

SINTESIS DAN KARAKTERISASI STRUKTUR KRISTAL CAIR FEROELEKTRIK TIPE ESTER BENZOAT TURUNAN DARI ASAM (S)-(+)-2-METIL BUTANOAT

Asep Riswoko¹, Afrizal² dan Wahyu Setioko²

¹Pusat Teknologi Material (PTM) - BPPT
Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340

²Program Studi Kimia, FMIPA - UNJ
Jl. Pemuda No.10 Rawamangun, Jakarta 13220
e-mail: asep.riswoko@bppt.go.id

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI STRUKTUR KRISTAL CAIR FEROELEKTRIK TIPE ESTER BENZOAT TURUNAN DARI ASAM (S)-(+)-2-METIL BUTANOAT. Metode sintesis kristal cair ferroelektrik tipe ester benzoat turunan dari asam (S)-(+)-2-metil butanoat telah berhasil dikembangkan melalui metode esterifikasi (S)-(+)-p-hidroksifenil-2-metilbutanoat ((S)-(+)-2-HFM) dengan akriloksi butiloksi benzoat (ABB). Senyawa kiral alkohol (S)-(+)-2-HFM diperoleh dengan esterifikasi *Steglich* menggunakan hidrokuinon dengan katalis disikloheksil karbodiimida (DCC) dan dimetil amino piridin (DMAP). Sedangkan akrilat ABB diperoleh dari hasil sintesis senyawa induk asam 4-klorobutil asetat melalui pembentukan eter *Williamson* yang diikuti hidrolisis basa dan dilanjutkan dengan akrilasi. Karakterisasi struktur kristal cair ferroelektrik yang berasal dari kedua prekursor ini dengan *Fourier Transform - Infra Red (FT-IR)* menunjukkan ester dengan gugus karbonil dan fenil tanpa gugus hidroksi. Puncak serapan spektrum *FT-IR* produk ester (cm^{-1}): 3323,53; 2851,03; 2666,01; 1729,09; 1622,86; 1536,74; 1510,75; 1244,16; dan 1170,16.

Kata kunci: Sintesis kristal cair ferroelektrik, Esterifikasi *steglich*, Kiral alkohol

ABSTRACT

SYNTHESIS AND STRUCTURE CHARACTERIZATION OF ESTER BENZOATE TYPE OF FERROELECTRIC LIQUID CRYSTAL DERIVED FROM (S)-(+)-2-METHYLBUTANOIC ACID. Synthesis method of ester benzoate type of ferroelectric liquid crystal derived from (S)-(+)-2-methylbutanoic acid, was developed via esterification between (S)-(+)-p-hydroxyphenyl-2-methylbutanoate ((S)-2-HFM)) and acryloyloxy butyloxy benzoic acid (ABB). The chiral alcohol compound of (S)-(+)-2-HFM was obtained by *Steglich* selective-esterification of hydroquinone with dicyclohexylcarbodiimide (DCC) and dimethylaminopyridine (DMAP) as catalists. While acrylate compound of ABB was obtained by a serie of synthesis processes of 4-chlorobuthyl acetic acid as a main compund. The serie of processes started from a formation of *Williamson* ether, and then followed by a base hydrolysis, and finally ended by an acrylation process. Structure characterization of the obtained ferroelectric liquid crystal was carried out by *Fourier Transform Infra Red (FT-IR)* which the result is the compound showed an ester peak consisted of the carbonyl and phenyl groups without a peak of the hydroxy group. The *FT-IR* absorption peaks of the obtained ferroelectric liquid crystal is as follow: (cm^{-1}): 3323.53; 2851.03; 2666.01; 1729.09; 1622.86; 1536.74; 1510.75; 1244.16; and 1170.16.

Key words: Synthesis of ferroelectric liquid crystal, *Steglich* selective esterification, Chiral alcohol

PENDAHULUAN

Sejak penemuannya pada tahun 1888 oleh Friedrich Reinitzer (ahli botani asal Austria), kristal cair telah berkembang dari sebuah rasa keingintahuan menjadi sebuah bidang penelitian yang sangat interdisipliner [1]. Salah satu jenis kristal cair yang banyak diteliti adalah kristal cair ferroelektrik (FLC). FLC memiliki sifat gabungan dari kristal cair dan material

ferroelektrik, dimana FLC ini memiliki polarisasi spontan dan memiliki mesofase kristal cair pada rentang suhu tertentu. Sifat ferroelektrik tersebut ditemukan pada mesofase kiral smektik C (SmC*) dengan gugus mesogen yang memuat rantai samping yang memiliki atom karbon kiral [2]. Selain memiliki ferroelektrisitas pada suhu ruang, kelebihan FLC lainnya adalah memiliki kecepatan respon

yang tinggi terhadap medan listrik eksternal sehingga sangat baik digunakan untuk peralatan elektronik.

Berbagai aplikasi telah dihasilkan melalui pemanfaatan sifat listrik dan optik dari *FLC*, diantaranya sebagai aktuator dalam sensor dengan menggunakan sifat piezoelektrik, sebagai multilayer kapasitor dengan memanfaatkan nilai konstanta dielektrik yang tinggi, sebagai *infra red detector* yang memanfaatkan prinsip piroelektrik, dan layar peraga elektrooptik [3]. Material *FLC* jenis polimer memiliki pengaruh yang besar dalam teknologi karena konsumsi dayanya yang rendah, kualitas optiknya yang tinggi, efek pertukaran elektrooptiknya yang cepat, dan penggunaan peralatan produksi yang relatif fleksibel dan lebih murah jika dibandingkan material feroelektrik anorganik seperti *Barium Strontium Titanate (BST)*, *Lead Zirconium Titanate (PZT)*, dan *Strontium Titanate (STO)* [4].

Kristal cair ester benzoat merupakan salah satu jenis kristal cair feroelektrik organik yang memiliki struktur kimia dengan gugus utama berupa ester benzoat dan memiliki gugus mesogenik yang merupakan karakteristik khusus material kristal cair. Kristal cair jenis ini umumnya diperoleh dari reaksi esterifikasi antara senyawa asam karboksilat dan alkohol menghasilkan monomer ester benzoat.

Masalah utama dalam beberapa penelitian kristal cair adalah masih minimnya pengetahuan tentang hubungan antara struktur dan sifat fisik sehingga sintesis serangkaian senyawa yang terkait secara struktural diperlukan untuk memungkinkan desain kristal cair dan sifat fisik lainnya [1]. Selain itu, mengingat banyaknya manfaat dan kelebihan material kristal cair feroelektrik dalam bidang teknologi, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis kristal cair feroelektrik dengan struktur kimia yang memiliki gugus ester benzoat, dan karakterisasi strukturnya.

METODE PERCOBAAN

Bahan

(*S*)-(+)-2-metil-butanoat, hidrokuinon, Disikloheksil-Karbodiimida (DCC), p-Dimetil-Amino-Piridin (DMAP), diklorometana, Asam p-Toluen-Sulfonat (PTSA), KOH, HCl pekat, etanol, metanol, benzena, KI, K_2CO_3 , asam akrilat dan petroleum eter diperoleh dari *Merck*. Klorobutil asetat dan etil p-hidroksi benzoat diperoleh dari *Aldrich*. Bahan-bahan tersebut digunakan sebagaimana saat diterima, tanpa pemurnian lebih lanjut. Analisis kromatografi lapis tipis (KLT) menggunakan plat aluminium 0,2 mm dengan silika gel 60F-254 yang diperoleh dari *Merck*. Kromatografi kolom menggunakan silika gel 60 dengan 70 mesh hingga 230 mesh yang diperoleh dari *Merck*. Pelarut organik teknis n-heksana dan etil asetat yang digunakan didestilasi terlebih dahulu.

Sintesis

Asam (*S*)-(+)-p-hidroksifenil-2-metilbutanoat

Dalam labu alas bulat leher tiga yang terhubung dengan pendingin *Liebig*, selang masuk-keluar gas nitrogen dan *hot plate stirrer*, sebanyak 2,040 gram (0,020 mol) asam (*S*)-(+)-2-metilbutanoat dicampurkan dengan 4,540 gram (0,022 mol) DCC dalam 245 mL diklorometana. Campuran reaksi di *stirrer* selama 30 menit pada suhu ruang dengan dialiri gas nitrogen. Kemudian campuran reaksi ditambahkan 2,202 gram (0,020 mol) hidrokuinon dan 0,244 gram (0,002 mol) DMAP, lalu di *stirrer* pada suhu ruang dalam sistem tertutup tanpa aliran gas nitrogen selama 24 jam.

Hasil reaksi berupa campuran putih keruh dianalisis dengan kromatografi lapis tipis (KLT). Campuran tersebut disaring dan filtrat kekuningan serta endapan putih yang diperoleh dianalisis kembali dengan KLT. Filtrat lalu diuapkan menghasilkan endapan kecoklatan yang selanjutnya dimurnikan dari produk sampingnya dengan kromatografi kolom (eluen n-heksana : etil asetat dengan perbandingan sebesar 7 : 3. Produk utama yang diperoleh berupa padatan berwarna kuning *orange* dengan rendemen sebesar 70,8 %.

Akriloloksi Butiloksi Benzoat

Dengan cara yang sama seperti diatas, sebanyak 30 gram (0,200 mol) 4-klorobutil asetat dicampurkan dengan 27,05 gram (0,163 mol) etil p-hidroksi benzoat, 0,35 gram (0,002 mol) KI dan 26,92 gram (0,195 mol) K_2CO_3 dalam 300 mL pelarut DMF (dimetil formamida). Campuran direfluks selama 11 jam pada suhu 90 °C. Hasil reaksi berupa campuran kuning dianalisis dengan KLT. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam air dingin dan disimpan dalam lemari es selama 24 jam. Campuran disaring, endapan yang diperoleh dilarutkan dalam 300 mL etanol dan ditambahkan 45 gram KOH. Campuran kemudian direfluks selama 3 jam pada suhu ruang, lalu ditambahkan HCl pekat hingga pH 5. Campuran disaring, filtrat dan endapan yang diperoleh dianalisis dengan KLT. Endapan dikeringkan dan diperoleh padatan berwarna putih.

Sebanyak 7,46 gram (0,0355 mol) padatan putih yang dihasilkan diatas selanjutnya direaksikan dengan 19,58 gram (0,2717 mol) asam akrilat, 0,85 gram (0,0045 mol) PTSA, dan 0,07 gram (0,0006 mol) Hidrokuinon dalam 112 mL benzena. Campuran reaksi direfluks selama 5 jam pada suhu 85 °C, campuran tersebut ditambahkan petroleum eter kemudian *distirrer* kembali. Campuran tersebut kemudian disaring, endapan dan filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan KLT, eluen yang digunakan yaitu heksana : etil asetat dengan

perbandingan sebesar 5 : 5. Produk direkrystalisasi menggunakan pelarut isopropanol dan diperoleh padatan putih kecoklatan dengan rendemen sebesar 76,4 %.

Ester Kristal Cair Feroelektrik

Dalam labu alas bulat leher tiga yang terhubung dengan pendingin *Liebig*, selang masuk-keluar gas nitrogen dan hot plate *stirrer*, sebanyak 1,056 gram (0,0040 mol) ABB dicampurkan dengan 0,910 gram (0,0044 mol) DCC dalam 110 mL diklorometana. Campuran reaksi *distirrer* selama 30 menit pada suhu ruang dengan dialiri gas nitrogen. Kemudian campuran reaksi ditambahkan 0,780 gram (0,0040 mol) (S)-(+)-2-HFM dan 0,049 gram (0,0004 mol) DMAP, lalu *distirrer* pada suhu ruang dalam sistem tertutup tanpa aliran gas nitrogen selama 24 jam.

Hasil reaksi berupa campuran putih keruh dianalisis dengan kromatografi lapis tipis (KLT). Campuran tersebut disaring dan filtrat kekuningan serta endapan putih yang diperoleh dianalisis kembali dengan KLT. Filtrat lalu diuapkan menghasilkan endapan kuning-*orange* yang selanjutnya dimurnikan dari intermedietnya dengan kromatografi kolom, eluen n-heksana : etil asetat dengan perbandingan sebesar 7 : 3. Pemurnian dilanjutkan dengan KLT, dimana silika gel yang mengandung spot produk dikumpulkan, dan selanjutnya di *flash* kolom dengan diklorometana. Larutan yang dihasilkan kemudian diuapkan pada suhu ruang dan dihasilkan produk utama berupa butiran berwarna putih dengan rendemen sebesar 34,1 %.

Karakterisasi

Senyawa-senyawa hasil sintesis yang diperoleh (ABB, (S)-(+)-2-HFM, dan ester kristal cair Feroelektrik)

dikarakterisasi menggunakan *FT-IR* (Perkin Elmer *FT-IR* Spectrometer).

Asam (S)-(+)-2-metilbutanoat dan (S)-(+)-2-HFM yang memiliki atom karbon kiral diukur sifat polarisasi cahayanya dengan Polarimeter. Satu gram zat optis aktif (kedua zat diatas) masing-masing dilarutkan dalam 50 mL kloroform dan dimasukkan ke dalam tabung polarimeter sepanjang 2 dm. Tabung kemudian dimasukkan ke dalam polarimeter dan diamati pola gelap-terang lampu natrium yang muncul. Analisator diputar sampai sudut tertentu hingga diperoleh pola yang sama gelapnya, lalu dibaca perubahan sudut putar yang terjadi pada polarimeter.

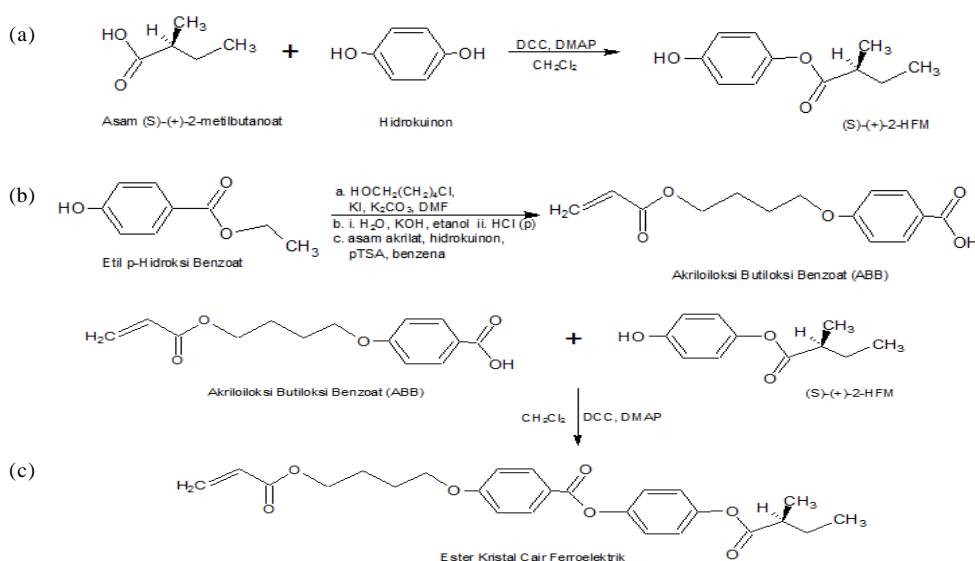
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis ester kristal cair feroelektik secara garis besar terangkum dalam Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.

(S)-(+)-p-Hidroksifenil-2-Metilbutanoat

Sintesis senyawa kiral (S)-(+)-p-Hidroksifenil-2-Metilbutanoat ((S)-(+)-2-HFM) diperoleh dari senyawa induk asam (S)-(+)-2-metil butanoat. Senyawa induk memiliki atom karbon kiral pada C-alfa. Suatu senyawa kiral memiliki kemampuan untuk memutar bidang polarisasi cahaya dalam polarimeter [5]. Hasil pengukuran menggunakan polarimeter diperoleh bahwa senyawa induk asam (S)-(+)-2-metil butanoat mampu memutar bidang polarisasi cahaya sebesar +20° ke arah kanan (positif) dengan konfigurasi S berdasarkan produk nomor CAS1730-91-2 [6].

Sintesis (S)-(+)-2-HFM sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dilakukan dengan esterifikasi *Steglich*



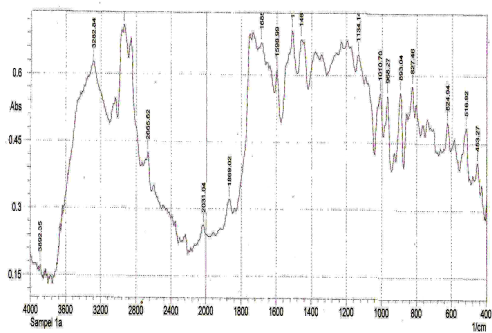
Gambar 1. Hasil sintesis ester kristal cair feroelektrik (c) dari reaksi (a) S-(+)-2HFM dengan (b) ABB

menggunakan DCC dan DMAP [7-9]. Reaksi berlangsung tertutup disertai pengaliran gas nitrogen di awal reaksi untuk menghindari adanya uap air dari udara yang dapat diserap oleh DCC menghasilkan senyawa urea.

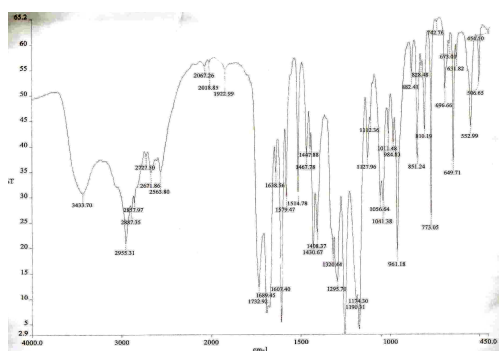
Hal ini dapat menyebabkan tidak aktifnya peran DCC sebagai katalis. DCC bertindak sebagai inisiator reaksi bersama dengan asam (*S*)-(+)-2-metil butanoat membentuk senyawa intermediet O-asilisourea yang menawarkan kereaktifan yang sama besar dengan pembentukan anhidrida asam karboksilat dari asam (*S*)-(+)-2-metil butanoat. Penambahan DMAP sebagai agen transfer gugus asil dan *Hidroquinon* sebagai gugus alkohol, memberikan produk berupa senyawa stabil disikloheksil urea (DHU) berupa endapan putih dan ester yang larut dalam diklorometana. Produk ester yang terbentuk dipisahkan dari produk sampingnya yang berupa diester (mengingat hidroquinon memiliki dua buah gugus hidroksi) dengan kromatografi kolom, eluen n-heksana : etil asetat dengan perbandingan sebesar 7 : 3. Produk utama berupa padatan berwarna kuning *orange* diperoleh dengan rendemen sebesar 70,8 %.

Struktur produk (*S*)-(+)-2-HFM diamati dengan *FT-IR* dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2. Puncak melebar pada 3300 cm⁻¹ hingga 3892 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus -OH, artinya produk bukan berupa diester. Puncak 2900 cm⁻¹ hingga 3282 cm⁻¹ menunjukkan gugus fenil (aromatik), puncak 1598 cm⁻¹ menunjukkan gugus karbonil, dan puncak 1010 cm⁻¹ hingga 1300 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C-O ester.

Produk (*S*)-(+)-2-HFM yang terbentuk memiliki atom karbon kiral turunan dari senyawa induk asam



Gambar 2. Spektrum *FT-IR* senyawa (*S*)-(+)-2-HFM



Gambar 3. Spektrum *FT-IR* senyawa ABB

(*S*)-(+)-2-metil butanoat. Hasil pengukuran polarimeter terhadap produk (*S*)-(+)-2-HFM menunjukkan senyawa ini memiliki kemampuan memutar bidang polarisasi cahaya ke kanan dengan besar sudut putar +4,8° dengan konfigurasi tidak berubah.

Akrioloiksi Butiloksi Benzoat

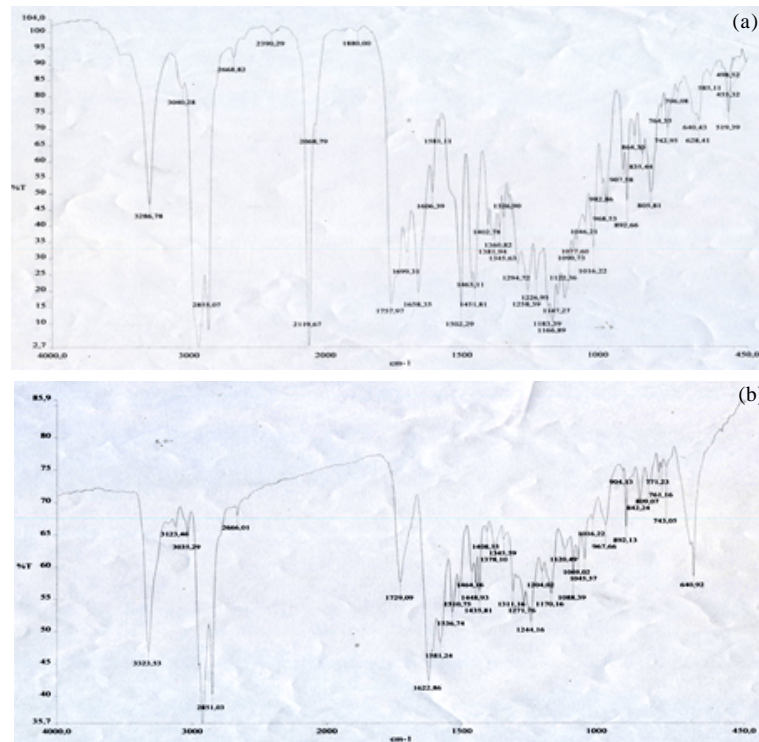
Sintesis Akrioloiksi Butiloksi Benzoat (ABB) sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 1(b), dilakukan melalui beberapa tahap meliputi pembentukan eter Williamson, hidrolisis basa, dan akrilasi [4,7-9].

Klorobutil Asetat (CBA) direaksikan dengan etil *p*-Hidroksi Benzoat (EHB) dan KI serta K₂CO₃ sebagai katalis membentuk eter Williamson yang terjadi karena pelepasan gugus halida pada CBA dan berikatan dengan ion fenoksi dari EHB membentuk ikatan -O- eter. Eter yang terbentuk dihidrolisis dengan basa kuat KOH menghasilkan garam butiloksi benzoat (KO(CH₂)₄OC₆H₄COOK) dan etanol (C₂H₅OH). Garam benzoat tersebut selanjutnya diasamkan dengan HCl pekat dan dilanjutkan dengan akrilasi menggunakan asam akrilat, *p*-Toluen Sulfonic Acid (*pTSA*) dan hidroquinon. *pTSA* yang ditambahkan ke dalam campuran reaksi berfungsi sebagai katalis dan mengikat air yang terbentuk dari hasil reaksi. Sedangkan hidroquinon yang memiliki awan phi (π) aromatik dan kemampuan delokalisasi elektron yang baik, ditambahkan ke dalam campuran reaksi untuk menangkal radikal bebas yang dapat terbentuk dari reaksi yang melibatkan ikatan rangkap pada asam akrilat. Hasil akhir dari serangkaian reaksi ini adalah senyawa ABB yang berupa padatan berwarna putih kecoklatan dengan rendemen sebesar 76,4 %.

Struktur senyawa ABB hasil sintesis diamati dengan *FT-IR* dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3. Puncak melebar pada 3433 cm⁻¹ menunjukkan gugus -OH. Puncak 2955 cm⁻¹ menunjukkan gugus fenil (aromatik), puncak 1732 cm⁻¹, dan 1689 cm⁻¹ menunjukkan 2 buah gugus karbonil, puncak 1607 cm⁻¹ menunjukkan ikatan rangkap dua (C=C) yang diperoleh dari hasil akrilasi, dan puncak 1174 cm⁻¹, 1190 cm⁻¹, dan 1295 cm⁻¹ masing-masing menunjukkan adanya ikatan C-O baik eter, ester, maupun asam yang telah dibuktikan terlebih dahulu dengan adanya -OH.

Ester Kristal Cair Feroelektrik

Sama halnya dengan sintesis (*S*)-(+)-2-HFM, sintesis kristal cair feroelektrik tipe ester benzoat ini juga dilakukan dengan metode esterifikasi *Steglich* yang melibatkan DCC dan DMAP. Metode ini digunakan untuk sintesis ester kristal cair feroelektrik karena bersifat ringan, dapat berlangsung dalam suhu ruang, pembentukan produk samping dapat ditekan, dan dapat menghasilkan rendemen produk yang tinggi [7-9].



Gambar 4. Spektrum *FT-IR* ester kristal cair ferroelektrik (a), dan senyawa intermedietnya (b)

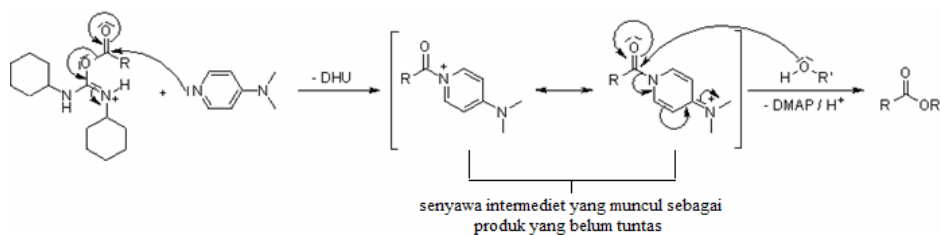
Proses reaksi yang terjadi tidak jauh berbeda dengan proses yang terjadi pada sintesis (S)-(+)-2-HFM. Setelah reaksi selesai berlangsung (24 jam), analisis kromatografi lapis tipis (KLT) menunjukkan campuran reaksi masih mengandung pereaksi awal ((S)-(+)-2-HFM dan ABB), disertai dua produk yang terbentuk. Komponen-komponen dalam campuran reaksi tersebut kemudian dipisahkan dengan kromatografi kolom. Dua produk yang terbentuk dianalisis strukturnya dengan *FT-IR* (Gambar 4).

Hasil analisis kedua produk ini menunjukkan spektrum *FT-IR* yang hampir serupa, tetapi terdapat perbedaan yang signifikan pada puncak 2119 cm^{-1} . Puncak ini menunjukkan adanya gugus amina (-NH-). Gugus amina ini terdeteksi ketika tidak hadirnya (S)-(+)-2-HFM sebagai nukleofil kuat yang menyerang senyawa perantara O-asilisourea yang kemudian akan membentuk produk ester. Ketidakhadiran (S)-(+)-2-HFM ini disebabkan habisnya jumlah molekul senyawa tersebut yang bereaksi karena perbandingan jumlah mol ABB dan (S)-(+)-2-HFM hanya 1 : 1. Hal ini menunjukkan

bahwa jumlah mol senyawa yang bertindak sebagai nukleofil harus lebih banyak dibandingkan jumlah mol asam karboksilatnya (dalam hal ini, ABB) untuk membentuk produk ester yang maksimal. Ilustrasi pembentukan senyawa intermediet ini di akhir reaksi ditunjukkan pada Gambar 5.

Spektrum *FT-IR* produk ester kristal cair ferroelektrik yang sempurna ditunjukkan pada Gambar 4(a). Puncak-puncak yang teramati diantaranya; puncak 3323 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fenil (aromatik), puncak 2851 cm^{-1} yang menunjukkan gugus alkil -CH-, -CH₂, ataupun -CH₃, puncak 1729 cm^{-1} , 1622 cm^{-1} dan 1581 cm^{-1} yang masing-masing menunjukkan gugus karbonil (C=O), puncak 1536 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan rangkap dua (C=C) yang diperoleh dari akrilasi, dan beberapa puncak dari 1170 cm^{-1} hingga 1311 cm^{-1} yang menunjukkan adanya beberapa ikatan -C-O- ester.

Produk ester kristal cair ferroelektrik yang diperoleh berbentuk granula berwarna putih pada suhu ruang, dengan rendemen produk sebesar 34,1 %.



Gambar 5. Ilustrasi pembentukan senyawa intermediet pada sintesis ester kristal cair ferroelektrik

KESIMPULAN

Metode sintesis kristal cair feroelektrik tipe ester benzoat turunan dari asam (S)-(+)-2-metil butanoat telah berhasil dikembangkan dengan cara yang mudah melalui esterifikasi *Steglich* antara (+)-p-hidroksifenil-2-metilbutanoat ((S)-(+)-2HFM) dengan akriloloksi butiloksi benzoat (ABB).

Prekursor ((S)-(+)-2-HFM) diperoleh dengan esterifikasi *Steglich* menggunakan *p*-hidrokuinon dengan katalis DCC dan DMAP. Senyawa (S)-(+)-2-HFM yang diperoleh memiliki sudut putar sebesar +4,8° karena memiliki atom karbon kiral yang berasal dari senyawa induk asam (S)-(+)-2-metil butanoat. Sedangkan prekursor ABB diperoleh dari senyawa induk 4-klorobutil asetat melalui serangkaian reaksi yang melibatkan pembentukan eter *Williamson* yang diikuti hidrolisis basa dan dilanjutkan dengan akrilasi.

Ester kristal cair Feroelektrik yang diperoleh dari kedua prekursor tersebut muncul bersama senyawa intermedietnya di akhir reaksi karena kurangnya jumlah molekul prekursor (S)-(+)-2-HFM sebagai agen nukleofiliknya. Karakterisasi struktur kristal cair feroelektrik dan intermedietnya dengan *FT-IR* menunjukkan hasil yang hampir serupa, kecuali pada puncak 2119 cm⁻¹ yang merupakan gugus amina yang terdapat pada senyawa intermediet sebelum membentuk produk ester yang sempurna. Puncak serapan spektrum *FT-IR* produk ester : 3323,53 cm⁻¹; 2851,03 cm⁻¹; 2666,01 cm⁻¹; 1729,09 cm⁻¹; 1622,86 cm⁻¹; 1536,74 cm⁻¹; 1510,75 cm⁻¹; 1244,16 cm⁻¹; dan 1170,16 cm⁻¹

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada bapak/ibu pembimbing dan rekan-rekan yang telah membantu hingga penelitian ini dapat dilakukan dengan baik.

DAFTAR ACUAN

- [1]. LASCHAT, SABINE, Progress in Liquid Crystal Chemistry, *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, **5**(48) (2009)
- [2]. VARGHA, VIKTORIA, A.GY.POZSGAY and P.VALENTINI, *Periodica Politechnica Ser. Chem. Eng.*, **43** (1999) 17-33
- [3]. SAHA SANJIB, *Study of pulsed laser ablated Barium Strontium Titanate Thin films for dynamic Random Access Memory Application*, Bangalore, Indian Institute of Science, (2000)
- [4]. A.A. MERLO, M. S. OLGARITTER, V. FABIANO PEREIRA, CAROLINA H. VIEIRA and NÁDYAP. DA SILVEIRA, *Journal Brazillian Chemistry Society*, **12** (2001) 184-191
- [5]. R. FESSENDEN and J. FESSENDEN, *Kimia Organik*, terjemahan ALOYSIUS HADYANA PUDJAATMAKA, Erlangga, Jakarta, (1986)
- [6]. B.NEISES and W. STEGLICH, *Angew. Chem. Int.*, **17** (1978) 522-524
- [7]. SIEMENSMEYER, KARL, KARL-HEINZ ETZBACH, PAUL DELAVIER, and FRANK MEYER, U.S. Patent 5 833 880, (1998)