

PEMBENTUKAN FASA KOLESTERIK DAN SMEKTIK PADA KRISTAL CAIR MBBA DENGAN PENAMBAHAN KRISTAL CAIR (S)-MHPOBC

E. Giri Rachman Putra¹, A. Fajar¹, A. Rusli² dan B. Ariwahjoedi³

¹Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN
Kawasan Puspipstek, Serpong, Tangerang 115314

²Jurusan Fisika FMIPA - ITB
Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132

³Jurusan Kimia FMIPA - ITB
Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132

ABSTRAK

PEMBENTUKAN FASA KOLESTERIK DAN SMEKTIK PADA KRISTAL CAIR MBBA DENGAN PENAMBAHAN KRISTAL CAIR (S)-MHPOBC. Telah dipelajari pembentukan fasa kolesterik dan smektik dari kristal cair MBBA, 4-Methoxybenzylidene-4-n-Buthylaniline, yang memiliki fasa nematik dengan penambahan 0,8% mol kristal cair (S)-MHPOBC, (S)-4-(1-Methylheptyloxycarbonyl) Phenyl-4'-Octyloxybiphenyl-4-Carboxylate. Penambahan tersebut telah menggeser suhu transisi fasa nematik- isotropik MBBA dari 42,06 °C menjadi 38,58 °C. Pengamatan dengan mikroskop optik *crossed polarizers* memperlihatkan terbentuknya fasa nematik kiral atau kolesterik yang memiliki tekstur lamelar. Fasa smektik juga terbentuk pada suhu kamar yang memberikan tekstur *focal conic fan* setelah sampel diberi medan listrik.

Kata kunci : Kristal cair, nematik kiral, smektik, feroelektrik

ABSTRACT

A FORMATION OF CHOLESTERIC AND SMECTIC PHASES IN LIQUID CRYSTAL MBBA WHICH IS DOPED BY (S)-MHPOBC. A formation of cholesteric and smectic phases in liquid crystal of MBBA, 4-Methoxybenzylidene-4-n-Buthylaniline, which has nematic phase by adding 0.8% mole of (S)-MHPOBC has been carried out. The transition temperature of nematic-isotropic phase of MBBA shifted from 42,06 °C to 38,58 °C by addition of (S)-MHPOBC, (S)-4-(1-Methylheptyloxycarbonyl) Phenyl-4'-Octyloxybiphenyl-4-Carboxylate. A lamellar texture has been observed under a crossed polarizers optical microscope as a chiral nematic or cholesteric phase occurred. By applying electric field on a smectic phase at the room temperature a focal conic fan texture also formed.

Key words : Liquid crystal, chiral nematic, smectic, ferroelectric

PENDAHULUAN

Kristal cair (*liquid crystal*) dapat diartikan sebagai keadaan antara zat cair (fasa isotropik) dan zat padat (fasa kristalin), yaitu dengan menunjukkan keteraturan seperti kristal tetapi masih dapat mengalir [1]. Bahan ini sangat banyak diaplikasikan untuk teknologi *flat display*, filter, pigmen, dan sebagainya sebagai efek dari sifat optik non-linier yang dimilikinya [2].

Transisi fasa pada kristal cair dari fasa kristalin menjadi fasa isotropik dapat disebabkan oleh faktor suhu (*thermotropic*), konsentrasi senyawa polar dengan pelarut (*lyotropic*), atau keduanya (*amphotropic*). Kristal cair termotropik ini dapat dibagi menjadi tiga golongan fasa berdasarkan keteraturan molekul terhadap arah sumbu orientasinya, yaitu fasa nematik (N), nematik kiral atau kolesterik (Ch), dan smektik (Sm).

Dewasa ini, teknologi *liquid crystal display* (LCD) menggunakan bahan organik yang mempunyai

fasa nematik sebagai *twisted nematic LCD* [3,4]. Namun demikian, LCD dari bahan organik yang memiliki fasa kolesterik dan feroelektrik terus diteliti dan dikembangkan untuk *supertwisted nematic* (STN) serta *ferroelectric LCD* [4,5,6]. Salah satu metode mendapatkan sifat karakteristik baru untuk diaplikasikan sebagai LCD, adalah dengan memberi *dopan* kristal cair lain atau senyawa organik lainnya yang memiliki fasa-fasa dan sifat-sifat tertentu dengan konsentrasi hingga 10% [2,7,8]. Untuk itu, sifat-sifat ketercampuran yang dapat memberikan efek memori, efek warna, penurunan potensial ambang (*threshold voltage*), penyeragaman orientasi molekul (*alignment*), penurunan tahanan listrik, kestabilan terhadap suhu, elastisitas, dan sebagainya sangat perlu untuk diteliti dan dipelajari lebih lanjut [9]. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan bahan kristal cair yang memiliki kemampuan lebih baik untuk diaplikasikan sebagai LCD.

Kristal cair MBBA, 4-Methoxybenzylidene-4-n-Buthylaniline, memiliki fasa nematik pada suhu ruang dan merupakan kristal cair yang telah diproduksi secara komersil dan banyak digunakan untuk LCD metode hamburan dinamik.[10] Kristal cair MBBA termasuk golongan basa *Schiffs* yang memiliki transisi fasa kristalin-nematik pada 22 °C, dan nematik-isotropik pada 48 °C. Sedangkan molekul kristal cair (S)-MHPOBC, (S)-4-(1-Methylheptyloxycarbonyl) Phenyl-4'-Octyloxybiphenyl-4-Carboxylate, memiliki atom karbon asimetrik (kiral) serta fasa feroelektrik, yaitu muatan yang ada pada molekul MHPOBC dapat terpolarisasi secara spontan [11]. Kristal cair ini memiliki beberapa suhu transisi, yaitu transisi fasa kristalin (72,0 °C) smektik C_A* (118,7 °C) smektik C_g (119,4 °C) smektik C* (121,0 °C) smektik C_a* (122,0 °C) smektik A (147,6 °C) isotropik [12].

Beberapa kekurangan pada teknologi LCD menggunakan kristal cair nematik seperti MBBA adalah sudut pandangnya (*viewing angle*) yang kecil, waktu respon yang lambat, kontras "ON-OFF" yang kurang baik, serta penggunaan energi yang cukup besar untuk sumber cahaya. Sementara itu kristal cair (S)-MHPOBC memiliki kelebihan dalam waktu respon terhadap medan listrik yang cepat, kontras yang baik, namun suhu kerjanya jauh di atas suhu ruang. Dalam penelitian ini akan dilakukan pencampuran kedua kristal cair tersebut yang akan menghasilkan fasa-fasa baru, perubahan suhu transisi serta sifat opto-elektroniknya yang akan dipelajari lebih lanjut.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Kristal cair komersial MBBA diperoleh dari Aldrich, sedangkan kristal cair (S)-MHPOBC dan rasemik MHPOBC [campuran 1:1 antara (S)-MHPOBC dengan (R)-MHPOBC] yang harus disintesis dalam laboratorium, diperoleh penulis (AF) dari Prof. Hiroshi Orihara dari laboratorium penelitian kristal sintetik, fakultas teknik, universitas Nagoya, Jepang, dalam jumlah yang sangat terbatas.

Cara Kerja

Penyiapan sampel atau cuplikan dilakukan dengan mencampurkan 0,3 mililiter MBBA dengan 0,05 g (S)-MHPOBC, sehingga diperoleh konsentrasi 0,8% mol (S)-MHPOBC dalam MBBA. Konsentrasi ini dipilih karena keterbatasan jumlah sampel (S)-MHPOBC, sehingga tidak dapat dilakukan variasi konsentrasi. Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 150 °C selama dua jam sambil diaduk dengan pengaduk magnetik untuk mendapatkan campuran yang homogen. Cuplikan ini kemudian diinjeksikan ke dalam piksel atau ditempatkan di antara dua kaca preparat membentuk lapisan tipis untuk diobservasi lebih lanjut. Rasemik kristal cair

MHPOBC digunakan untuk analisis termal dan spektroskopi infra merah dengan konsentrasi 0,8% mol MHPOBC melalui prosedur penyiapan sampel yang sama seperti senyawa kiralnya.

Alat

Pengamatan strukturmikro atau tekstur kristal cair dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik Nikon-Labo-Pol dengan sistem transmisi yang dilengkapi dengan polarisator dan analisisator (*crossed polarizers*), berada di laboratorium Optik-Mineral, Puslitbang Geoteknologi LIPI Bandung. Analisisator serta meja cuplikan dapat dirotasi relatif terhadap arah sumbu polarisator. Mikroskop ini dihubungkan dengan kamera sehingga dapat dilakukan pemotretan (fotomikrografi) terhadap sampel yang diobservasi, baik dalam keadaan statik maupun dinamik. Analisis termal, yaitu untuk mengamati terjadinya transisi fasa dalam sampel dilakukan dengan menggunakan *Differential Thermal Analysis, TA Instrument 1600*. Spektroskopi infra merah (IR), *Perkin Elmer 600*, digunakan untuk mengamati struktur molekul kristal cair dari vibrasi atom-atom yang terjadi dalam molekul kristal cair tersebut. Analisis termal dan spektroskopi infra merah dilakukan di laboratorium Kimia Material, jurusan Kimia ITB.

Pemodelan geometri molekul dilakukan berdasarkan perhitungan mekanika molekul menggunakan perangkat lunak *PC Model* [13], di Puslitbang Teknik Nuklir BATAN. Geometri molekul ini penting untuk menunjukkan bentuk dan ukuran molekul optimum kristal cair pada energi sterik minimumnya serta distribusi elektron dalam molekul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis termal berdasarkan kurva *DTA* pada kristal cair murni MBBA dan MHPOBC, serta MBBA + 0,8% mol MHPOBC ditunjukkan pada Tabel 1.

Kristal cair MBBA murni hanya memiliki satu puncak endotermik pada suhu 42,06 °C yang merupakan transisi fasa nematik menjadi isotropik. Sedangkan

Tabel 1. Puncak endotermik transisi fasa dari kristal cair MBBA, MHPOBC dan MBBA + 0,8% mol MHPOBC dengan laju pemanasan 2 °C/menit dari suhu ruang.

Sampel	Puncak endotermik (°C)	Referensi [12] (°C)	Referensi [14] (°C)
MBBA	42,06		
MHPOBC	54,78	72,0	84,0
	79,03	118,7	118,4
	85,43	119,4	119,2
	148,29	121,0	120,4
		122,0	122,0
		147,6	148,0
MBBA + 0,8% mol MHPOBC	38,58		
	54,78		

transisi fasa kristalin menjadi nematik tidak dapat diamati, karena terjadi di bawah suhu ruang.[14] Kristal cair MHPOBC murni memiliki beberapa suhu transisi, dua diantaranya yaitu 85,43 °C dan 148,29 °C adalah puncak endotermik yang cukup tajam. Sedangkan puncak lainnya relatif lebar dan lemah pada 54,78 °C dan 79,03 °C. Transisi fasa kristalin menjadi fasa kristal cair, terjadi pada suhu 85,43 °C, seperti yang di laporkan oleh Hiraoka *et.al.*[15] bahwa transisi fasa kristalin menjadi fasa smektik C_A^* terjadi pada suhu 84,0 °C. Dua buah puncak endotermik yang lemah di bawah suhu 85,43 °C hanya merupakan penataan kembali molekul-molekul dalam fasa kristalinnya dan tidak membentuk fasa baru. Sedangkan suhu 148,29 °C jelas merupakan transisi fasa smektik A menjadi fasa isotropik dari kristal cair MHPOBC. Sedangkan transisi fasa yang ada pada daerah sekitar 118 hingga 122 °C[12] tidak dapat teramati dalam percobaan ini karena sampel yang digunakan dalam analisis termal ini adalah senyawa rasemik MHPOBC, dan bukan senyawa kiral (S)-MHPOBC. Senyawa rasemik ini dapat menyebabkan hilangnya fasa-fasa yang ada dalam MHPOBC seperti fasa smektik C_g dan smektik C_a^* atau terjadinya pergeseran puncak-puncak endotermik lainnya [12].

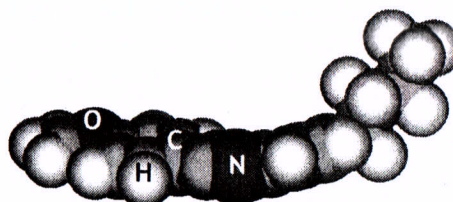
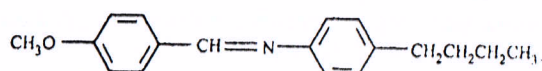
Pada sampel MBBA + 0,8% MHPOBC hanya terdapat dua puncak endotermik yaitu 38,58 °C dan 54,78 °C. Puncak endotermik yang cukup tajam pada suhu 38,58 °C ini menunjukkan bahwa transisi fasa nematik menjadi isotropik terjadi pada suhu yang lebih rendah dengan penambahan 0,8% mol MHPOBC. Sedangkan puncak pada 54,73 °C, seperti terjadi pada kristal cair MHPOBC yaitu penataan kembali molekul-molekulnya dalam fasa kristalin tanpa pembentukan fasa baru. Namun, karena tidak ditemukan puncak-puncak endotermik lainnya, dapat diasumsikan bahwa puncak endotermik pada 54,73 °C dalam campuran merupakan transisi ke fasa isotropik. Ini dapat dijelaskan karena MHPOBC memiliki suhu transisi ke fasa isotropik yang lebih tinggi dibanding MBBA, maka ketika dilakukan pendinginan, MHPOBC membentuk fasa kristalin terlebih dahulu dibandingkan MBBA. Dengan demikian, ketika sampel dipanaskan dari suhu ruang, MBBA akan terlebih dahulu mengalami transisi ke fasa isotropik pada suhu 38,58 °C disusul kemudian oleh MHPOBC pada suhu 54,78 °C.

Kehadiran sekitar 5×10^{18} molekul MHPOBC untuk setiap mol MBBA cukup untuk mempengaruhi keteraturan struktur fasa nematiknya. Ini dapat dijelaskan oleh suatu hubungan antara parameter keteraturan orientasi dengan suhu transisi, yaitu [2]:

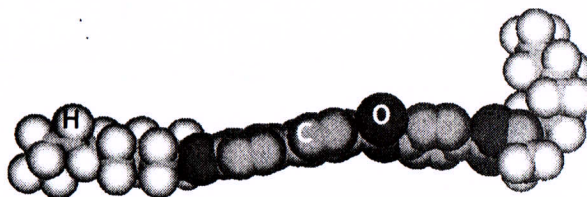
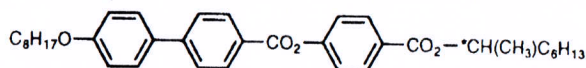
$$S = \left(1 - \frac{yT}{T_{clp}} \right)^{\beta}$$

T_{clp} adalah suhu transisi nematik-isotropik dari kristal cair murni, y adalah parameter keteraturan kristal

cair fasa nematik, umumnya $y = 0,98$ dan b merupakan eksponen yang bernilai antara 0,13-0,18 dan T adalah suhu pengukuran, $T = 20$ °C [2]. Dari persamaan tersebut di atas dapat ditunjukkan bahwa bila suhu transisi fasa nematik-isotropik tinggi, maka fasa nematik pada $T = 20$ °C juga akan memiliki keteraturan orientasi (S) yang tinggi, demikian pula sebaliknya. Kehadiran molekul MHPOBC yang ukuran molekulnya besar serta geometrinya yang tidak homolog dengan MBBA, akan mempengaruhi keteraturan fasa orientasi molekul MBBA pada fasa nematik. Geometri molekul kristal cair MBBA dengan rumus molekul $CH_3O-Ph-CH=N-Ph-C_4H_9$ dan MHPOBC dengan rumus molekul $C_8H_{17}O-Ph-Ph-COO-Ph-COOC^*H(CH_3)C_6H_{13}$ dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Struktur dan geometri optimum molekul kristal cair MBBA pada $T = 300$ K dengan model bola-isi-ruang berdasarkan perhitungan mekanika molekul. Warna dalam gambar adalah abu-abu = atom H; hijau muda = atom C; biru tua = atom N; merah = atom O. Jarak terpanjang molekul MBBA adalah 18,15 Å dan jarak terlebar adalah 4,37 Å.



Gambar 2. Struktur dan geometri optimum molekul kristal cair MHPOBC pada $T = 300$ K dengan model bola-isi-ruang berdasarkan perhitungan mekanika molekul. Warna dalam gambar adalah abu-abu = atom H; hijau muda = atom C; merah = atom O. Jarak terpanjang molekul MHPOBC adalah 32, 27 Å dan jarak terlebar adalah 4,37 Å.

Penentuan geometri molekul ini juga penting untuk melihat ada tidaknya momen dipol (m) yang merupakan penjumlahan dari seluruh momen ikatan yang ada di dalam molekul tersebut. Besar dan arah momen dipol sangat ditentukan oleh muatan masing-masing atom, jarak atom serta geometrinya. Sekalipun molekul tersebut memiliki momen ikatan yang besar,

Tabel 2. Besaran energi dan momen dipol molekul MBBA dan MHPOBC dari hasil perhitungan mekanika molekul.

Besaran energi	MBBA	MHPOBC
Energi sterik total (kJ/mol)	7,60	16,2
Energi ulur (kJ/mol)	0,17	0,43
Energi tekuk (kJ/mol)	0,83	1,34
Energi torsi (kJ/mol)	3,50	7,18
Energi van der Waals (kJ/mol)	2,80	4,66
Energi elektrostatis (kJ/mol)	0,32	2,48
Momen dipol (D)	2,91	3,21

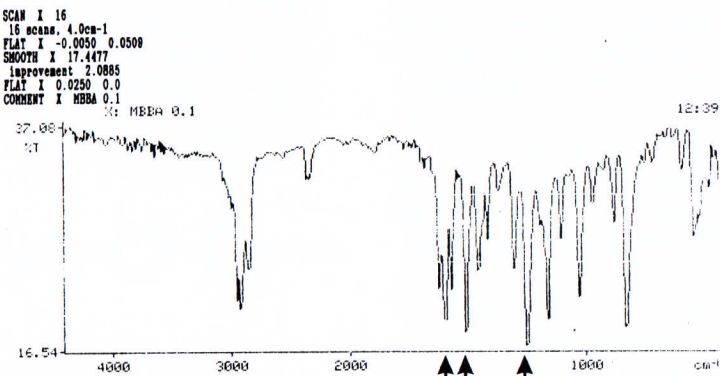
1 D (Debye) = 3,334 x 10⁻³⁰ C m

tetapi memiliki geometri yang linear, planar atau sebidang, menyebabkan molekul tersebut tidak memiliki momen dipol. Beberapa besaran energi molekul MBBA dan MHPOBC dapat dilihat pada Tabel 2 dari hasil perhitungan dengan mekanika molekul menggunakan perangkat lunak *PC Model*.

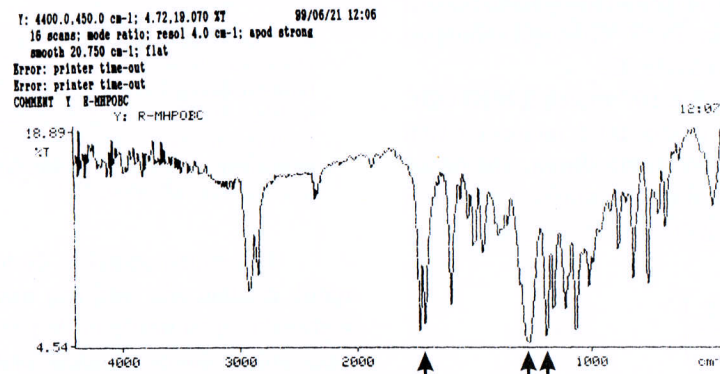
Berdasarkan perhitungan mekanika molekul, dua cincin benzen pada molekul MBBA dengan jembatan ikatan -CH=N- tidak sebidang, membentuk sudut 3° antara satu cincin dengan lainnya. Juga adanya ikatan rangkap terkonjugasi antara kedua cincin menyebabkan muatan dalam molekul MBBA dapat terpolarisasi dengan adanya medan listrik atau magnet. Sifat inilah yang juga dimanfaatkan untuk aplikasi *LCD*.

Molekul MHPOBC memiliki tiga cincin benzena, dua diantaranya berikatan secara langsung, sedang yang satu lagi dihubungkan dengan jembatan ikatan -COO-. Dengan adanya ikatan rangkap yang terkonjugasi terhadap cincin benzena serta atom O yang elektronegatif, maka gugus -COO bersifat gugus penarik elektron. Dengan demikian, molekul MHPOBC lebih mudah untuk terpolarisasi secara spontan atau memiliki dipol permanen. Dengan adanya struktur heliks menyebabkan MHPOBC bersifat feroelektrik, sehingga memiliki respon yang sangat cepat terhadap medan listrik atau magnet. Sifat inilah yang banyak diteliti untuk diaplikasikan sebagai feroelektrik *LCD* dan mencampurkan dengan beberapa senyawa lain sebagai *dopannya* untuk menurunkan suhu kerjanya [16].

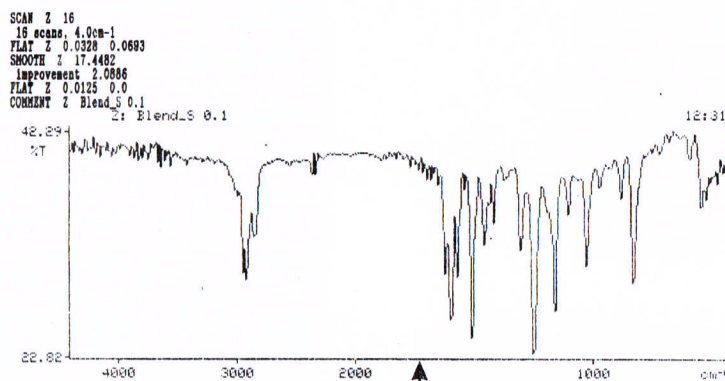
Cam puran kristal cair MBBA dengan MHPOBC yang dipanaskan hingga 150 °C tidak menyebabkan terbentuknya ikatan kimia yang baru. Hal ini ditunjukkan dari spektrum inframerahnya. Untuk kristal cair MBBA murni, jenis ikatan dan gugus fungsi yang spesifik pada molekul tersebut memberikan puncak absorpsi pada daerah bilangan gelombang 1600 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur C=N, 1580 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur N-aromatik, dan 1250 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur C-N (Gambar 3). Sedangkan kristal cair MHPOBC murni memiliki puncak absorpsi yang khas pada bilangan gelombang 1720 cm⁻¹ untuk



Gambar 3. Spektrum absorpsi infra merah kristal cair MBBA murni. Vibrasi ulur C=N, $\nu = 1600\text{ cm}^{-1}$; N-aromatik, $\nu = 1580\text{ cm}^{-1}$; C-N $\nu = 1250\text{ cm}^{-1}$



Gambar 4. Spektrum absorpsi infra merah kristal cair MHPOBC murni. Vibrasi ulur C=O, $\nu = 1720\text{ cm}^{-1}$; asimetrik C-O, $\nu = 1210\text{ cm}^{-1}$; asimetrik ester-aromatik C=C=O, $\nu = 1190\text{ cm}^{-1}$



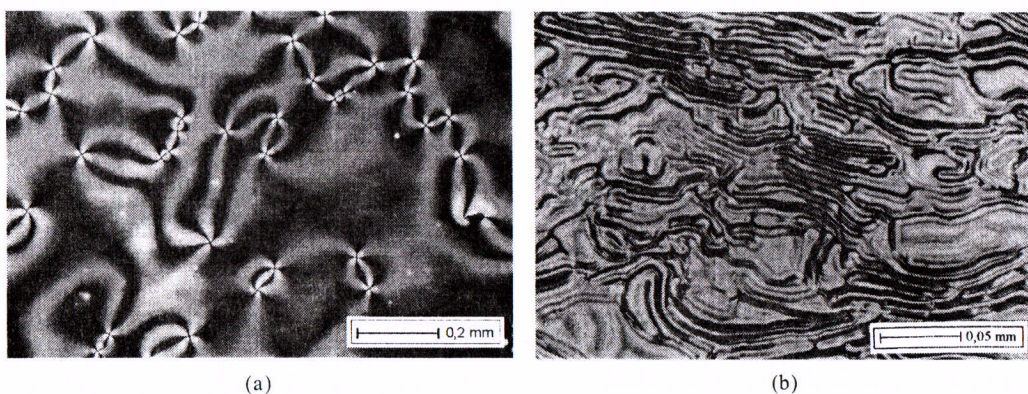
Gambar 5. Spektrum absorpsi infra merah MBBA + 0,8% (S)-MHPOBC. Vibrasi ulur C=O pada $n = 1720\text{ cm}^{-1}$ yang tajam dan khas untuk kristal cair MHPOBC seperti ditunjukkan pada Gambar 4 tidak tampak dalam Gambar 5.

vibrasi ulur C=O, 1210 cm^{-1} untuk vibrasi ulur asimetrik C-O, dan 1190 cm^{-1} untuk vibrasi ulur asimetrik ester-aromatik, C=C=O (Gambar 4). Spektrum infra merah untuk kristal cair MBBA + 0,8% mol MHPOBC yang dihasilkan identik dengan spektrum untuk MBBA murni (Gambar 5).

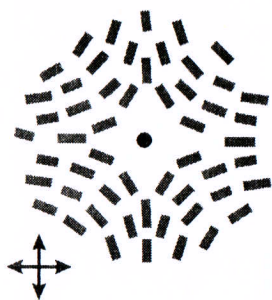
Dengan konsentrasi hanya 0,8% mol MHPOBC dalam MBBA, gugus-gugus yang ada dalam molekul MHPOBC tidak dapat menunjukkan puncak-puncak absorpsi infra merahnya. Puncak khas untuk MHPOBC yang seharusnya sangat tajam pada 1720 cm^{-1} sebagai vibrasi ulur C=O juga tidak tampak. Hal ini disebabkan karena jumlah molekul atau konsentrasi MHPOBC yang sangat kecil, sehingga absorpsinya menjadi sangat lemah dan tertutupi oleh puncak-puncak absorpsi dari gugus-gugus yang ada pada molekul MBBA. Penjelasan lain dapat diberikan yaitu terbentuknya ikatan hidrogen inter molekul yang menyebabkan ikatan C=O tidak lagi murni ikatan rangkap. Akibatnya vibrasi ulur yang khas untuk C=O menjadi lemah. Namun demikian, keberadaan 0,8% mol (S)-MHPOBC dapat dilihat pengaruhnya dari perubahan suhu transisi fasanya, teksturnya, dan juga sifat optoelektriknya yang dibahas secara detail dalam makalah lainnya [17].

Selain terjadi perubahan suhu transisi fasa, penambahan 0,8% mol (S)-MHPOBC ke dalam MBBA dapat pula dilihat perubahannya dengan menggunakan mikroskop optik transmisi *crossed polarizers*. Kristal cair murni MBBA yang memiliki fasa nematik memberikan tekstur yang disebut dengan *Schlieren*, Gambar 6(a). Tekstur ini berubah menjadi lamelar, ketika ditambahkan 0,8% mol (S)-MHPOBC yang merupakan fasa nematik kiral atau kolesterik, Gambar 6(b).

Tekstur *Schlieren* dapat dijelaskan sebagai adanya cacat atau disklinasi pada fasa nematik. Molekul-molekul MBBA yang orientasi secara *homogeneous*, yaitu apabila molekul-molekul tersebut terorientasi sejajar dengan permukaan gelas preparat, dapat memiliki derajat keteraturan terhadap arah sumbu polarisator atau analisistor. Daerah gelap yang dihasilkan menunjukkan bahwa sumbu optik molekul sejajar dengan arah sumbu polarisator atau analisistor. Sedangkan daerah terang menunjukkan sumbu optik molekul berada antara $0^\circ - 90^\circ$ terhadap sumbu polarisator atau analisistor. Secara lebih detail dapat dilihat pada Gambar 7.



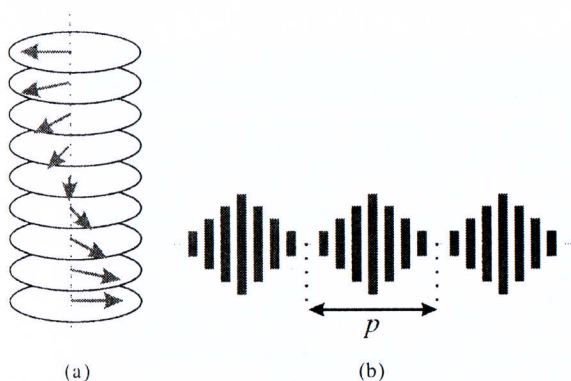
Gambar 6. Tekstur *Schlieren* pada fasa nematik kristal cair MBBA (a) dan tekstur lamelar pada fasa nematik kiral atau kolesterik MBBA + 0,8% mol MHPOBC (b)



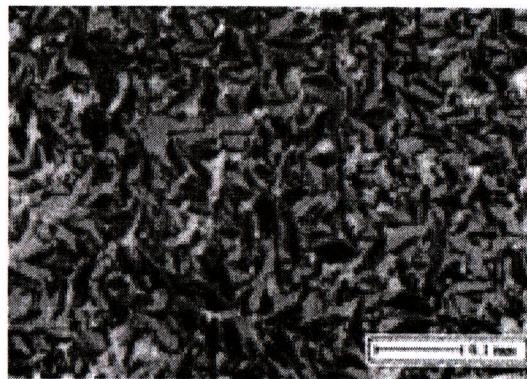
Gambar 7. Daerah terang dan gelap di sekitar cacat pada kristal cair fasa nematik yang diamati di bawah mikroskop optik transmisi *crossed polarizers*. Tidak ada sinar yang dapat lewat bila sumbu optik molekul sejajar dengan arah sumbu polarisator ataupun analisator. Garis tebal merepresentasikan molekul kristal cair. Panah bersilang menunjukkan arah sumbu polarisator-analisator.

Berbeda dengan fasa nematik, fasa kolesterik akan selalu memberikan daerah terang di bawah mikroskop optik transmisi *crossed polarizers*. Hal ini disebabkan karena molekul-molekul tersebut memiliki struktur heliks, dimana setiap lapisan molekul memiliki sumbu orientasi yang berbeda, Gambar 8(a). Karena adanya atom karbon kiral pada molekul (S)-MHPOBC menyebabkan fasa nematik pada campuran MBBA + (S)-MHPOBC berubah menjadi fasa kolesterik. Suatu senyawa organik yang memiliki atom karbon kiral, yaitu mengikat empat buah atom atau gugus yang berbeda, maka senyawa tersebut dikatakan optis aktif. Senyawa optis aktif memiliki sifat dapat memutar arah bidang sinar terpolarisasi. Akibatnya, dalam kasus kristal cair yang memiliki fasa kolesterik, molekul-molekul tersebut dapat mentransmisikan cahaya terpolarisasi melewati analisator sekalipun memiliki arah sumbu tegak lurus terhadap arah sumbu polarisator.

Dari Gambar 8(b) ditunjukkan panjang untuk setiap satu putaran dalam fasa kolesterik yang disebut dengan *pitch* (p). Secara makroskopik fasa kolesterik memiliki tekstur lamelar dengan ketebalan lamelar sama dengan panjang *pitch*. Panjang *pitch* ini sangat bergantung dari jenis kristal cair yang digunakan serta



Gambar 8. Orientasi molekul kristal cair fasa kolesterik. Arah panah menunjukkan arah sumbu orientasi molekul setiap lapisan (a). Panjang untuk setiap kali satu putaran dalam struktur heliks dinyatakan sebagai *pitch*, p (b).



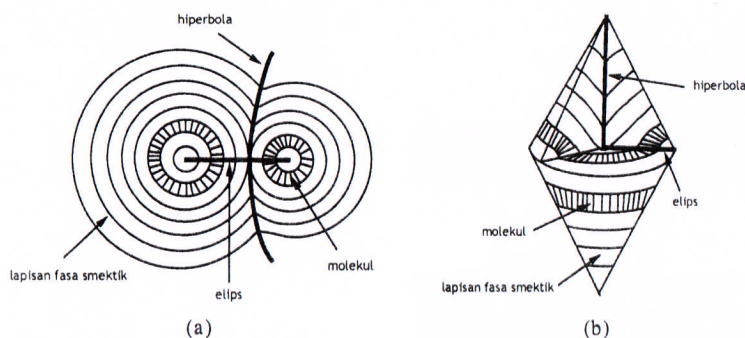
Gambar 9. Fasa kiral smektik C (ferroelektrik) memberikan tekstur *focal conic fan* (struktur kipas).

suhu. Karena panjang *pitch* ini dapat bersesuaian dengan panjang gelombang cahaya tampak, maka kristal cair kolesterik dapat diaplikasikan untuk filter (*shift color*). Panjang gelombang yang bersesuaian dengan panjang *pitch* akan diabsorpsi. Selain itu, bahan kristal cair kolesterik dapat menggantikan bahan kristal cair nematik untuk aplikasi LCD. Kelebihannya adalah karena terpilin (*twisted*) secara alami yang sangat baik untuk meningkatkan kontras juga sudut pandang (*view angle*).

Sifat kiral yang dimiliki oleh molekul (S)-MHPOBC mampu menginduksi orientasi molekul MBBA tanpa terjadinya ikatan kimia baru, melainkan hanya dengan interaksi *van der Waals*. Karena kristal cair (S)-MHPOBC juga memiliki sifat feroelektrik, maka dalam percobaan ini dapat pula diamati fasa smektik. Transisi fasa umumnya dilakukan sebagai fungsi dari suhu, namun dalam percobaan ini fasa-fasa smektik tersebut tampak ketika sampel mengalami relaksasi setelah diberi kuat medan listrik sebesar 5 V mm^{-1} menuju ke keadaan dasar. Pembahasan mengenai hal ini akan diterangkan dalam artikel lainnya [17].

Konsentrasi sebesar 0,8% mol dari (S)-MHPOBC yang bersifat feroelektrik mampu untuk mengubah tekstur lamelar menjadi tekstur kipas (*focal conic fan*) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9. Bila fasa smektik yang terdapat pada sampel dengan orientasi molekul homeotropik, yaitu orientasi molekul tegak lurus dengan permukaan gelas, maka tekstur akan terlihat gelap karena cahaya terpolarisasi merambat searah dengan sumbu optik molekul tersebut. Namun, bila molekul memiliki orientasi *homogeneous*, maka fasa smektik akan memberikan tekstur *focal conic fan*. Tekstur ini muncul karena secara energetika memang lebih stabil dan disukai oleh struktur lamelarnya dengan membentuk sistem melengkung. Akibatnya, terbentuk struktur tiga dimensi yang sangat kompleks. Secara detail tekstur *focal conic fan* ini ditunjukkan pada Gambar 10.

Pembentukan tekstur *focal conic fan* setelah sampel diberi medan listrik menunjukkan adanya fenomena *self-assembly* dari molekul-molekul kristal cair.



Gambar 10. Skematik struktur *focal conic fan* dari kristal cair yang memiliki fasa smektik. Penampang lintang *focal conic fan* (a) dan sebuah domain *focal conic fan* (b)

Hal ini juga memberi peluang untuk dipelajari dan diteliti lebih lanjut mengenai fenomena *self-assembly* molekul.

KESIMPULAN

Dari percobaan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan. Penambahan kristal cair 0,8 % mol (S)-MPOHBC ke dalam kristal cair MBBA telah menyebabkan terjadinya perubahan suhu transisi fasa nematik – isotropik menjadi lebih rendah, yaitu dari 42,06 °C menjadi 38,58 °C. Tidak terjadi pembentukan ikatan kimia antara molekul MBBA dengan (S)-MHPOBC. Interaksi yang terjadi hanya merupakan interaksi *van der Waals*. Terbentuknya fasa nematik kiral atau kolesterik dengan tekstur lamelar karena adanya atom kiral dalam molekul (S)-MHPOBC. Sifat feroelektrik dari kristal cair (S)-MHPOBC menyebabkan terbentuknya fasa smektik dengan tekstur *focal conic fan* pada suhu ruang setelah diberikan medan listrik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Hiroshi Orihara dari laboratorium penelitian kristal sintetik, fakultas teknik, universitas Nagoya, Jepang yang telah memberikan beberapa sampel kristal cair serta piksel ITO. Dr. Iskandar Zulkarnaen, Puslitbang Geoteknologi LIPI-Bandung, yang memfasilitasi peralatan mikroskop optik dan Dr. Muhayatun, Puslitbang Teknik Nuklir BATAN-Bandung, sebagai pemegang lisensi perangkat lunak *PC Model*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. CHANDRASEKHAR, S., *Liquid Crystals*, 2nd Ed., Oxford University Press, New York, (1992).
- [2]. BADUHUR, B., *Liquid Crystals: Application and Uses*, 1-3, World Scientific, Singapore, (1991).
- [3]. PETER, R., *Physics Today*, August (1996), 19-20.
- [4]. IKEDA, T., TSUSTUMI, O., *Science*, **268**, 30 June (1995), 1873-1875.
- [5]. WERNER, K., *IEEE Spectrum*, May (1997).
- [6]. DOANE, J. W., *Passive Liquid-Crystals Displays, World View of Liquid Crystal Flat Panel Display*, http://itri.loyola.edu/displays/c3_s2.html, Desember (1994)
- [7]. COLLINGS, P. J., *Liquid Crystals : Nature's Delicate Phase of Matter*, Princeton Univ. Press, New Jersey, (1990)
- [8]. ARNIDA, Studi Sifat Elektro-Optik Kristal Cair MBBA Dengan Doping Senyawa Kiral CB15 untuk Aplikasi pada Layar Peraga, *Tesis Magister*, ITB, (2000)
- [9]. BLINOV, L. M., *Advances in Liquid Crystal Research and Applications*, Lajos Bata Ed., Pergamon Press. Oxford, Budapest, (1980)
- [10]. Coates, D., http://www.rsc.org/lap/education/eic_2000/coates_nov2000.htm,
- [11]. YAMADA, Y., et. al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **29**, (9), (1990), 1757-1764.
- [12]. CHANDANI, A. D. L., OUCHI, Y., TAKEZEO, H., FUKUDA, A., TERASHIMA, K., FURUKAWA, K., KISHI, A., *Jpn. J. Appl. Phys.* **28** (1989), L1261.
- [13]. Serena Software, *PC Model Molecular Modeling Software for IBM PC/XT/AT*, 5th Ed., Bloomington, (1992)
- [14]. SORAI, M., NAKAMURA, T., SEKI, S., *Pramana Suppl.* **1**, (1975), 503.
- [15]. HIRAOKA, K., TAGUCHI, A., OUCHI, Y., TAKEZOE, H., FUKUDA, A. *Jpn. J. Appl. Phys.* **29** (1990), Part 2, L103.
- [16]. MARIANI, P., RUSTICHELLI, F., *Current Trends in the Physics Materials*, Proceedings of the International School of Physics, North-Holland, (1990).
- [17]. PUTRA, E. G. R., FAJAR, A., *Sifat Optoelektronik Kristal Cair MBBA dengan doping (S)-MHPOBC*, makalah dalam preparasi.

TANYAJAWAB

Wawan Kartiwa, BBPK-Deperindag

Pertanyaan

1. Apakah efek penambahan MBBA dan MHPOBC dapat meningkatkan sifat dan kualitas LCD dalam aplikasi di industri.

Jawaban

1. MHPOBC bersifat feroelektrik sehingga memiliki respon yang cepat terhadap medan listrik. Penambahan MHPOBC ke MBBA menurunkan potensial ambangnya

Yuswono, P2M-LIPI

Pertanyaan

1. Apakah kristal cair dapat terpolarisasi

Jawaban

1. Dengan adanya ikatan rangkap terkonjugasi didalam molekul kristal cair maka elektron dapat beresonansi. Hal ini mengakibatkan didalam molekul terjadi pemisahan muatan positif dan negatif (terpolarisasi)