi sejajar dapat digunakan sebagai lapisan penyearah sel KCN sehingga menjadi alternatif metode nonkontak dari metode *rubbing* yang sudah lebih umum digunakan. Efek penyearahan dapat bertahan setelah sel diberi medan listrik hingga mengalami transisi Freederickzs dengan tegangan ambang yang sama dengan sel *rubbing*. Pada penelitian ini akan dilakukan pemberian medan listrik dengan tegangan pembangkit lebih tinggi dari tegangan ambang Freederickzs untuk mengamati fenomena EHD frekuensi rendah pada sel kristal cair yang menggunakan nanofiber sebagai lapisan penyearahnya. Nanofiber berbahan *Poly(vinyl Alcohol)* (PVA) yang digunakan, diperoleh dengan menggunakan metode elektrospinning. Modifikasi dilakukan pada bagian kolektor dengan menggunakan celah untuk memperoleh nanofiber sejajar yang sesuai dengan kebutuhan penyearahan. Celah kolektor yang digunakan adalah 20 mm untuk fiber A dan 15 mm untuk fiber B. Nilai parameter kesejajaran yang diperoleh pada fiber A dan B secara berturut-turut $S_A = 0,972 \pm 0,088$ dan $S_B = 0,998 \pm 0,003$. Variasi pada jarak *needle*-kolektor, l , dari 40 – 80 mm tidak menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai S kecuali penurunan pada $l = 40$ mm. Dibuat dua jenis sel yaitu sel longitudinal dengan fiber A dan sel transversal dengan fiber B. Teramati pola *Williams domain* (WD), *fluctuating Williams domain* (FWD), *grid pattern* (GP), *dynamic scattering mode 1* (DSM) dan DSM 2 pada sel longitudinal, dengan hierarki pola yang sama dengan sel *rubbing*. Namun teramati adanya perbedaan pada pola WD yaitu garis-garis yang berkelok yang mana pada sel konvensional garis-garis konveksinya berupa garis lurus. Pada sel transversal dengan jarak elektroda 240 mm, pola yang teramati berupa WD, *sawtooth pattern* (STP), dan DSM. Namun pada sel dengan jarak 200 mm, pola STP tidak teramati. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nanofiber dapat digunakan sebagai alternatif metode *rubbing* baik pada sel transversal maupun longitudinal dalam pengamatan fenomena EHD.

Salah satu pola EHD frekuensi rendah yang menarik adalah pola *travelling waves* (TW). Pola TW merupakan salah satu contoh fenomena nonlinear Hopf *bifurcation*. Pola TW biasanya teramati ketika KCN diberi medan listrik dengan tegangan pembangkit berfrekuensi mendekati frekuensi kritis, f_c , (frekuensi yang memisahkan fenomena EHD frekuensi rendah dan frekuensi tinggi) sebagai pola EHD pertama berupa pola garis gelap terang (menyerupai WD) yang bergerak acak sejajar direktor yang pembentukannya dijelaskan oleh *weak-electrolyte model* (WEM). Karena tegangan ambang pola EHD memiliki hubungan eksponensial terhadap frekuensi dan menuju tak hingga pada saat

frekuensi mendekati f_c (mekanisme Carr-Helfrich) maka diperlukan tegangan pembangkit yang sangat besar ($\gg V_c$) untuk dapat mengamati TW. Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi sel dengan menambahkan bagian nonkonveksi sehingga sel KCN menjadi berbentuk *parallelepiped* dengan tujuan untuk mengamati pola *travelling waves* (TW) pada frekuensi dan tegangan pembangkit yang rendah. Pada bagian nonkonveksi terjadi penumpukan ion yang menyebabkan konduktivitas tegak lurus medan tidak lagi homogen sehingga berlaku model WEM. Hasil pengamatan menunjukkan hierarki pola yang umum pada frekuensi rendah yaitu WD, FWD, GP dan DSM. Pola WD yang teramati bergerak perlahan seperti pada pola TW. Namun pola yang teramati bergerak secara seragam dari bagian tepi sel menuju bagian tengah sel. Kecepatan perambatan pola mengalami penurunan secara linier semakin dekat dengan bagian tengah sel. Pengukuran terhadap parameter tegangan dan frekuensi menunjukkan bahwa terjadi penurunan kecepatan ketika kedua parameter tersebut ditingkatkan, hasil ini berbanding terbalik dengan pola TW. Kemudian, pada saat temperatur dinaikkan, kecepatan aliran meningkat secara linier. Dari hasil-hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa telah teramati sebuah pola dinamis baru pada hierarki pola EHD yang terbentuk akibat mekanisme WEM namun terbedakan dari pola TW.

Kata Kunci: Kristal cair nematik, elektrohodinamika, nanofiber, elektrospining, aliran translasi.

Abstract

Low-frequency Electrohydrodynamic Effect on Nematic Liquid Crystal in modified cell with Nanofiber as Alignment Layer and Parallelepiped Cell

by

Bhisma Mahendra
16/408181/SPA/00595

Low-frequency (conducting regime) electrohydrodynamic (EHD) phenomenon in modified nematic liquid crystal (NLC) cell was studied. This study had been divided in two parts: observation of low frequency EHD pattern in modified nematic liquid crystal (NLC) cell using nanofiber as alignment layer and NLC cell with nonconvection area or parallelepiped cell.

Recent studies show that parallel oriented polymer nanofiber can be used as alignment layer in NLC cell as a noncontact alternative of conventional rubbing method. The alignment effect was remained after undergone Freederickzs transition which have the same threshold voltage as in conventional rubbing cell. In this study, some observation and analysis of low-frequency EHD in such a system was done. The polymer used in this study was Poly(vinyl Alcohol) (PVA). To achieve parallel oriented nanofiber for alignment, a modified electrospinning method with gap collector was used, with two variation of gap were used, 20 mm as fibre A and 15 mm as fiber B. An alignment parameter of fiber A and fiber B was $S_A = 0.972 \pm 0.088$ and $S_B = 0.998 \pm 0.003$ respectively. Meanwhile, a variation in needle-collector distance, l , from 40 mm to 80 mm shows no significant effect on the alignment parameter except a declination in $l = 40$ mm. Two type of cell was created, a longitudinal-view cell using fiber A as alignment and transversal-view cell using fiber B. Williams domain (WD), fluctuating Williams domain (FWD), grid pattern (GP), dynamic scattering mode (DSM) 1 and DSM 2 was observe on longitudinal-view cell. The pattern hierarchy is the same as observed in conventional rubbing cell. However, the WD observed in this experiment was slightly curvy compared to typical straight pattern of WD. In the transversal-view cell with distance between electrode, d , 240 μm WD, sawtooth-pattern (STP) and DSM was observed. However, the STP pattern did not appeared in $d = 200$ μm cell. In conclusion, nanofiber NLC cell had the same low-frequency EHD phenomenon as rubbing NLC cell.

One of the interesting patterns observed in low-frequency EHD is travelling waves (TW). TW pattern is one of few examples of nonlinear phenomenon called Hopf bifurcation. TW was usually observed when an electric field form an A.C. voltages with frequency close to cut-off frequency, f_c , was applied to NLC cell, as the primary pattern in the form of a bright and dark pattern (resembling WD) that moves slowly at random direction parallel to the director. This phenomenon was well explained by weak-electrolyte model. Because the EHD pattern threshold voltage is exponential to the frequency and become infinity when the frequency reach f_c (Carr-Helfrich mechanism), a high voltage generator ($\gg V_{WD}$) was needed to observe TW pattern. In this study the study, conventional NLC cell was modified by adding nonconvictional area which made the cell became parallelepiped for observing a traveling waves (TW) pattern in low frequency and low voltage. In the nonconvection area there was an ion build up that caused the perpendicular conductivity of system no longer homogeneous, thus the WEM applied. A typical low-

frequency pattern hierarchy was observed e.g. WD, FWD, GP and DSM. Furthermore, the WD pattern was slowly shifting toward the center of the cell. As it got further from the edge of the cell, the flow velocity decreases linearly. Further analysis toward the voltage and frequency shows a decline in the flow velocity when both those parameters were increased. This result was contradictory with what was found in TW. In conclusion, a new dynamic low-frequency EHD pattern was observed in low frequency and low voltage cause by WEM but was different from TW pattern.

Keywords: Nematic liquid crystal, electrohydrodynamics, nanofiber, electrospinning, translational flow.