

**PENGARUH DAYA LAMPU UV TERHADAP
KARAKTERISTIK DAN SIFAT KONDUKTIVITAS
KOMPOSIT POLIMER KOLESTERIL AKRILAT-ITO**

SKRIPSI

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Sains



Linggar Aji Pangestu

3325130975

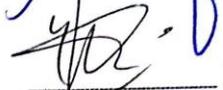
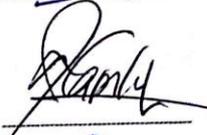
**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2017

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH DAYA LAMPU TERHADAP KARAKTERISTIK DAN SIFAT KONDUKTIVITAS KOMPOSIT POLIMER KOLESTERIL AKRILAT-ITO

Nama Mahasiswa : Linggar Aji Pangestu
No Registrasi : 3325130975
Program Studi : Kimia

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005		<u>21-08-2017</u>
Wakil Penanggung Jawab		
Wakil Dekan I : <u>Dr. Muktiningsih N, M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001		<u>21-08-2017</u>
Ketua : <u>Dr. Yusmaniar, M.Si</u> NIP. 19620626 199602 2 001		<u>15-08-2017</u>
Sekretaris : <u>Dra. Tritiyatma H., M.Si</u> NIP. 19611225 198701 2 001		<u>15-08-2017</u>
Anggota Penguji : <u>Dr. Setia Budi, M.Sc</u> NIP. 19790621 100501 1 001		<u>15-08-2017</u>
Pembimbing I : <u>Dr. Afrizal, M.Si</u> NIP. 19730416 199903 1 002		<u>16-08-2017</u>
Pembimbing II : <u>Arif Rahman, M.Sc</u> NIP. 19790216 200501 1 003		<u>16-08-2017</u>

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal : 9 Agustus 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Daya Lampu UV Terhadap karakteristik dan Sifat Konduktivitas Komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Progam Studi Kimia Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagaimana besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 9 Agustus 2017


Linggar Aji Pangestu



***Assalamu'alaikum
warrahmatullahi
wabarakatuh***

Segala puji bagi ALLAH SWT, Tuhan semesta alam, nikmatnya yang tak terkira yang telah memberikan cahaya dan kekebalan untuk masa depan yang lebih baik bagi umat manusia dan segala kehidupan yang diciptakanNya. Karena hanya dengan IzinNya-lah telah kucapai hasil saat ini dan hanya dengan keridhoan dari Mu Yaa Allah segala urusan menjadi terselesaikan dengan lancar.

Shalawat serta salam tak lupa Linggar selalu tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikutnya yang setia hingga akhir zaman. Dialah suri tauladan dan panutanku yang selalu memberikan bimbingan kehidupan didunia agar selalu berada dalam jalan kebenaran-Nya dan menjadikan indahnya kehidupan di akhirat kelak.

Alhamdulillah kpuanjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini dengan segala kekuranganku. Segala syukur ku ucapkan kepadaMu karena telah menghadirkan mereka yang selalu memberi semangat dan doa disaat kutertatih. KarenaMu lah mereka ada, dan karenamulah skripsi ini terselesaikan. Hanya padaMu tempat kumengadu dan mengucapkan syukur.

“Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasih dan kusayangi”



Bapak dan Mamah Tercinta dan Tersayang

Apa yang linggar peroleh hari ini belum mampu membayar setetes keringat dan air mata bapak dan mamah yang selalu menjadi pelita dan semangat dalam hidup linggar. Terimakasih atas semua dukungan bapak dan mamah, baik moril mauapun materil, tanpa kehadiran bapak dan mamah disamping linggar tak akan mungkin menjadi seperti sekarang ini. Skripsi ini kupersembahkan untuk bapak dan mamah tercinta linggar takan lupa semua pengorbanan dan jerih payah bapak dan mamah berikan untukku agar dapat menggapai cita-cita dan semangat serta do'a yang kau lantunkan

untukku disetiap sujudmu sehingga dapat raih kesuksesan ini. Cita-cita linggar kelak dapat membahagiakan bapak dan mamah..... aminnn

Kakak-Kakak dan keponakan Tersayang

Untuk kakak ku yaitu aa Asep, aa Iman dan aa Riza serta teteh Yamah dan teteh Emy, tiada waktu yang paling berharga selain berkumpul dengan kalian, disaat berjauhan kita saling merindukan dan terkadang disaat bersama kita sering bertengkar, terimakasih untuk do'a, semangat dan bantuan dari kalian semua, sehingga linggar berada pada titik ini semoga menjadi awal dari kesuksesan linggar yang akan membahagiakan dan membanggakan kalian semua. Kepada keponakan linggar yang cantik-cantik dan ganteng yaitu Anggi, Nayala dan Ridho, terimakasih banyak buat semangat yang telah diberikan serta menemani pembuatan skripsi ini dan membuat linggar semakin semangat. Kepada aa teteh dan ketiga keponakanku tersayang dan tercinta linggar bahagia punya kalian.....

Dosen Pembimbing dan Seluruh Dosen Kimia

Kepada bapak Afrizal dan Bapak Arif Rahman selaku dosen pembimbing skripsi, yang selalu sabar membimbingku, mendegarkanku, membantuku dan mengajariku ilmu-ilmunya hingga terselesaikan penelitian dan skripsi ini. Semoga aku dapat membalas jasa dan membanggakan mereka. Terimakasih kepada Ibu Yusmaniar selaku koordinator program studi kimia serta Ibu Fera selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi dan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dan Terimakasih kepada seluruh dosen-dosen kimia serta staff yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan, didikan, pengalaman yang sangat berarti hingga akhir ini.

Sahabat dan Teman Terbaikku

Kepada sahabat kecilku yaitu Teguh yang selalu membagi kisah, canda tawa, sampai air mata dan yang selalu memberikan semangat dan arti kehidupan. Teruntuk sahabat perempuan saya yaitu Innika yang dari SMP hingga kuliah ditempat yang sama, telah memberikan masukan, support, dan doa kemudian terkadang suka ribut kecil heheee dan menjadi teman ngobrol disaat sedih heheee, menjadi teman ngobrol disaat pergi pagi untuk ke kampus sehingga saya tidak mengantuk karena mendengarkan ocehannya hehee. Terimakasih buat keluarga kecil ku yaitu keluarga paskibra serigala hitam (PSH) para crew (Sulaiman, Jaenudin, Shanti, Gilang, Eva,

Marsan dan Azis) yang selalu memberikan kekuatan saya untuk menyelesaikan skripsi ini dan kalian selalu memberikan keceriaan disaat kumpul hingga larut malam hehehee. Kepada sahabat-sahabatku geng "SAYA" (Hady, Juqi, Innika, Yunita dan Maswah) dan geng "Alay" (Innika, Tata, Intan, Hamdah dan Nur) terimakasih sudah memberikan support dan selalu berbagi keceriaan dikala hati sedih. Terimakasih kepada tim "Liquid Crystal'13" (Zaini, Nurul dan Fuji) yang sama-sama berjuang bersama, bermalam di lab bersama hingga pada akhirnya kita semua bisa lulus tepat waktu. Teruntuk Galuh puspitasari terimakasih yang sudah memberikan semangat dan sudah mau menjadi teman terbaik dalam hidup saya kemudian terimakasih kepada Ade muthmainah (teman dari SMA hingga kuliah) telah memberikan support dan doa dan terkadang menjadi teman curhat karena sama-sama jomblo hehehe. Teruntuk Zaini dan Aprilrio terimakasih yang sudah berbagi segalanya saya merasa beruntung sekali bisa bertemu kalian berdua karena kalian telah memberikan rasa kepedulian antara sesama dan memberikan pengalaman dalam hidup sehingga saya mengerti artinya hidup dan kerja keras. Untuk kak Friday dan kak Esty terimakasih banyak atas masukan dan dukungan sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini.

Teruntuk teman seperjuanganku "Laki-laki Penjilat's" (Erlan, Febri, Rafly, Nubail) dan para perempuan centil (Nopa, Geta, Kanza dan Ratih) terimakasih sudah berbagi keceriaan bersama terkadang sering pada baper hehehee. Tak lupa kepada teman-teman Kimia 2013 yang sudah memberikan kepercayaan saya untuk menjadi ketua kelas dua periode meskipun masih banyak kekurangan dalam memimpin dikelas dan terimakasih untuk semangat, motivasi dan kebersamaannya karena kalian seperti pelangi yang mempunyai warna yang berbeda. Saya bangga punya sahabat dan teman-teman seperti kalian mudah-mudahan kita sama-sama sukses nantinya sahabatku aminnnnnn.....

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.
Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan),
kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.



ABSTRAK

LINGGAR AJI PANGESTU. Pengaruh Daya Lampu UV terhadap Karakteristik dan Uji Konduktivitas Komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO (*Indium Tin Oxide*). Dibawah bimbingan AFRIZAL., ARIF RAHMAN

Monomer KA dan ITO telah berhasil menjadi komposit pada proses fotopolimerisasi menggunakan metode UV *curing* dengan berbagai variasi daya lampu UV yaitu 10, 25, 40 dan 55 watt, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh karakteristik dan sifat konduktivitasnya. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa daya lampu mempengaruhi karakteristik dan sifat konduktivitas PKA-ITO. Hal ini didukung dengan analisa instrumen yaitu FTIR, XRD, SEM-EDX dan LCR meter. Pada analisa gugus fungsi dengan FTIR menunjukkan vibrasi ikatan In-OH dengan C-O pada bilangan gelombang $1056,99\text{ cm}^{-1}$. Pola XRD menunjukkan puncak khas ITO pada $2\theta = 30^\circ$ dengan intensitas yang tinggi. Data SEM-EDX memperlihatkan bahwa semakin besar daya lampu UV diberikan proses fotopolimerisasi maka semakin teraglomerasi antara PKA dengan ITO terlihat pada morfologi komposit PKA-ITO 25 watt telah terjadi aglomerasi antara PKA dengan ITO membentuk gumpalan-gumpalan yang mana ITO sebagai *filler* (pengisi) pada matriks polimer. Kandungan unsur yang terdapat pada komposit PKA-ITO yaitu C 76,91%, O 3,13% dan In 5,13%. Nilai konduktivitas komposit PKA-ITO memiliki nilai lebih besar dibandingkan nilai konduktivitas KA-ITO sebesar $4,0783 \times 10^{-10}\text{ S/m}$.

Kata kunci : Kolesteril akrilat, komposit, fotopolimerisasi, daya lampu UV, PKA-ITO, karakteristik dan konduktivitas

ABSTRACT

LINGGAR AJI PANGESTU. The Influence of UV Lamp Power on Characteristics and Conductivity Test of Polymer of Cholesteryl acrylate-ITO (Indium Tin Oxide). Under supervised by AFRIZAL., ARIF RAHMAN

Monomer KA and ITO have succeeded in becoming a composite with photopolymerization process with UV curing method with variation of UV lamp power that is 10, 25, 40 and 55 watt, purposes to determine the effect of conductivity characteristics and properties. The result of characterization shows that the power of lamp influences the characteristic and conductivity properties of PKA-ITO. This is supported by instrument analysis of FTIR, XRD, SEM-EDX and LCR meter. In functional group analysis with FTIR showed vibration of In-OH bond with C-O at wave number $1056,99\text{ cm}^{-1}$. XRD pattern shows the typical peak of ITO at $2\theta = 30^\circ$ with high intensity. The SEM-EDX data show that the greater the UV lamp power given the photopolymerization process, the more agglomerated between PKA and ITO seen in the 25 watt PKA-ITO composite morphology there has been agglomeration between PKA and ITO to form clots where ITO as filler Polymer matrix. The content of the elements contained in the composite PKA-ITO is C 76.91%, O 3.13% and In 5.13%. The value of PKA-ITO composite conductivity has a value greater than the value of KA-ITO conductivity of $4,0783 \times 10^{-10}\text{ S/m}$.

Keywords: Cholesteryl acrylate, composite, photopolymerization, UV light, PKA-ITO, characteristic and conductivity

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan petunjuk dan pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Daya Lampu UV Terhadap Karakteristik dan Sifat Konduktivitas Komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains, Program Kimia di Universitas Negeri Jakarta. Selam penulisan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang dialami namun dapat terselesaikan dengan baik berkat doa, kerja keras dan kesungguhan hati serta bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis ingin berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu untuk menyelesaikan karya tulis ini diantaranya adalah:

Bapak Dr. Afrizal, M.Si dan Bapak Arif Rahman, M.Sc, selaku dosen pembimbing skripsi atas bimbingan dan arahannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat waktu. Ibu Dr.Yusmaniar, M.Si, selaku dosen pengampu sekaligus koordinator program studi kimia yang sudah memberikan arahan dan motivasi. Ibu Dr. Fera Kurniadewi, M.Si selaku pembimbing akademik yang sudah memberikan semangat dan motivasi, serta bapak dan ibu dosen jurusan Kimia FMIPA UNJ yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.

Kepada orang-orang tercinta yaitu orang tua serta ke lima kakak tercinta yang telah memberikan dukungan, doa, materi dan moril dalam proses pembuatan skripsi, serta teman-teman Kimia 2013 yang senantiasa selalu mendukung penuh dan memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.

Penulis telah berusaha sebaik-baiknya untuk membuat skripsi ini sampai selesai. Namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan,oleh karena itu penulis berharap agar masukan dari pembaca dapat turut serta untuk menyempurnakan susunan skripsi dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jakarta, 2 Agustus 2017

Linggar Aji Pangestu

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II.....	4
KAJIAN PUSTAKA.....	4
A. Kristal Cair.....	4
B. Kolesteril Akrilat	8
C. Fotopolimerisasi Insitu dan Polimerisasi Adisi.....	9
D. ITO (<i>Indium Tin Oxide</i>) dan Sifat Konduktivitasnya	12
E. Komposit Polimer-ITO dan Konduktivitas Listrik	14
F. Energi Cahaya dan Metode UV <i>Curing</i>	15
G. Alat Instrumen	19
BAB III	23
METODOLOGI PENELITIAN.....	23
A. Tempat dan Waktu Penelitian	23
B. Metode Penelitian	23
C. Teknik Pengumpulan Data dan Analisa Data	27
BAB IV	28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28

A. Sintesis Monomer Kolesteril Akrilat	28
B. Fotopolimerisasi Komposit PKA-ITO dengan Metode UV <i>Curing</i>	34
C. Uji Konduktivitas Komposit PKA-ITO	42
BAB V	44
KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
A. Kesimpulan	44
B. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1	Diagram fasa zat..... 4
Gambar 2	Perbedaan struktur posisi molekul tiap fasa..... 5
Gambar 3	Perbedaan struktur posisi fasa pada perbedaan tiap suhu..... 5
Gambar 4	Fasa kristal cair 7
Gambar 5	Struktur Molekul 8
Gambar 6	Analisis tekstur Monomer KA dengan POM 9
Gambar 7	Reaksi Fotopolimerisasi 9
Gambar 8	Mekanisme reaksi inisiasi 11
Gambar 9	Reaksi propagasi <i>Head to Tail</i> 11
Gambar 10	Mekanisme reaksi terminasi PKA..... 12
Gambar 11	Serbuk ITO (<i>Indium Tin Oxide</i>) 13
Gambar 12	Morfologi ITO..... 14
Gambar 13	Spektrum Elektromagnetik..... 16
Gambar 14	Spektrum Ultraviolet..... 17
Gambar 15	Mekanisme UV-Curing..... 19
Gambar 16	Skema Alat XRD..... 20
Gambar 17	Mikrograf SEM tekstur planar kolesterik..... 21
Gambar 18	Rangkaian Alat LCR meter..... 22
Gambar 19	Rangkaian alat UV-Curing 26
Gambar 20	Reaksi EHB dengan CBA 29
Gambar 21	Spektrum IR ABB 30
Gambar 22	Struktur ABB 30
Gambar 23	Spektrum IR Kolesteril Akrilat 33
Gambar 24	Persamaan Reaksi Sintesis KA 34
Gambar 25	Spektrum IR Monomer KA dan PKA-ITO 36
Gambar 26	Spektrum IR PKA-ITO Variasi Daya Lampu 37
Gambar 27	Pola Difraksi XRD Komposit PKA-ITO 39
Gambar 28	Morfologi Komposit PKA-ITO 41
Gambar 29	Grafik Nilai Konduktivitas terhadap Daya Lampu 43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Daftar dopan konduktif kristal cair	16
Tabel 2 Puncak serapan spektrum IR senyawa kolesteril akrilat.....	20
Tabel 3 Spektrum IR Akriloloksi Butiloksi Benzoat	30
Tabel 4 Spektrum IR monomer Kolesteril Akrilat	32
Tabel 5 Spektrum IR monomrt KA dan PKA-ITO	36
Tabel 6 Kandungan Unsur Komposit PKA-ITO	42
Tabel 7 Nilai Konduktivitas dan Konstanta Dielektrik PKA-ITI	43

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Spektrum IR Kolesteril Akrilat	53
Lampiran 2 Diagram Alir sintesis ABB.....	54
Lampiran 3 Diagram Alir Sintesis Kolesteril Akrilat.....	55
Lampiran 4 Diagram Alir Pembuatan PKA-ITO	56
Lampiran 5 Karakteristik Komposit PKA-ITO.....	57
Lampiran 6 Perhitungan Rendemen Kolesteril Akrilat-ITO	58
Lampiran 7 Perhitungan Nilai Konduktivitas dan Konstanta Dielektrik	59
Lampiran 8 Spektrum IR monomer Kolesteril Akrilat.....	63
Lampiran 9 Spektrum IR ITO	63
Lampiran 10 Spektrum IR Inisiator Darocure 1173.....	64
Lampiran 11 Spektrum IR Komposit PKA-ITO	64
Lampiran 12 Hasil Uji Konduktivitas	67
Lampiran 13 Data EDX Komposit PKA-ITO	70
Lampiran 14 Data XRD Komposit PKA-ITO.....	71
Lampiran 15 Dokumentasi Penelitian	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kristal cair (*liquid crystal*) merupakan zat yang memiliki struktur keteraturan molekul seperti kristal, namun dapat mengalir seperti cairan. Material tersebut berada diantara fasa padat dan cair, dimana keadaan pertengahan antar material (*intermediate*). Kristal cair dapat diteliti dalam bidang polimer dikarenakan potensi pengaplikasian yang sangat luas. Kristal cair ini telah dipelajari secara ekstensif dalam teknologi *display* (Bruce *et al*, 2006). Kristal cair (*Liquid Crystal*) berperan besar dalam perkembangan teknologi, terutama pada aplikasi alat canggih seperti jam, laptop, *handphone*, proyektor, dan instrumen lainnya. Hal ini dikarenakan sifatnya yang dapat mempolarisasikan cahaya, berat molekul ringan, bentuknya yang tipis, dapat merespon medan listrik dengan efektif, serta energi dan voltase yang dibutuhkan sangat rendah (Eun hee dkk, 2008).

Kolesteril akrilat adalah salah satu kristal cair yang merupakan sifat kolesterik dengan kelebihan dapat mempolarisasikan cahaya secara sirkular karena strukturnya sangat unik yang berbentuk heliks dan dimanfaatkan sebagai material penyusun sensor yaitu sebagai penyerap cahaya sinar UV. Fasa kolesterik monomer kolesteril akrilat hanya muncul pada temperatur mesofasanya (Afrizal, 2011), dan menunjukkan sifat optik yang unik diantaranya rotasi optik yang besar dan refleksi selektif berdasarkan *pitch* dari struktur heliksnya (Mihara, dkk 2002) sehingga untuk dapat mempertahankan struktur heliks pada senyawa kolesteril akrilat dilakukan polimerisasi dengan cara polimerisasi *in-situ* (Riswoko, 2010).

Polimer kolesteril akrilat memiliki kelebihan yakni dapat mengabsorbsi energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi panas (Riswoko,2010). Beberapa penelitian telah dilakukan usaha untuk meningkatkan potensi aplikasi dari polimer kolesteril akrilat sehingga pada penelitian ini akan menambahkan zat lainnya. Zat yang akan ditambahkan yaitu (*Indium Tin Oxide*) ITO dimana bahan oksida konduktif yang memiliki sifat transparan (B.G, Lewis *et al*, 2000) yang

diharapkan menjadi komposit polimer. Hal tersebut dikarenakan pembuatan komposit dapat menambah sifat polimer diantaranya sifat mekanik atau sifat konduktivitasnya. Digunakan ITO sebagai dopan yang mempunyai nilai konduktivitas, diharapkan pada komposit polimer kolesteril akrilat mempunyai sifat baru.

Beberapa penelitian memaparkan bahwa dopan ITO juga dapat dimodifikasikan dengan suatu polimer dengan menjadikannya suatu komposit yang dihasilkan memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi atau konstanta dielektrik yang lebih rendah bila dibandingkan dengan polimer. Diantaranya yaitu pada penelitian Charles (2014) komposit *Poly-(methyilmethacrylates)-ITO*, komposit *polyimide-ITO* (Angel *et al.*, 2006) serta komposit *polybithiophene-MnO₂-ITO* (Zouaoui *et al.*, 2016).

Proses polimerisasi senyawa kolesteril akrilat dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain polimerisasi *thermal bulk*, polimerisasi radikal dengan teknik RAFT (He Jin *et al.* 2009), dan polimerisasi insitu dengan metode *UV Curing* (Riswoko, 2010). Kelebihan dari metode *UV Curing* yaitu, kinerjanya yang tinggi, biaya relatif murah dan menggunakan pelarut organik yang sedikit sehingga ramah lingkungan (Soyon,2013).

Kuang *et al.*, (2005), telah berhasil melakukan penelitian fotopolimerisasi senyawa *Perfluorinat akrilat* menggunakan radiasi sinar UV dengan kisaran panjang gelombang 350-450 nm dan dipanaskan menggunakan hotplate pada suhu 160°C selama satu jam. Pada senyawa kolesteril akrilat memiliki fase pembentukan kristal cair pada suhu 93,32°C yang telah diukur menggunakan *Melting Point* (Alhara, 2011). Sejauh ini kebanyakan peneliti hanya menggunakan satu lampu UV pada fotopolimerisasi dengan metode *UV curing* sehingga peneliti melakukan penelitian menggunakan berbagai daya lampu UV diantaranya 10, 25, 40 dan 55 watt dengan metode *UV curing* untuk mengetahui pengaruh daya lampu terhadap karakteristik dan sifat konduktivitas komposit polimer kolesteril akrilat-ITO.

Berdasarkan pemaparan tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan proses fotopolimerisasi komposit polimer kolesteril akrilat-ITO pada suhu 75°C

dengan metode UV *Curing* dengan menggunakan daya lampu UV yang berbeda dan akan dikarakterisasi dengan menggunakan beberapa instrument yaitu, *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *LCR-Meter*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, *Energy Dispersive X-ray(EDX)*, *X-Ray Diffraction (XRD)*.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dibuat suatu perumusan masalah adalah “Bagaimana pengaruh daya lampu dapat mempengaruhi karakteristik dan sifat konduktivitas komposit PKA-ITO ?”

C. Tujuan penelitian

Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan fotopolimerisasi menggunakan metode UV *curing* dengan daya lampu yang berbeda menghasilkan suatu komposit polimer kolesteril akrilat-ITO dan mengetahui karakteristik ikatan, morfologi dan kristalinitas serta sifat konduktivitas komposit polimer kolesteril akrilat-ITO.

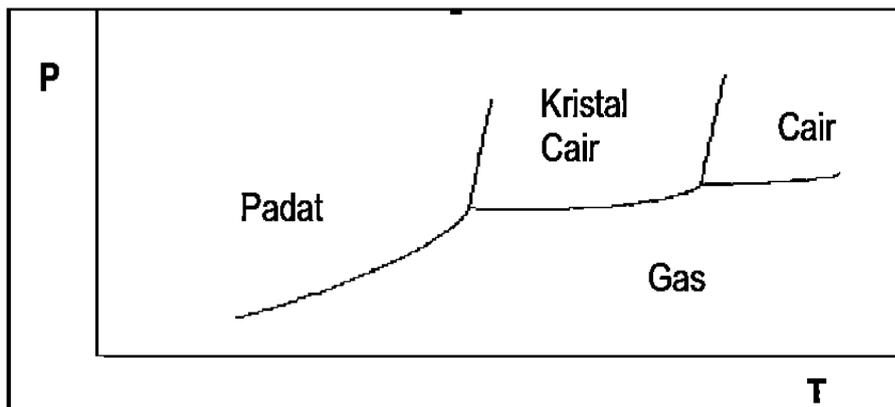
D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik komposit polimer kolesteril akrilat-ITO dengan berbagai daya lampu dan dapat memberikan informasi mengenai sifat konduktivitas. Sehingga dapat memberikan gambaran bahwa komposit polimer kolesteril akrilat-ITO untuk aplikasi pembaca sinyal dari suatu sensor.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

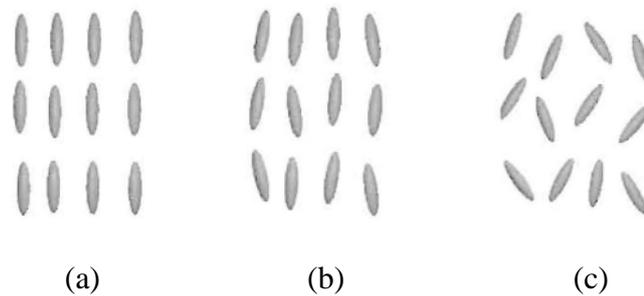
A. Kristal Cair

Kristal cair atau *Liquid Crystal* merupakan zat yang memiliki struktur keteraturan molekul seperti kristal, namun dapat mengalir seperti cairan. Material ini pertama kali ditemukan pada tahun 1888 oleh Friedrich Reinitzer, seorang ahli kimia dan kimia dan botani dari Austria (Riswoko, dkk 2010). Material ini memiliki sebuah keadaan agregasi yang merupakan keadaan pertengahan (*Intermediate*) antara kristal padatan dan cairan isotropik (Chasandrasekhar, 1992). Keadaan ini juga dapat disebut dengan “Mesofasa”.



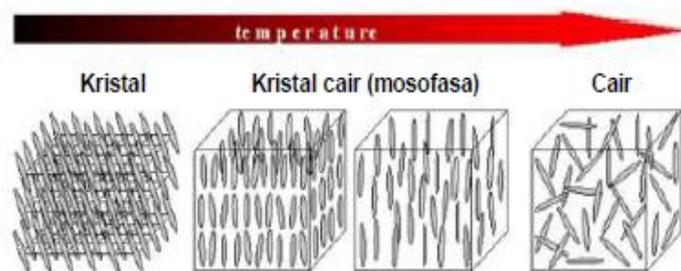
Gambar 1. Diagram Fasa Zat (mufti, 2010)

Material dapat dikatakan kristal cair jika material tersebut menunjukkan suatu keadaan terkondensasi pada molekul-molekulnya yang terletak antara struktur kristal dan struktur cairan isotropik. Molekulnya dapat bergerak bebas namun molekul tersebut tetap berbaris teratur secara paralel. Perbedaan pada susunan molekul kristal cair dengan material cairan dan kristal ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbedaan struktur posisi molekul tiap fasa (a) struktur molekul kristal, (b) struktur molekul kristal cair, (c) struktur molekul cairan (Riswoko, 2012)

Kristal cair memiliki dua jenis sifat yang berbeda yaitu termotropik dan liotropik. Kristal cair termotropik, mesofasa muncul sebagai akibat dari efek termal, yaitu kristal yang dapat dibentuk dengan memanaskan kristal padat. Fasa tengah (mesofasa) termotropik akan muncul akibat pemanasan fasa padat atau pendinginan fasa cair. Kristal cair liotropik dapat dibentuk dari dua campuran atau lebih senyawa. Keadaan mesofasa liotropik dapat diamati ketika konsentrasi pelarut mengganggu tatanan kristal dalam meningkatkan fluiditas sehingga larutan menjadi isotropik. (University of Cambridge, 2010).



Gambar 3. Perbedaan Struktur posisi Molekul Tiap Fasa Akibat Perbedaan suhu (University of Cambridge, 2010)

Suhu pemanasan suatu materi dapat mengalami perubahan dari bentuk padatan menjadi kristal cair disebut titik leleh (*Melting Point*). Sedangkan suhu transisi atau perubahan material dari kristal cair menjadi cairan isotropik disebut titik jernih (*clearing point*) (University of Cambridge 2010).

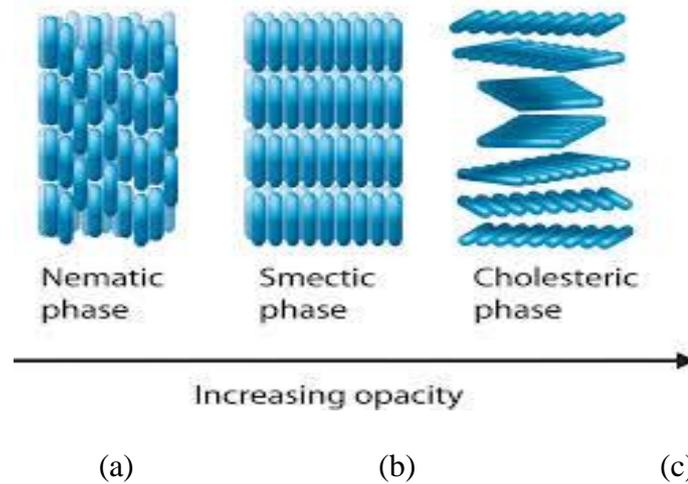
Molekul-molekul dalam fasa cair terdapat dalam keadaan tidak beraturan. Molekul-molekul cair mampu bergerak dalam tiga dimensi dan dapat berotasi. Namun dalam keadaan kristal cair, molekul mempunyai mobilitas terbatas dan sedikit beraturan. Material yang memiliki sifat ini mempunyai ciri-ciri struktur (Andrienko, 2006), diantaranya sebagai berikut:

- a. Molekul memiliki bentuk anisotropik (misalnya memanjang). Kristalinitas cair lebih mungkin terjadi jika molekul memiliki ruas mendatar, contohnya cincin benzena.
- b. Struktur molekul yang kaku mengandung ikatan rangkap disepanjang sumbu molekul.
- c. Mempunyai momen dipol yang kuat dan gugus polarisasi dalam molekul (Andrienko, D. 2006).

Kristal cair dibagi lagi dalam fasa yang berbeda tergantung pada tingkat orientasi dan posisi yang dimiliki. Beberapa kristal cair hanya dapat menunjukkan satu jenis mesofasa tertentu, sedangkan yang lain menunjukkan banyak fasa yang berbeda pada suhu yang berbeda. Terdapat tiga jenis fasa yang berbeda akibat pengaruh suhu dari mesofasa kristal cair, diantaranya: nematik, smektik, dan kolesterik (nematik kiral) (Tomasc G, 2009).

Kristal cair fasa nematik berbentuk seperti benang memiliki molekul-molekul yang tersusun sejajar bergerak bebas dalam tiga dimensi tetapi hanya berputar pada sumbu panjangnya. Molekul-molekulnya cenderung paralel pada satu sumbu tertentu. Kristal cair fasa smektik memiliki molekul-molekul yang tersusun seperti batang dalam lapisan-lapisan. Gerak molekul hanya translasi dalam dua arah dan berputar pada panjang sumbu. Kristal cair kolesterik memiliki molekul-molekul yang tersusun berjajar dalam lapisannya. Arah gerakan molekul sejajar dari satu bidang ke bidang lain. Setiap lapisan dalam struktur kolesterik

mempunyai arah molekul yang berbeda dengan lapisan di atas dan di bawahnya. Setelah beberapa lapisan, orientasi molekul akan berulang kembali (Trajkovska, 2008). Susunan molekul dari ketiga jenis kristal cair tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.

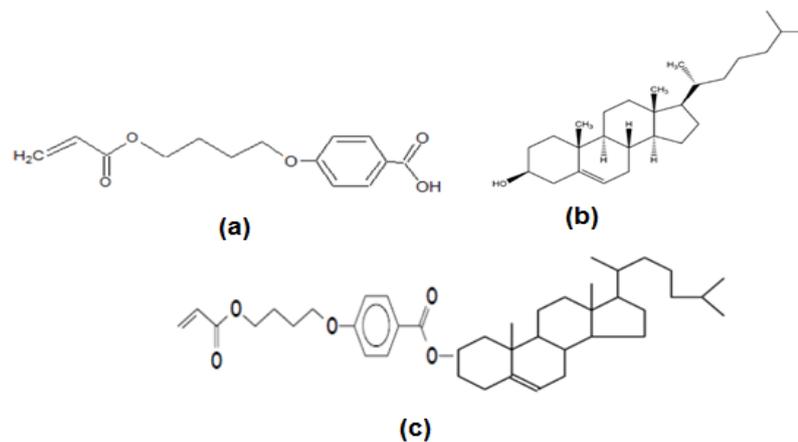


Gambar 4. Fasa Kristal Cair (a) Nematik (b) Smektik (c) Kolesterik (Wu, 2004)

Sifat yang menonjol dari kristal cair kolesterik adalah jarak antara bidang-bidang yang mempunyai arah/orientasi yang sama. Jika selaput tipis kristal cair kolesterik dikenai seberkas cahaya, sifat pantulan cahaya (warna) tergantung pada jarak. Pantulan cahaya atau warna akan berubah sesuai dengan berubahnya suhu. Jika melalui elektroda yang disusun dengan pola tertentu, suatu medan listrik dikenakan pada lapisan tipis kristal cair maka pola elektroda tersebut akan terlihat dengan mata. Inilah prinsip yang menggunakan LCD (*liquid crystal display*) seperti kalkulator, termometer kristal cair, sensor alat radiasi, dan jam tangan digital (Mufti, 2010).

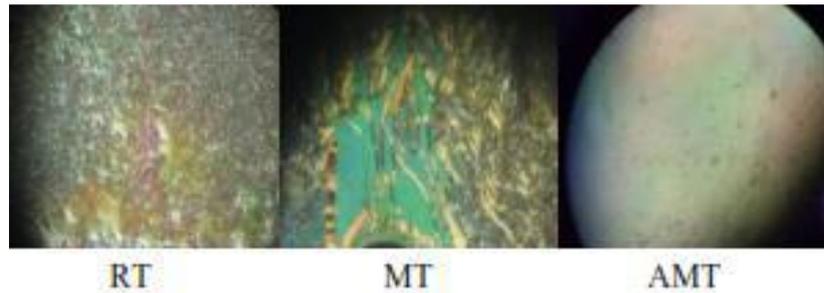
B. Kolesterol Akrilat

Kolesterol akrilat merupakan salah satu jenis senyawa kristal cair, yang mana senyawa ini derivat kolesterol yang memiliki fasa kiral nematik atau kolesterik. Senyawa ini dapat disintesis dari kolesterol dan p-hydroxyphenyl-2-methyl butanoat. Sintesis monomer kolesterol akrilat terdiri dua tahapan yaitu sintesis prekursor akrilat dan kolesterol akrilatnya melalui reaksi esterifikasi *steglich*, sehingga senyawa kolesterol akrilat memiliki struktur molekul yang terdiri dari kolesterol dan gugus akrilat.



Gambar 5. Struktur molekul dari senyawa (a) p-hydroxyphenyl-2-methyl Butanoat (b) Kolesterol (c) Kolesterol Akrilat (Afrizal dkk, 2012)

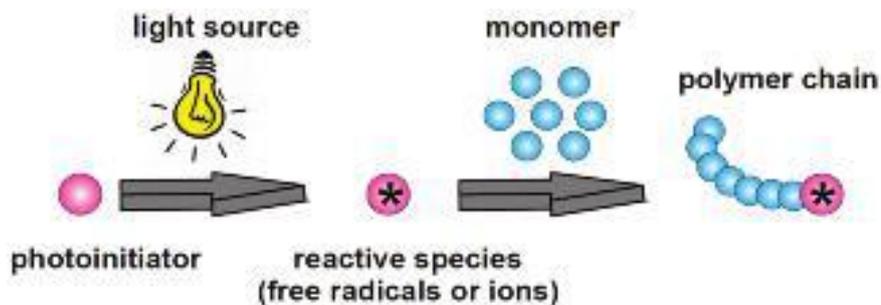
Sintesis senyawa kolesterol akrilat merupakan hasil perbanyakan dari kristal cair yang telah disintesis oleh peneliti sebelumnya yaitu Riswoko (2010). Berdasarkan penelitian Alhara (2011), monomer kolesterol akrilat menampilkan sifat mesofasa berdasarkan panjang *pitch* heliks. Panjang *pitch* heliks tergantung pada temperatur. Berdasarkan hasil analisis termal dengan (*Differential Scanning Calorimetry*) DSC, dapat diperoleh informasi bahwa suhu monomer mesofasa dari kolesterol akrilat adalah 81,28°C. Pengamatan monomer kolesterol akrilat dengan alat (*Polarized Optical Microscopy*) POM pada suhu mesofasa menunjukkan tekstur *gradjean* atau berminyak terlihat beruntun yang tampak seperti pipa yang membagi tekstur kristal.



Gambar 6. Analisis Tekstur Monomer Kolesteril Akrilat dengan POM (RT: *Temperatur Room*, MT: *Temperatur Mesofase*, AMT: *Above Mesofasa Temperatur*) (Afrizal *et al.*, 2012).

C. Fotopolimerisasi Insitu dan Polimerisasi Adisi

Proses fotopolimerisasi insitu adalah suatu teknik polimerisasi secara *bulk* dengan mengedepankan fiksasi kondisi struktur molekul tertentu sebagaimana perlakuan yang sudah diberikan dengan bantuan energi dari cahaya atau gelombang radiasi. Fotoinisiatore akan berinisiasi menghasilkan radikal bebas yang diperlukan terjadinya polimerisasi (proses *curing*).



Gambar 7. Reaksi Fotopolimerisasi (Yagci *et al.*, 2010)

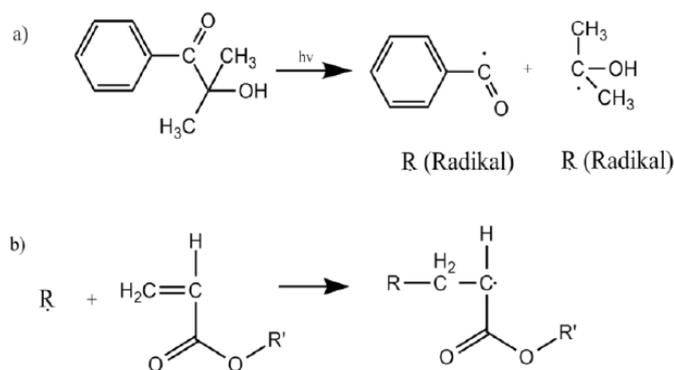
David *et al.* (2002) telah melakukan studi tentang fotopolimerisasi metakrilat dalam mikro emulsi menggunakan lampu UV, penelitian ini menghasilkan lateks kopolimer dari metakrilat dan asetamin serta memiliki metode yang spesifik untuk menggabungkan makromer dirantai polimer. Polimerisasi massa (*bulk*) merupakan cara yang langsung dan paling sederhana untuk mengubah monomer menjadi polimer. Biasanya bahan utama untuk reaksi polimerisasi massa terdiri dari monomer, inisiator yang dapat larut dalam

monomer, dan atau agen pemindah rantai (*chain-transfer agent*) (Harahap dan Manurung, 2002).

Reaksi polimerisasi secara adisi memiliki tiga tahapan, yaitu; inisiasi, propagasi dan terminasi (Cowd, 1991). Reaksi ini melibatkan pemutusan ikatan rangkap menjadi tunggal, monomer kolesteril akrilat akan mengalami pemutusan ikatan rangkap, sehingga proses polimerisasi membutuhkan fotoinisiator untuk membentuk sebuah radikal bebas (R^*). Fotoinisiator memiliki peranan penting dalam reaksi polimerisasi adisi yaitu untuk proses penyerapan energi *ultraviolet* yang menghasilkan radikal bebas dan membentuk pusat aktif tumbuh pada polimer (Decker, 2006). Tahapan yang terjadi pada proses polimerisasi adisi radikal bebas sebagai berikut :

1. Tahap Inisiasi

Tahap ini yaitu terbentuknya pusat aktif dari hasil penguraian suatu inisiator. Penguraian inisiator dapat dilakukan menggunakan panas, sinar UV, radiasi berenergi tinggi (α , β , dan γ) serta plasma. Terbentuknya pusat aktif karena adanya energi foton dan melibatkan pembentukan radikal bebas dari suatu molekul yang selanjutnya diperlukan untuk tahap propagasi. Dihasilkan R^* yang terbentuk dari inisiator yang berfungsi sebagai fotoinisiasi. Berikut mekanisme tahap inisiasi pada Gambar 8.

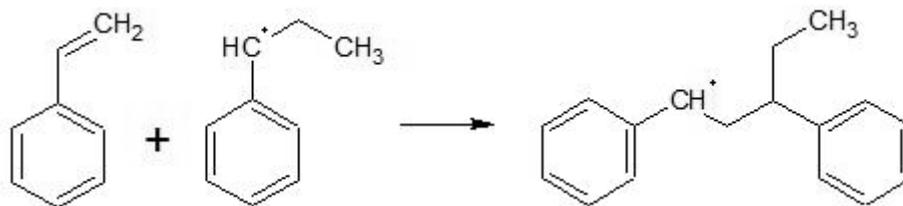


Gambar 8. Mekanisme Reaksi Inisiasi (a) Fotoinisiator (b) Inisiasi Radikal Fotoinisiator ke Monomer Kolesteril Akrilat.

2. Tahap Propagasi

Setelah radikal bebas terbentuk (R^*) maka tahap selanjutnya yaitu propagasi yang merupakan tahap reaksi cepat, karena radikal yang terbentuk akan menyerang molekul lain dan menghasilkan radikal (R^*) baru. Monomer yang telah berikatan dengan radikal bebas (R^*) akan berikatan kembali dengan monomer lain sehingga terjadi perpanjangan rantai (Handayani, 2010).

Serangan radikal bebas akan menyebabkan dua reaksi, satu reaksi akan menghasilkan radikal bebas primer yang kurang stabil sementara reaksi yang lain menghasilkan radikal bebas sekunder yang lebih stabil. Pembentukan radikal berulang akan mengakibatkan penggabungan monomer kolesteril akrilat secara kepala ke ekor (*head to tail*) (Fessenden dan Fessenden, 1982).

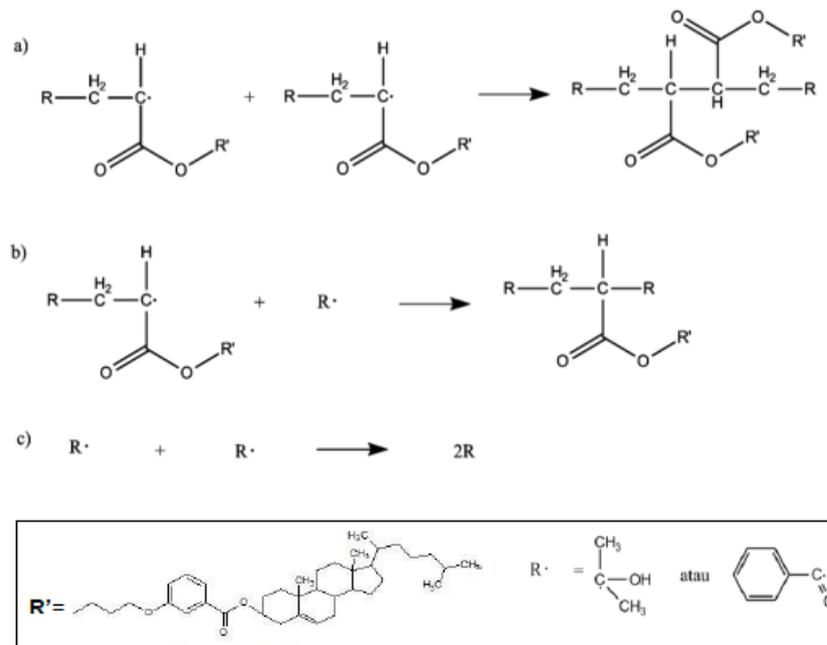


Gambar 9. Reaksi Propagasi *Head to Tail*

3. Tahap Terminasi

Tahapan ini adalah tahap terakhir proses polimerisasi yang mana tahap pusat aktif dihentikan. Penghentian ini dapat dilakukan dengan penggabungan radikal atau kombinasi dan disproporsionansi yang melibatkan transfer suatu atom dari ujung rantai ke ujung lainnya (Cowd,1991).

Radikal bebas menjadi radikal bebas tak reaktif akibat pertemuan antar radikal. Tahap terminasi akan menghasilkan molekul polimer tanpa pusat radikal dan akan menghasilkan produk dengan tiga kemungkinan yaitu, produk hasil reaksi sesama radikal monomer, reaksi monomer dengan radikal monomer dan sesama radikal inisiator. Berikut mekanisme reaksi tahap terminasi pada Gambar 10.



Gambar 10. Mekanisme Reaksi Terminasi Polimer Kolesteril Akrilat (a) sesama radikal monomer (b) radikal monomer dengan radikal fotoinisiator (c) sesama radikal fotoinisiator.

D. ITO (*Indium Tin Oxide*) dan Sifat Konduktivitasnya

Indium Tin Oxide ($\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$) atau bisa disebut ITO merupakan bahan yang dihasilkan dari pencampuran antara 90% indium oksida (*indium oxide*/ In_2O_3) dan 10% *Tin Oxide* (*Tin oxide*/ SnO_2). ITO memiliki warna yang hijau kekuningan dan bentuknya serbuk atau padatan. Namun ITO memiliki sifat fisik yang transparan dan apabila dalam bentuk film tipis pada ketebalan dari 1000-3000 *Angstrom*.

ITO merupakan oksida konduktif dimana banyak digunakan karena ITO memiliki dua sifat utama yaitu, sifat transparansi dan konduktivitas yang superior diantara material oksida yang lain. Ditunjukkan serbuk ITO pada Gambar 11.

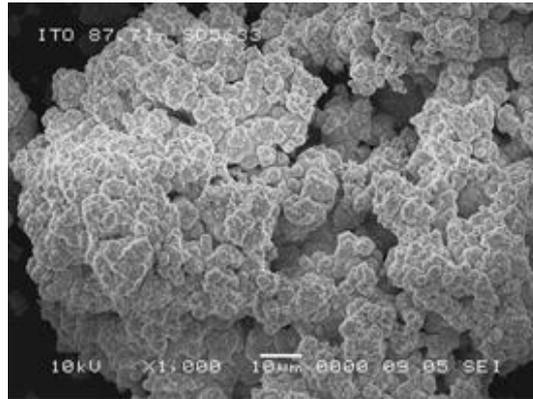


Gambar 11. Serbuk ITO (*Indium Tin Oxide*)

ITO banyak digunakan sebagai elektroda serta elektroda transparan untuk kajian *spectroelectrochemical* karena sifatnya yang konduktif (Xue, 2016). Sifat transparansinya dapat mencapai 80-85% kaca atau gelas sehingga sangat transparan, ITO juga memiliki nilai transmisi yang cukup tinggi pada daerah panjang gelombang visible dan relativitas listrik yang rendah (skala $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$). Beberapa teknik juga telah dikembangkan untuk membuat film tipis seperti *Chemical vapor deposition (CVD)*, *magnetron sputtering* (Khuram, 2014).

Pada penelitian Trajkovska (2014) terbukti bahwa telah berhasil ITO dikombinasikan dengan suatu bahan kristal cair berupa polimer kristal cair kolesterik dan semakin besar konsentrasi ITO yang ditambahkan pada campuran polimer maka nilai konduktivitasnya semakin besar. Apabila dalam keadaan tertentu akan tercapai frekuensi ambang batas. Pada penelitian ini nilai ambang batas dari polimer kristal cair kolesterik-ITO pada saat konsentrasi ITO mencapai 25-30 w/w .

ITO merupakan semikonduktor tipe-n dengan besar celah pita energi sekitar 4 eV, peningkatan konduktivitas yang ditimbulkan pada ITO disebabkan oleh peningkatan konsentrasi muatan pembawa bebas karena ITO memiliki satu elektron valensi lebih banyak dari pada aluminium (Young-sang,2016). Berikut bentuk morfologi ITO ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Morfologi *Indium Tin Oxide*

E. Komposit Polimer-ITO dan Konduktivitas Listrik

Komposit merupakan kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda dan perbedaan itu dapat dilihat secara mikroskopik yang tersusun dari dua komponen yakni matriks dan penguat atau *filler* (Yudhanto, 2007; Sahari, 2009). Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun dan dapat ditentukan secara teoritis dengan pendekatan metode *rule of mixture (ROM)*, sehingga akan berbanding secara proporsional (Pramono, 2008).

Material ITO juga dapat dijadikan sebagai *filler* atau pengisi atau dopan pada suatu matriks polimer. Beberapa penelitian memaparkan bahwa ITO juga dapat dikombinasikan dengan suatu polimer dengan menjadikannya suatu komposit yang dihasilkan memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi atau nilai resistivitas yang lebih rendah bila dibandingkan dengan polimer. Diantaranya yaitu pada penelitian Charles (2014) komposit *Poly-(methylnmethacrylates)-ITO*, komposit *polyimide-ITO* (Angel *et al.*, 2006) serta komposit *polybithiophene-MnO₂-ITO* (Zouaoui *et al.*, 2016).

Menurut penelitian Charles *et al.*, (2008) pembuatan komposit poly-(methylnmethacrylates) ITO dapat menambah sifat polimer tersebut menjadi bersifat konduktif. Namun, nilai konduktivitas dari komposit juga dipengaruhi oleh variasi tekanan yang diberikan dimana semakin besar tekanan yang diberikan maka semakin rendah nilai konduktivitas komposit yang dihasilkan.

Konduktivitas listrik merupakan kemampuan suatu bahan atau material untuk menghantarkan arus listrik (Irzaman dkk, 2010). Kemampuan ini dilakukan oleh kation dan anion, sedangkan dalam logam dilakukan oleh elektron. Menurut

sifat konduktivitasnya material zat padat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu: isolator, konduktor dan semikonduktor (Sze, 1985). Material yang memiliki konduktivitas yang besar adalah material yang bersifat konduktor, seperti logam. Sama seperti material konduktor, material semikonduktor juga bersifat konduktif hanya saja sifatnya dipengaruhi oleh suhu, sedangkan isolator merupakan material non konduktif (Atkins, 1999).

Konduktansi merupakan kemampuan suatu benda menghantarkan arus listrik dari suatu material dan dalam satuan SI memiliki satuan *siemens* (S). Dimana nilai konduktansi yang tinggi menunjukkan material tersebut mampu mengkondisikan arus listrik dengan baik, akan tetapi nilai konduktansi yang rendah menunjukkan bahwa material tidak dapat mengalirkan muatan secara sempurna (Baiser, 1992). Beberapa dopan konduktif jenis logam yang dapat memodifikasikan sifat konduktivitas kristal cair kolesterik ditunjukkan pada Tabel 1.

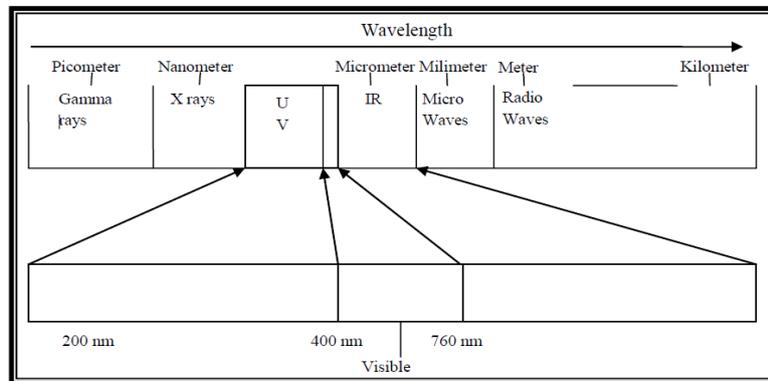
Tabel 1. Daftar beberapa Dopan konduktif polimer kristal cair kolesterik (Trajkovska, 2014)

Dopant	Ukuran Partikel	ϵ, σ	Densitas (kg/m³)
Carbonyl Iron (CI-HQ)	1,1 μm	Tidak ada data	7000
Indium Tin Oxide- ITO	3,38 μm	Tidak ada data	1200
Serpihan logam Aluminium	12 μm	Tidak ada data	2700

F. Sinar Ultraviolet dan Metode UV Curing

Radiasi elektromagnetik merupakan salah satu bentuk energi. Setelah energi terserap molekul akan membentuk photoproduct yang memicu reaksi fotokimia. *Ultraviolet* (UV) adalah suatu radiasi elektromagnetik yang

mempunyai panjang gelombang lebih pendek dari pada sinar violet yang berkisar dari 100-400 nm



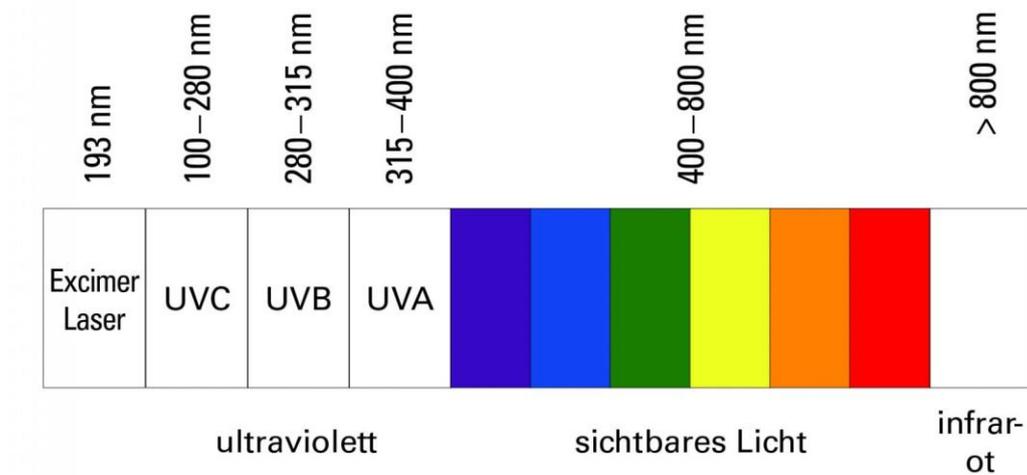
Gambar 13. Spektrum Elektromagnetik

Cahaya elektromagnetik dapat dipertimbangkan sebagai bentuk energi cahaya sebagai transfer gelombang. Panjang gelombang (λ) merupakan jarak antara dua gunung/ lembah yang berdekatan dari gelombang itu. Banyaknya gelombang lengkap yang melewati suatu fisik yang diam persatuan waktu diberi istilah frekuensi (ν). Hubungan antara panjang gelombang dan frekuensi adalah

$$\lambda = c/\nu$$

λ adalah panjang gelombang (cm), ν adalah frekuensi (dt^{-1} atau hertz, Hz), c adalah kecepatan cahaya (3×10^{10} cm dt^{-1}).

Spektrum sinar UV dapat dibedakan menjadi tiga yaitu: UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm), UV-C (100-280 nm). sebagian besar dari sinar UV yang mencapai bumi adalah UV-A (90-99%) dan UV-B (1-10%), sedangkan UV-C diabsorpsi oleh lapisan ozon.



Gambar 14. Spektrum Ultraviolet

Radiasi UV ditemukan sejak tahun 1677, dan pertama kali dimanfaatkan oleh Niels Ryberg Finsen seorang peneliti Denmark untuk membunuh organisme patogen. Radiasi ini berfungsi sebagai alat untuk mempermudah, mempercepat atau memperbaiki reaksi kimia yang diperlukan didalam proses polimerisasi, secara konvensional reaksi kimia biasanya berlangsung melalui inisiator dan energi panas (Batan, 2015).

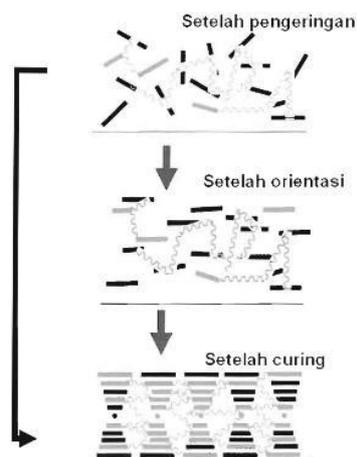
Sumber radiasi UV buatan manusia pada dasarnya terdiri dari 3 jenis yaitu *incandescent*, seperti lampu halogen tungsten; lampu neon, seperti lampu intensitas tinggi yang digunakan pada industri untuk fotopolimerisasi dan lampu germisidal untuk sterilisasi dan untuk mengelas metal; dan lampu UV seperti *excimer laser* (Alatas & Lusiyanti, 2001).

Pada penelitian ini digunakan lampu jenis TL dimana lampu UV ini masuk jenis UV-A dikarenakan panjang gelombang yang sesuai dengan inisiator yang digunakan sehingga dipilihlah UV-A pada panjang gelombang 315-400 nm dan lampu UV ini sering digunakan untuk mendeteksi mata uang. Metode UV *curing* adalah suatu proses fotokimia dengan menggunakan sinar *ultraviolet* dengan intensitas tinggi. Proses ini dikembangkan lebih dari 30 tahun yang lalu terutama

untuk industri percetakan, kemasan, elektronik dan kayu. Saat ini industri UV *curing* merupakan teknologi polimer terbaik yang dilakukan dan telah menggantikan pengeringan termal konvensional berbasis pelarut (Ciba Speciality Chemicals, 2002).

Radiasi UV *curing* pada dasarnya terdiri dari polimerisasi fotoinisiasi dari monomer multifungsi yang diubah menjadi jaringan polimer tridimensional. Fotoinisiator digunakan untuk menyerap radiasi UV dan mengalami proses pembelahan spesies reaktif, radikal bebas yang masing-masing akan mengalami reaksi polimerisasi *cross-linking* menurut mekanisme radikal atau kationik. Setelah terjadi reaksi radikal langkah-langkah selanjutnya (rantai propagasi dan terminasi) pada dasarnya akan sama seperti pada polimerisasi konvensional (Decker, 2006).

Metode UV curing mengarahkan cahaya UV ke produk yang diformulasikan. Fotoinisiator menyerap energi UV dari sumber cahaya dan mengatur reaksi kimia yang cepat dengan mengubah formulasi cair menjadi padat sehingga terbentuk sebuah material berupa film. Sebagian besar formulasi terdiri dari monomer dan oligomer. Berikut mekanisme UV curing ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Mekanisme UV Curing (Riswoko, 2010)

Pada proses UV-Curing memiliki beberapa keuntungan, seperti tidak ada pelarut yang menguap, tidak ada polusi lingkungan, tidak ada kerugian dari ketebalan lapisan, dan tidak ada kehilangan volume. Hal ini menyebabkan produktivitas yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih singkat dengan pengurangan limbah, pengurangan penggunaan energi, dan pengurangan emisi polutan. Untuk menginisiasi suatu reaksi polimerisasi dari senyawa kimia diperlukan cahaya yang tepat. Radiasi tersebut dapat berupa ion atau elektromagnetik.

G. Alat Instrumen

1. Fourir Trasmission Infrared (FTIR)

FTIR digunakan untuk menentukan gugus-gugus fungsional pada suatu senyawa. informasi yang didapat dari FTIR adalah mengidentifikasi material yang tidak diketahui, dapat menentukan kualitas sampel, dan menentukan jumlah komponen dalam campuran (Thermo Nicolet Corporation,2001). Analisis FTIR digunakan Kalium Bromida (KBr), dimana KBr tersebut berfungsi sebagai pendispersi sampel. Hasil karakterisasi senyawa dari FTIR berbentuk spektra. Spektra yang dihasilkan akan menunjukkan puncak yang khas pada tiap senyawa.

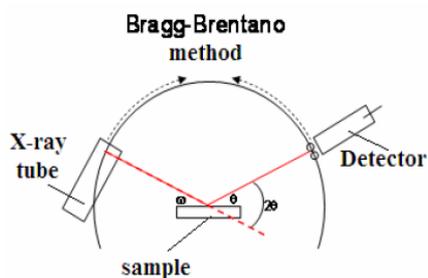
Senyawa kolesteril akrilat mempunyai puncak yang khas dan bilangan gelombang pada tiap puncak menunjukkan gugus fungsi yang terdapat pada monomer kolesteril akrilat (Alhara, 2011). Berikut Tabel 2 gugus fungsi dan bilangan gelombang yang terdapat pada senyawa kolesteril akrilat.

Tabel 2. Puncak-puncak serapan spectrum IR kolesteril akrilat (Alhara, 2011)

(Alhara. 2011) Bilangan Gelombang (Cm^{-1})	Jenis Serapan	Gugus Fungsi
3522	Lemah dan renggang	C-H
2800-2600	Kuat dan tajam	=C-H
1720	Tajam dan kuat	C=O
1467,85	Puncak tajam	C=C 
1204,5	Dua puncak tajam	C-O ester
904,42	Puncak tajam	<u>Para Tersubstitusi</u> 
770,56	Tajam dan kuat	C-H 

2. X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi susunan kristal suatu molekul atau senyawa. XRD terdiri dari tiga komponen dasar yaitu; sumber sinar-X (*X Ray source*), material contoh yang diuji (*specimen*), dan detektor sinar-X (*X-ray detector*) (Jamaluddin, 2010).

**Gambar 16.** Skema alat *X-ray Diffractometer* (Elena, 2012)

3. *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan *Energy Dispersive X-ray (EDX)*

SEM digunakan untuk analisis morfologi permukaan teratur atau permukaan bersisik. Mikroskop electron merupakan jenis mikroskop yang menghasilkan gambar sampel dengan memindai focus sinar electron. Elektron berinteraksi dengan atom dalam sampel, memproduksi berbagai sinyal yang dapat dideteksi dan berisi informasi tentang sampel permukaan topografi dan komposisi. Berkas electron umumnya dipindai dalam bentuk pola atau posisi balok yang dideteksi dengan sinyal untuk menghasilkan gambar (Shamila *et al*, 2012).

SEM merupakan metode kinerja tinggi yang digunakan untuk menyelidiki struktur suatu bahan. Hal ini diperlihatkan oleh: kemudahan preparasi sampel yang diuji, banyak informasi yang dapat diperoleh, memiliki resolusi yang baik dalam menyelidiki struktur dengan perbesaran dan penulusuran hingga ke dalamnya. EDX digunakan untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat pada sampel uji. Ditunjukkan pada Gambar 17 dibawah ini mikrograf morfologi permukaan fasa nematik kiral dari gugus kolesteril berdasarkan referensi.

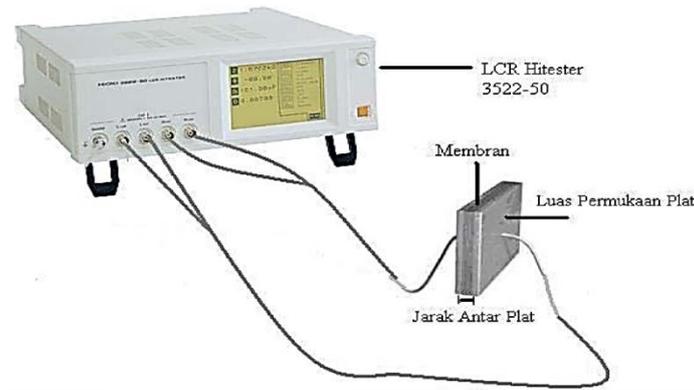


Gambar 17. Mikrograf SEM Tekstur Planar Kolesterik (Gue *et al.* 2009)

4. LCR Meter

LCR meter merupakan suatu alat untuk mengukur induktansi, kapasitansi, konduktansi dan resistansi suatu komponen material. Cara kerja LCR meter pada umumnya adalah dengan memberikan sumber tegangan AC pada suatu komponen yang diukur. Tegangan dan arus pada komponen tersebut

digunakan untuk menentukan impedansi $|Z|$ dan sudut fasa θ tetapi juga nilai induktansi (L), kapasitansi (C), dan resistansi (R) dan lain-lain (Mashadi, 2010).



Gambar 18. Rangkaian Alat LCR meter (Mashadi, 2010)

Dimana pada penelitian ini LCR Meter digunakan untuk mengukur alur listrik yang dihasilkan pada komposit polimer kolesteril akrilat-ITO, metode yang digunakan yaitu empat elektroda titik yang digabung menjadi dua terminal, satu sebagai arus dan satu lagi sebagai pembaca. Sumber arus tetap digunakan pada penelitian ini sehingga kondisi sumber sinyal tidak terganggu oleh kondisi. Frekuensi sumber arus yang digunakan sebesar 1 kHz. Nilai konduktivitas dapat dihitung melalui persamaan (1).

$$\sigma = \frac{Gl}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

σ = Konduktivitas ($\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ atau S/m)

G = Konduktansi (S)

A = Luas Permukaan (m^2)

l = Panjang (m)

Berdasarkan referensi tampak bahwa polimer nematik kiral (kolesterik) memiliki bentuk batang dengan serabut yang saling bercabang. Polimer akan membentuk jaringan (*crosslink*) setelah proses polimerisasi dan menghasilkan perbedaan *pitch* (p) dalam sistem (Gue *et,al* 2009).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada November 2016 sampai dengan Juli 2017 di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Sintesis monomer kolesteril akrilat
- b. Fotopolimerisasi komposit polimer kolesteril akrilat-ITO dengan metode *UV Curing*.
- c. Karakterisasi komposit polimer kolesteril akrilat-ITO.
- d. Uji konduktivitas

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada proses pembuatan kolesteril akrilat dan komposit polimer kolesteril akrilat-ITO (*Indium Tin Oxide*) ini adalah labu alas bulat leher tiga, pendingin liebig, *Magnetic stirrer*, *hotplate stirrer*, neraca analitis, termometer, beberapa variasi lampu UV, kotak hitam, plat kaca CWC (*Cano Wedge Cell*), Mikropipet dan alat-alat gelas (*Glasware*). Alat instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah LCR-Meter untuk mengetahui nilai konduktivitas komposit polimer kolesteril akrilat-ITO (*Indium Tin Oxide*), FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) untuk mengathui gugus fungsi yang terdapat pada komposit polimer kolesteril akrilat-ITO (*Indium Tin Oxide*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan sampel, dan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengidentifikasi fasa kristalinitas

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah klorobutil asetat, etil hidroksi benzoat, KI, K₂CO₃, diklorometana *pure grade*, etanol, KOH, HCl pekat, asam akrilat, PTSA (asam p-toluen-sulfonat), hidrokuinon, benzena, petroleum eter, DMAP, N,N disikloheksilkarbodiimida (DCC), inisiator Darocure 1173, metanol, heksana, dan isopropanol. Kolesterol dengan kemurnian 97% dan ITO (*Indium Tin Oxide*).

2. Prosedur Penelitian

1. Sintesis Monomer kolesteril akrilat

a. Prosedur Sintesis Prekursor Akrilat

Sintesis prekursor akrilat dilakukan dengan menggunakan metode yang dioptimasi oleh Riswoko (2011).

i. Pembentukan eter Williamson dan hidrolisisnya

Sebanyak 30,00 gram klorobutil asetat dicampurkan dengan 27,05 gram etil hidroksi benzoat, 0,35 gram KI, dan 26,92 gram K₂CO₃ dalam 300 mL pelarut DMF (*dimetil formamida*), lalu dimasukkan dalam labu alas bulat leher tiga yang terhubung dengan pendingin liebig. Campuran direfluks selama 11 jam pada suhu 90°C. 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 distirer selama 3 jam pada suhu ruang, lalu ditambahkan HCl pekat hingga pH 5. Campuran disaring, filtrat dan endapan yang diperoleh diuji dengan KLT. Endapan yang diperoleh dikeringkan dan ditimbang massanya.

ii. Akrilasi

Sebanyak 7,46 gram (0,0355 mol) padatan putih yang dihasilkan 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 lalu dimasukkan dalam labu alas bulat leher tiga

yang terhubung dengan pendingin liebig. Campuran reaksi direfluks selama 5 jam pada suhu 85°C, campuran tersebut ditambahkan petroleum eter kemudian distirer kembali. Campuran tersebut kemudian di saring, endapan dan filtrat yang dihasilkan di analisis dengan KLT, eluen yang digunakan yaitu Heksan:Etilasetat= 5:5. Produk direkristalisasi menggunakan pelarut isopropanol, dan padatan yang diperoleh ditimbang massanya.

b. Sintesis Kolesteril Akrilat

Sebanyak 2,00 gram prekursor akrilat, akriloloksi butiloksi benzoat (ABB), direaksikan dengan 200 mL pelarut diklorometana dan 1,72 gram DCC, lalu dimasukkan dalam labu alas bulat leher tiga yang terhubung dengan pendingin Liebig. Sebelumnya dikondisikan terlebih dahulu labunya agar saat memulai pengadukan dengan stirrer dimulai pada suhu 0-5°C, kemudian setelah dimasukkan dalam labu alas bulat dan bercampur, lalu distirrer selama 30 menit pada suhu 0-5°C dan dialirkan gas N₂.

Campuran lalu ditambahkan kolesterol sebanyak 3,00 gram dan DMAP sebanyak 0,2 gram lalu distirrer kembali selama 5 jam pada suhu ruang. Setelah itu, produk disaring dan filtrat yang terbentuk diuapkan hingga terbentuk endapan coklat. Endapan tersebut ditambahkan metanol dan dipanaskan hingga larut. Campuran yang terbentuk didinginkan dalam lemari es hingga terbentuk kristal dan disaring. Endapan dan filtrat yang dihasilkan lalu dimurnikan dengan kromatografi kolom menggunakan eluen Heksan:Etil asetat = 5:1. Kemudian produk yang terbentuk direkristalisasi dengan pelarut metanol.

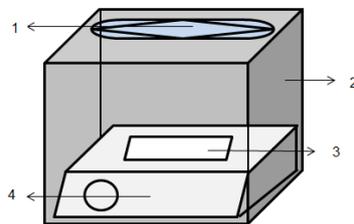
3. Pembuatan Komposit Polimer kolesteril Akrilat-ITO (*Indium Tin Oxide*)

Sampel monomer kolesteril akrilat yang didapatkan dibuat sebanyak lima sampel karena pada proses polimerisasi menggunakan daya lampu yaitu sebesar 10, 25, 40 dan 55 watt. Setiap satu sampel terdiri dari 10 mg monomer kolesteril akrilat yang dilarutkan dengan diklorometan *pure grade* didalam gelas kimia

kecil, kemudian ditambahkan 1 μ L inisiator darocure 1173. setelah itu, ditambahkan 20% ITO (*Indium Tin Oxide*).

4. Merancang alat untuk Metode UV-Curing

Penelitian ini merancang alat radiator untuk metode UV-Curing yang akan dibuat secara sederhana. Alat-alat yang dibutuhkan seperti kotak hitam sebagai penutup yang terbuat dari kardus, lampu UV sebagai sumber cahaya, *hotplate* sebagai pemanas dengan suhu tertentu, dan plat kaca untuk meletakkan preparat.



Gambar 19. Rancangan Alat *UV Curing*: (1) Lampu UV (2) Kotak Hitam (3) Plat Kaca (4) *Hotplat*

5. Fotopolimerisasi Komposit Polimer Kolesteril Akrilat dengan metode UV *Curing*

Sampel preparat dibuat sesuai dengan empat variasi daya lampu UV. Setiap satu sampel preparat terdiri dari monomer kristal cair kolesteril akrilat sebanyak 10 mg yang dilarutkan menggunakan pelarut diklorometan *pure grade* di sebuah gelas kimia kecil. Kemudian larutan ditambahkan 1 μ L inisiator darocure 1173. Ditambahkan dopan ITO (*Indium Tin Oxide*) sebanyak 20% dan Selanjutnya larutan diorientasikan diatas plat kaca preparat. Kemudian plat kaca preparat dimasukkan ke dalam alat UV-Curing. Suhu pemanasan pada *hotplate* di atur yaitu pada rentang suhu 75°C. Waktu penyinaran selama 30 menit pada masing-masing sampel. Dimana digunakan variasi daya lampu UV yaitu 10, 20, 25, 40 dan 55 watt. Hasil dari proses ini berupa material film tipis yang selanjutnya akan dikarakterisasi.

6. Karakterisasi dengan FTIR

Struktur komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO dikarakterisasi untuk mengetahui gugus fungsi menggunakan FTIR dengan pelet Kalium Bromida (KBr).

7. Karakterisasi dengan XRD

Pola XRD dari komposit polimer kolesteril akrilat-ITO dilakukan pengukuran pada 2θ di 5-100°C.

8. Karakterisasi dengan SEM-EDX

SEM digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan sampel. Analisis SEM disiapkan dengan elektroplating Co dari campuran template untuk diapakan dengan elektroda emas (area 1 cm²). EDX bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur dari sampel polimer kolesteril akrilat-ITO.

9. Konduktivitas dengan LCR meter.

Pengukuran nilai konduktivitas dilakukan pada semua sampel campuran film dengan menggunakan alat LCR meter yang diatur dengan frekuensi 1 kHz.

C. Teknik Pengumpulan Data dan Analisa Data

Data yang diamati dalam penelitian ini diperoleh dari hasil krakterisasi sampel komposit polimer kolesteril akrilat-ITO (*Indium Tin Oxide*). Data tersebut berupa hasil analisa FTIR, XRD, SEM dan uji sifat konduktivitas dengan LCR meter.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan fotopolimerisasi komposit kolesteril akrilat-ITO (PKA-ITO) dengan metode UV *curing* menggunakan variasi radiasi elektromagnetik (*Ultraviolet*) sebesar 10, 25, 40, dan 55 watt. Komposit polimer kolesteril akrilat-ITO dapat dianalisis menggunakan beberapa instrumen seperti, FTIR, XRD, SEM-EDX dan uji konduktivitas dengan LCR meter. Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses fotopolimerisasi adalah lamanya waktu fotopolimerisasi, konsentrasi monomer, konsentrasi inisiator dan besarnya radiasi yang diberikan. Pembahasan hasil penelitian dibagi menjadi tiga subbab yaitu, sintesis monomer kolesteril akrilat, fotopolimerisasi komposit PKA-ITO dengan metode UV *Curing* dan uji konduktivitas komposit PKA-ITO.

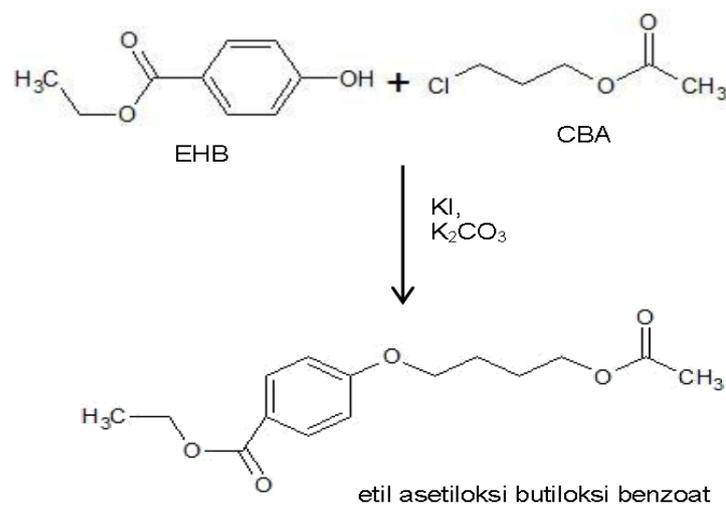
A. Sintesis Monomer Kolesteril Akrilat

Proses sintesis monomer kolesteril akrilat terdiri dua tahapan, yaitu sintesis prekursor akrilat dan sintesis kolesteril akrilatnya dengan metode esterifikasi *steghlich*. Sintesis senyawa kolesteril akrilat merupakan hasil perbanyakan dari kristal cair yang telah disintesis oleh peneliti sebelumnya yaitu Riswoko dkk (2010). Berikut tahapan-tahapan sintesis monomer kolesteril akrilat sebagai berikut:

1. Sintesis Prekursor Akrilat

Sintesis prekursor akrililoksi butiloksi benzoat (ABB) sebagai prekursor akrilat, merupakan zat yang berfungsi sebagai senyawa pendahulu untuk pembentukan senyawa dari jalur sintesis senyawa kristal cair yang akan dihasilkan (Wahyu,2011). Sintesis ABB dapat dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu meliputi pembentukan eter Williamson, hidrolisis basa dan kedua tahap akrilasi (Riswoko, 2010). Pada saat pembentukan eter Williamson dapat dilakukan dengan

mereaksikan klorobutil asetat (CBA) dengan etil p-Hidroksi Benzoat (EHB) dan KI serta K_2CO_3 sebagai katalis yang akan membentuk eter Williamson yang terjadi karena pelepasan gugus halida pada CBA dan akan berikatan dengan ion fenoksi dari EHB menghasilkan etil asetiloksi butiloksi benzoat (gugus ester). Reaksi ini melibatkan mekanisme reaksi substitusi nukleofilik (S_N2) (Fessenden, 1982).



Gambar 20. Reaksi EHB dengan CBA

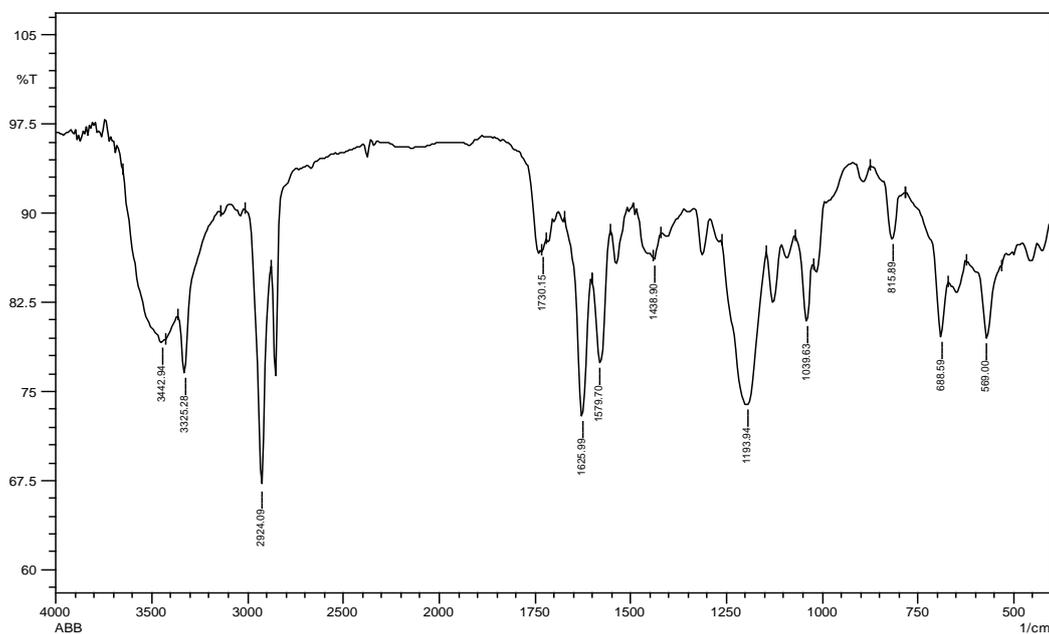
Hasil reaksi ini dapat dilakukan proses hidrolisis dengan mereaksikan KOH (basa kuat) yang akan menghasilkan suatu garam yaitu butiloksi benzoat. Garam yang terbentuk akan diasamkan dengan menambahkan HCl pekat menghasilkan produk asam hidroksi butiloksi benzoat.

Tahapan terakhir pada proses pembentukan prekursor akrilat yaitu proses akrilasi dimana akan direaksikan dengan katalis yaitu PTSA berfungsi untuk mengikat air yang terbentuk dari hasil reaksi dan Hidrokuinon yang memiliki ikatan phi aromatik dan kemampuan delokalisasi elektron yang baik, ditambahkan kedalam campuran reaksi untuk penangkal terbentuknya radikal bebas akibat terjadinya reaksi yang melibatkan ikatan rangkap pada asam akrilat. Hasil akhir dari serangkaian reaksi ini adalah senyawa ABB (Akriloksi Butiloksi Benzoat) berupa padatan berwarna putih dengan massa sebesar, 5,7570 gram.

Senyawa ABB yang telah disintesis akan dianalisis dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional yang terdapat pada produk yang dihasilkan. Berikut spektrum IR ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 21.

Tabel 3. Spektrum IR Akrililoksi Butiloksi Benzoat.

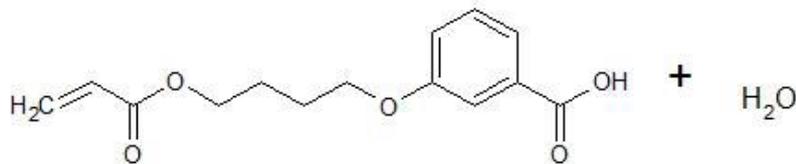
Daerah Serapan (cm^{-1}) Referensi	Daerah serapan (cm^{-1})	Jenis serapan	Ikatan
3429,85	3442,94	Lebar	O-H
2955,82	2924,09	Tajam	C-H aromatic
2886,75-25662,88	2800	Tajam	C-H alifatik
1736,13	1730,15	Medium	C=O
157,36-1431,06	1579,10-1625,99	Medium	C=C aromatic
			Benzena
851,08	815,89	Medium	tersubtitusi para



Gambar 21. Spektrum IR Akrililoksi Butiloksi Benzoat

Berdasarkan spektrum IR diatas menunjukkan bahwa terdapat puncak kuat dan lebar pada bilangan gelombang $3442,94 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan adanya vibrasi regangan O-H. Kemudian pada bilangan gelombang $2924,09 \text{ cm}^{-1}$ menandakan

adanya vibrasi ikatan C-H aromatik sedangkan pada pita bilangan gelombang 2800an cm^{-1} merupakan vibrasi ikatan C-H alifatik dari kedua puncak tersebut terlihat sangat kuat dan tajam. Pada daerah bilangan gelombang 1730,15 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ikatan C=O karbonil terlihat puncak yang sedikit melebar. Dimana terlihat puncak khas pada bilangan gelombang 1579,10-1625,99 cm^{-1} yang merupakan vibrasi dari ikatan C=C aromatik hal ini prekursor akrilat (ABB) merupakan senyawa aromatik. Selain muncul puncak-puncak khas, terdapat puncak pada daerah *fingerprint* pada bilangan gelombang 815,89 cm^{-1} yang diasumsikan bahwa prekursor akrilat merupakan turunan senyawa dari benzena yang tersubstitusi para. Sehingga dapat dibuktikan bahwa sintesis akrilat (ABB) berhasil.



Gambar 22. Struktur Akrioloiloksi Butiloksi Benzoat

2. Sintesis Kolesteril Akrilat

Sintesis kolesteril akrilat dilakukan melalui rekasi esterifikasi *Steglich*. Prekursor akrilat dilarutkan dalam pelarut DCM dan direaksikan dengan DCC lalu distirrer selama 30 menit dengan suhu 0-5°C. Kemudian ditambahkan DMAP kedalam campuran tersebut yang mana berfungsi sebagai katalis. Sedangkan DCC adalah suatu komponen yang berfungsi sebagai inisiator pada reaksi bersama dengan prekursor akrilat yang akan membentuk senyawa *intermediate* (kristal cair) memiliki kereaktifan yang besar (Husniati,2008).

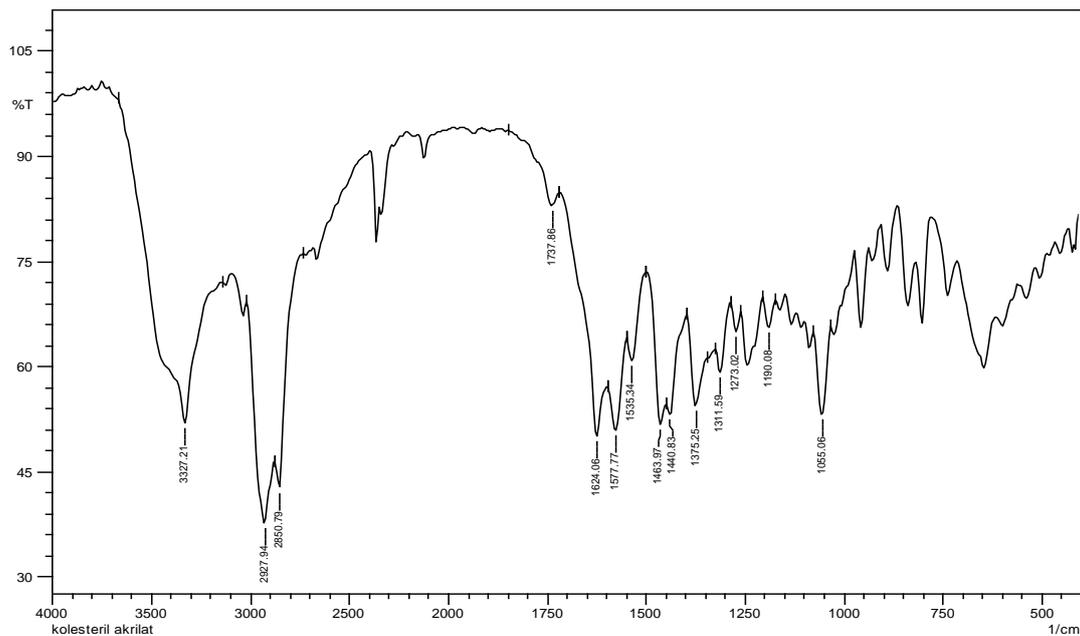
Hasil yang diperoleh berupa serbuk putih yang kemudian dilakukan pemurnian menggunakan kromatografi kolom. Proses pemurnian ini menggunakan fase diam dan fasa gerak, fase diamnya yaitu bubuk alumina dan eluen yang digunakan adalah campuran eluen dari n-heksana dan etil asetat

dengan perbandingan 5:1 (Alhara,2011) dan fasa geraknya yaitu sampel kolesteril akrilat. Sehingga hasil permurnian kolesteril akrilat berupa serbuk putih, senyawa kolesteril akrilat termasuk produk ester yang memiliki ciri khas fisik bau sangat menyengat dan terasa seperti bau minyak angin. Didapatkan massa kolesteril akrilat yang telah dimurnikan sebesar 3,82 gram dengan rendemen sebesar 74,61 % .

Kemudian monomer kolesteril akrilat yang telah disintesis dapat dilakukan uji karakterisasi dengan FTIR untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat pada monomer KA. Berikut spektrum IR monomer KA pada Tabel 4 dan Gambar 23.

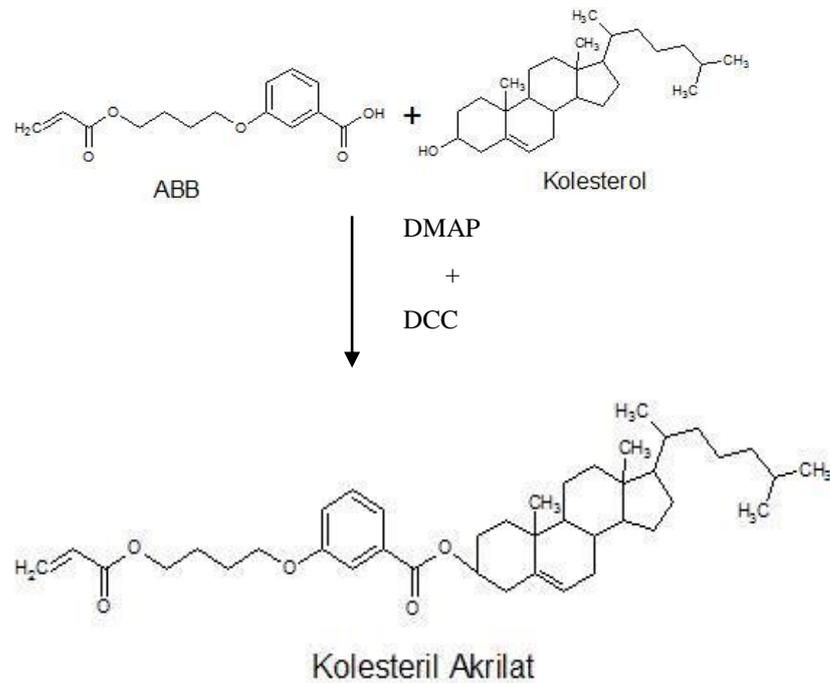
Tabel 4. Spektrum IR Monomer Kolesteril Akrilat

Bilangan Gelombang (cm⁻¹) Referensi	Bilangan gelombang (cm⁻¹) KA penelitian	Jenis serapan	Ikatan
-	3327,21	Lebar	O-H
3522-2800	292794-2856,79	Kuat dan tajam	C-H alifatik
1720	1737,86	Tajam	C=O Karbonil
1467,85	1463,97-1624,06	Tajam	C=C
1204,5	1056,06	Medium	C-O Ester
904,42	810,03 - 930,01	Medium	Benzena tersubstitusi para



Gambar 23. Spektrum IR Monomer Kolesterol Akrilat

Hasil analisa pola serapan FTIR pada monomer kolesterol akrilat yang telah disintesis menunjukkan terdapat puncak tajam pada bilangan gelombang 2927,94-2850,78 merupakan vibrasi ikatan C-H alifatik. Terdapat puncak kuat pada bilangan 1737,86 yang diduga vibrasi ikatan C=O karbonil. Kemudian terlihat puncak tajam dan melebar pada bilangan gelombang 1624,06-1440,83 yang merupakan vibrasi ikatan C=C aromatik yang diasumsikan tumpang tindih dengan ikatan C=O ester. Terdapat satu puncak lebar pada pita bilangan gelombang 3327,21 yang merupakan vibrasi regangan O-H, dimana kolesterol akrilat tidak memiliki puncak vibrasi ikatan O-H namun masih terdapat puncak pada bilangan tersebut, hal ini dimungkinkan kolesterol masih tertinggal dalam sampel yang menandakan bahwa pemurnian kolesterol akrilat yang dilakukan masih kurang optimal (Alhara,2011). Berikut Persamaan reaksi yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Persamaan Reaksi Sintesis Kolesterol Akrilat

B. Fotopolimerisasi Komposit Polimer Kolesterol Akrilat-ITO dengan Metode UV Curing

Penelitian ini dilakukan fotopolimerisasi dengan teknik insitu yang bertujuan untuk mengedepankan fiksasi kondisi struktur molekul tertentu, yang diberikan bantuan energi cahaya atau radiasi elektromagnetik untuk membentuk polimer. Energi yang diberikan pada fotopolimerisasi berasal dari cahaya lampu *ultraviolet* yang memiliki panjang gelombang 365 nm, lampu ini termasuk golongan jenis lampu UV-A pada umumnya jenis lampu tersebut digunakan untuk mendeteksi mata uang.

Fotopolimerisasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode UV *curing*. Telah dibuktikan bahwa metode UV *curing* memiliki kelebihan dalam fotopolimerisasi dibandingkan dengan metode lain, seperti tidak membutuhkan pelarut dalam jumlah banyak, hemat energi dan memiliki reaktivitas tinggi terhadap monomer akrilik dan oligomer (Kuang *et al.* 2005). Fotopolimerisasi

dilakukan penyinaran dengan variasi daya lampu ultraviolet sebesar sebesar 10, 25, 40 dan 55 watt.

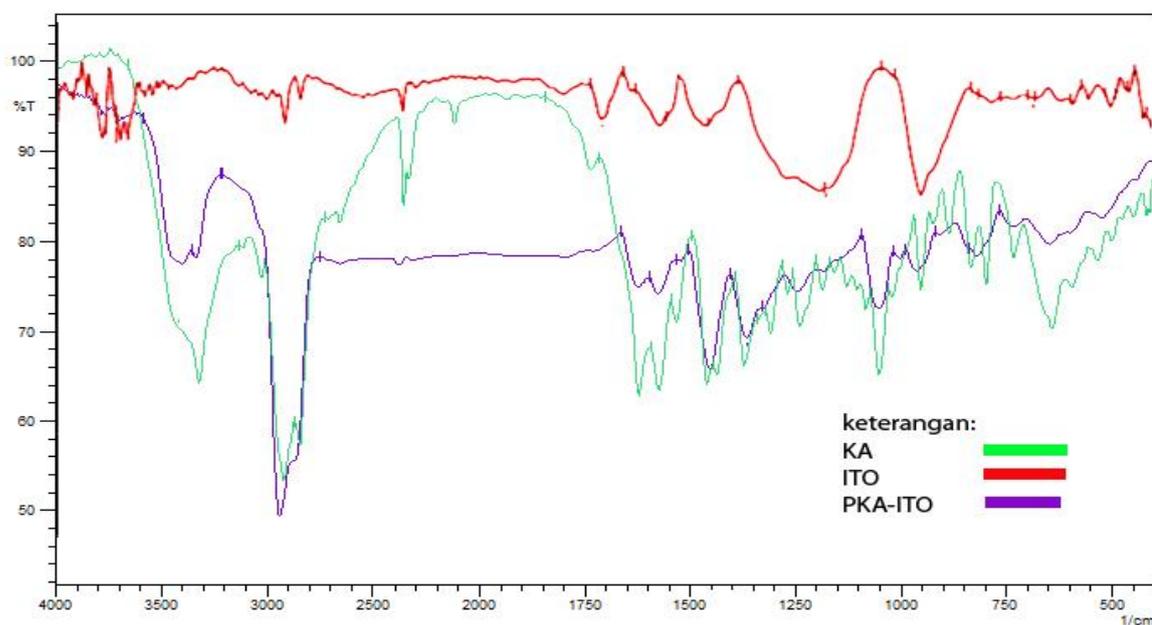
Pembentukan polimer pada penelitian ini menggunakan reaksi adisi radikal bebas yang memiliki tiga tahap yaitu, inisiasi, propagasi dan terminasi. Reaksi ini melibatkan reaksi perpanjangan rantai yang dapat berupa radikal bebas, terbentuknya senyawa radikal dapat terjadi ketika proses fotopolimerisasi berlangsung yang dihasilkan dari penyerapan energi cahaya *ultraviolet* (UV) yang diberikan pada proses *curing*. Reaksi radikal dipengaruhi oleh suhu, pH, konsentrasi monomer dan media polimerisasi (Prima, 2010). Suhu polimerisasi dapat mempengaruhi struktur polimer yang terbentuk sehingga stabilitas struktur radikal akan bergantung pada suhu reaksi (Wibowo *et al*, 2000).

Proses fotopolimerisasi dengan menyiapkan 10 mg monomer kolesteril akrilat dilarutkan dalam 0,4 mL diklorometana *pure grade* kemudian ditambahkan inisiator darocure 1173 sebanyak 1 μ L dan ditambahkan 20% dopan ITO campuran tersebut dioleskan ke plat kaca yang berukuran 2x2 mm². Digunakan Darocure 1173 sebagai inisiator karena bekerja pada daerah serapan sinar *ultraviolet* dengan panjang gelombang antara 225 nm sampai dengan 375 nm hal ini sesuai dengan bekerjanya fotoinisiator pada fotopolimerisasi yang menggunakan metode UV *Curing* (Danu *et al*. 1996). Inisiator berperan penting sebagai pusat aktif tumbuh radikal yang terbentuk dengan penyerapan energi foton (Decker, 2006). Kemudian campuran yang telah dioleskan ke plat kaca dipanaskan dengan menggunakan hotplate pada suhu 75°C sehingga monomer akan terpolimerisasi, proses UV *Curing* dilakukan selama 30 menit dihasilkan plat film tipis. Fotopolimerisasi dilakukan sesuai dengan variasi daya lampu yang digunakan.

Setelah fotopolimerisasi monomer kolesteril akrilat dapat dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk mengetahui vibrasi ikatan-ikatan yang terdapat didalam sampel PKA-ITO tersebut. Tabel 5 dan Gambar 25 menunjukkan puncak khas IR monomer kolesteril akrilat dan polimer kolesteril akrilat-ITO.

Tabel 5. Spektrum IR Monomer Kolesteril Akrilat dan Komposit PKA-ITO

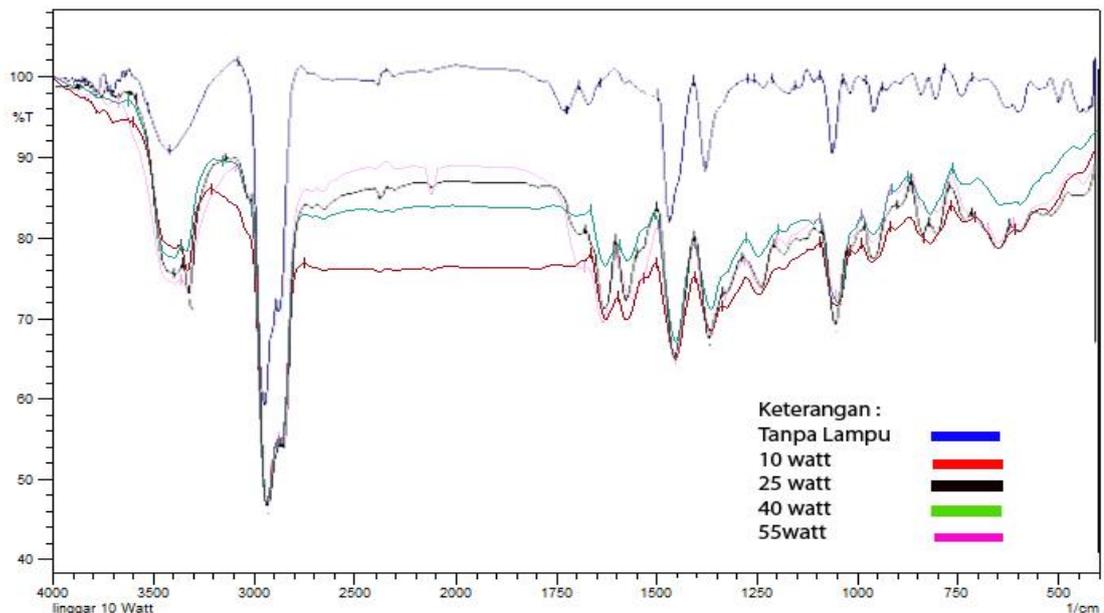
Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) Monomer KA	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) Polimer KA	Ikatan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) ITO	Ikatan pada ITO
-	-	-	3378,55 dan 3711,04	Sn-OH In-OH
3327,21	3398,57 dan 3334,41	O-H	-	O-H permukaan
2927,94 s/d 2850,79	2941,44	C-H Alifatik	-	-
1737,86	1712,01	C=O karbonil	-	-
1440,83 s/d 1624,06	1452,40 s/d 1624,06	C=C	-	-
1055,06	1049,28	C-O ester	1197,79 s/d 975,98	In-OH permukaan
810,03 s/d 930,01	821,68 s/d 964,41	Benzena Tersubstitusi Para	-	-
-	738,74; 615,29; 530,42	Puncak khas ITO	437,84; 487,99; 534,28; 619,15	Puncak khas ITO

**Gambar 25.** Spektrum IR Monomer Kolesteril akrilat dan polimer KA-ITO

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 24 menunjukkan puncak khas monomer kolesteril akrilat ditunjukkan pada bilangan gelombang 810,03 cm⁻¹ sampai 3327,21

cm^{-1} . Berdasarkan hasil analisa IR bahwa spektrum monomer kolesteril akrilat terdapat vibrasi ikatan rangkap C=C pada pita bilangan gelombang $1624,06 \text{ cm}^{-1}$ kemudian spektrum polimer KA-ITO pada $1624,04 \text{ cm}^{-1}$ hilang. Hal ini dikarenakan proses UV *curing* pada senyawa kolesteril akrilat yang terdapat adanya ikatan rangkap C=C akan diserang oleh radikal bebas yang terbentuk dari fotoinisiator dan menjadi ikatan tunggal C-C. Penyerapan energi sinar *ultraviolet* pada monomer kolesteril akrilat akan memutuskan ikatan rangkap. Hal tersebut terjadi karena radiasi *ultraviolet* akan menyebabkan terbentuknya radikal bebas dari inisiator (Darocure 1175). Pemutusan ikatan rangkap C=C akan memodifikasi sifat mekanik polimer (Kuang *et al*, 2005).

Kemudian pada PKA-ITO terdapat puncak pada pita bilangan gelombang $1056,99 \text{ cm}^{-1}$ yang diduga vibrasi ikatan In-OH dengan C-O. Hal ini dikarenakan adanya interaksi polimer kolesteril akrilat dengan permukaan ITO yang dapat mengisi rongga-rongga kolesteril akrilat. Selanjutnya hasil fotopolimerisasi berdasarkan hasil analisa instrumen FTIR dengan variasi daya lampu polimer kolesteril akrilat-ITO ditunjukkan pada Gambar 26.

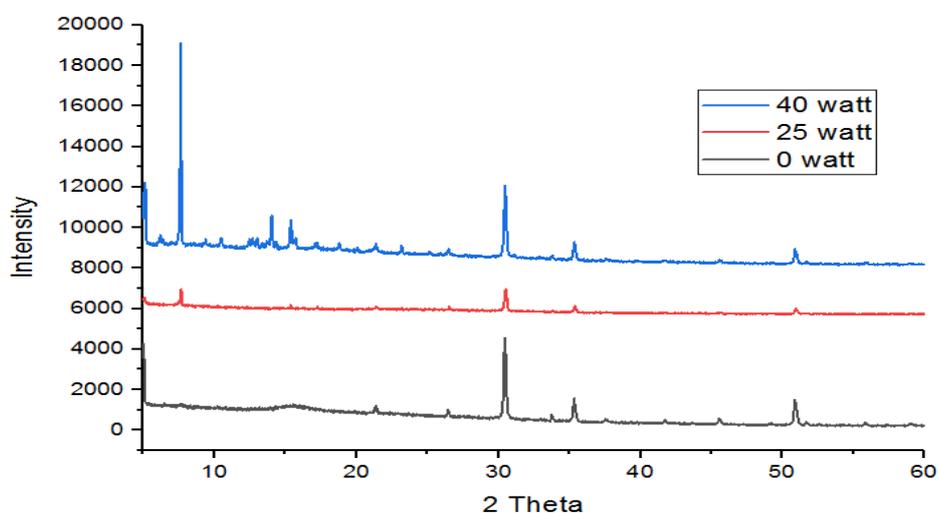


Gambar 26. Spektrum IR PKA-ITO variasi daya lampu

Berdasarkan spektrum analisa pola serapan IR diatas bahwa dari ke empat sampel PKA-ITO tedapat dua puncak yang saling bertumpang tindih pada pita bilangan gelombang $3398,57\text{ cm}^{-1}$ sampai dengan $3334,92\text{ cm}^{-1}$ yang diduga merupakan vibrasi ikatan O-H dari alkohol dan karboksilat, hal ini diduga puncak O-H alkohol berasal dari inisator yaitu Darocure 1173 dan gugus karboksilat berasal dari senyawa ABB.

Pada sampel PKA-ITO 25, 40 dan 55 watt terdapat puncak pada bilangan gelombang 1700an cm^{-1} yang diduga merupakan adanya vibrasi ikatan C=O karbonil, menurut Afrizal (2010) terdapat puncak pada daerah 1729 cm^{-1} yang merupakan gugus karbonil. Kemudian pada bilangan gelombang 1550 cm^{-1} sampai dengan 1690 cm^{-1} diduga merupakan adanya ikatan C=C yang dimiliki aromatik.

Untuk menganalisis pengaruh daya lampu UV terhadap karakteristik sampel dapat dilakukan uji XRD, dapat mengidentifikasi sifat kristalinitas polimer kolesteril akrilat-ITO. Pola difraksi sinar X diperoleh dari berkas radiasi sinar X. Pengukuran XRD menggunakan anoda material Cu. Masing-masing kristal memiliki karakteristik yang berbeda yang ditunjukkan oleh munculnya puncak-puncak yang terletak pada suatu sudut difraksi tertentu. Berikut ini adalah hasil uji XRD pada komposit polimer kolesteril akrilat-ITO ditunjukkan pada Gambar 27.



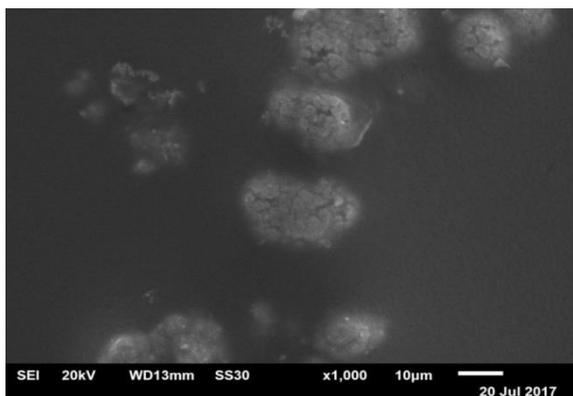
Gambar 27. Pola Difraksi XRD Komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO

Berdasarkan Gambar 27 pada grafik pola difraksi menyatakan pola difraksi XRD dari ke tiga sampel yang berbeda yaitu KA-ITO, PKA-ITO 25 dan 40 watt. Pada sampel KA-ITO yaitu tidak terjadi polimerisasi yang mana terdapat pola difraksi XRD yang menunjukkan puncak 2θ pada $30,45^\circ$; $35,33^\circ$; $50,87^\circ$ dan $60,51^\circ$ yang merupakan puncak khas kristalinitas dari ITO dan sampel ini merupakan fase amorf. Sampel komposit PKA-ITO 25 watt menunjukkan puncak 2θ pada $30,48^\circ$; $35,36^\circ$; $50,90^\circ$; yang menandakan puncak khas ITO, kemudian pada pola XRD komposit polimer kolesteril akrilat-ITO 40 watt menunjukkan puncak 2θ pada $30,47^\circ$; $35,35^\circ$; $50,89^\circ$; dimana puncak-puncak tersebut adalah puncak khas kristalinitas dari ITO (*Indium Tin Oxide*). Berdasarkan referensi puncak karakteristik dari ITO adalah $2\theta = 30^\circ$ yang mempunyai bidang kristal (222) berorientasikan *Bodycentered cubic (bcc)* (Khuram,2014).

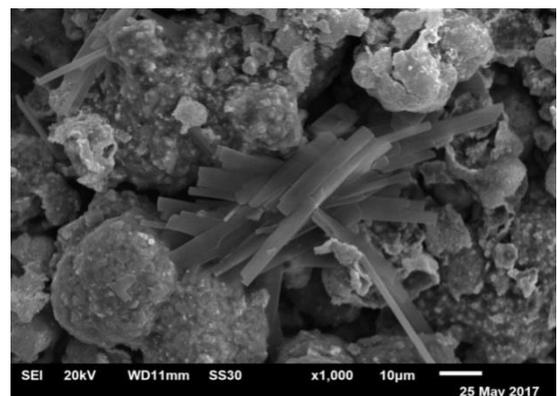
Pada penelitian Esti (2016) bahwa puncak kristalinitas polimer kolesteril akrilat muncul pada $2\theta = 2^\circ$ sampai 3° yang memiliki intensitas tinggi. Dimana suhu mesofase dari monomer kolesteril akrilat dihasilkan pada puncak $2\theta = 2^\circ$ sampai 3° (Afrizal, 2012). Namun pada penelitian ini dilakukan uji XRD pada 2θ dari 5° - 100° sehingga tidak muncul puncak khas kristal dari polimer kolesteril akrilat. Kemudian pada sampel PKA-ITO 20 dan 40 watt muncul puncak baru pada $2\theta = 7^\circ$ dengan intensitas tinggi yang diasumsikan adanya interaksi KA dengan ITO hal ini terbukti pada data IR muncul puncak pada daerah bilangan gelombang 1700 cm^{-1} yang merupakan gugus karbonil diduga muncul puncak baru karena ikatan C=O mengalami interaksi dengan In_2O_3 . Pertumbuhan ITO mengubah intensitas struktur baru yang terbentuk dimana pada puncak ITO terlihat kecil, bahwa kristalinitas ITO dan jumlahnya dibawah kristalinitas polimer yang terbentuk. Adanya ITO dapat mengubah orientasi bidang kristal dari PKA-ITO, sehingga semakin kecil persentase ITO yang diberikan maka semakin terbentuk puncak kristalin pada polimer, hal ini diperkuat oleh Oksana *et al*,(1998) bahwa kristal cair dapat didoping oleh oksida konduktif dengan persentase lebih kecil sehingga terbentuknya puncak kristalin dari kristal cair tersebut.

Kemudian dilakukan uji menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDX (*Energy Dispersive X-ray*). Analisa SEM bertujuan untuk mengetahui suatu morfologi permukaan sampel dan digunakan analisa EDX untuk mengetahui unsur yang terdapat pada sampel. Alat instrumen ini berupa mikroskop yang menggunakan bantuan bantuan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dalam dengan resolusi yang tinggi (Gunawan *et al*, 2010).

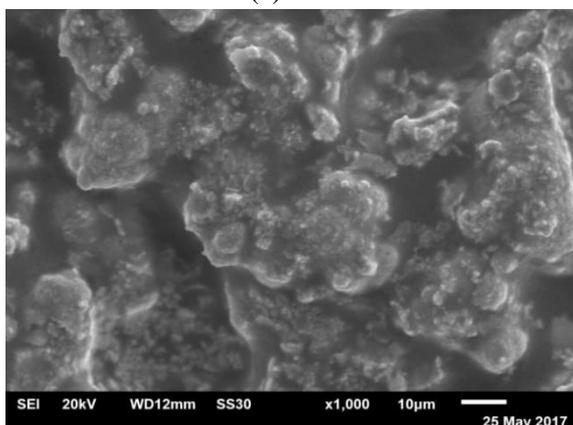
Hasil uji sampel dengan SEM dapat memberikan informasi terkait morfologi permukaan sampel dan membuktikan bahwa PKA sudah tercampur dengan ITO sehingga menjadi komposit. Analisa ini dilakukan dengan perbesaran 1000x sehingga informasi yang didapatkan lebih baik. Berikut Gambar 28 SEM polimer kolesteril akrilat-ITO.



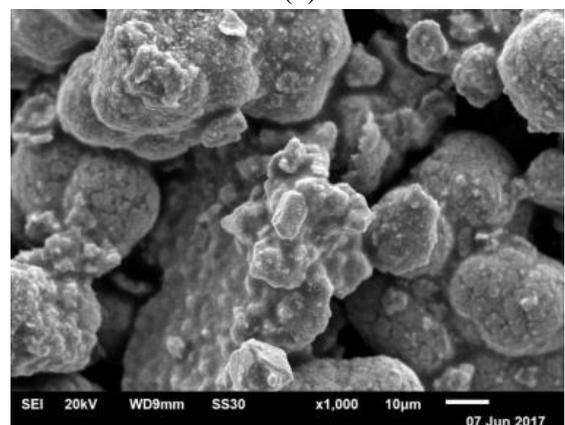
(a)



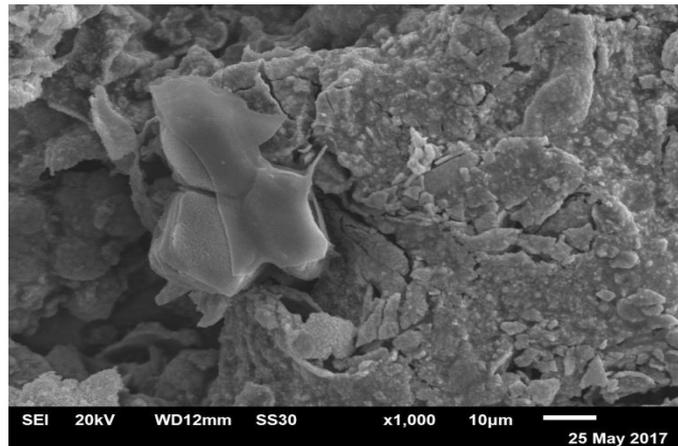
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 28. Morfologi komposit (a) KA-ITO (tanpa lampu) , PKA-ITO (b) 10 watt, (c) 25 watt, (d) 40 watt dan (e) 55 watt.

Pada Gambar 28 menunjukkan permukaan morfologi dari sampel dengan variasi daya lampu berbeda. Pada gambar (a) mikrograf pada sampel KA-ITO menunjukkan adanya bentuk bulatan-bulatan yang terdapat pada permukaan morfologi, yang mana tidak dilakukan penyinaran radiasi menggunakan UV dan tidak terjadi proses fotopolimerisasi, kemudian gambar (b) menunjukkan morfologi permukaan pada sampel dimana terlihat belum tercampur sempurna antara polimer dengan ITO terlihat perbedaan mikrograf yang signifikan yaitu adanya bentuk batangan dan bulatan yang mana ITO memiliki morfologi berbentuk bulatan-bulatan yang khas. Berdasarkan referensi bahwa polimer kolesteril akrilat memiliki bentuk batangan dengan serabut yang saling bercabang dan struktur morfologi membentuk jaringan *crosslinked* atau ikat silang setelah polimerisasi (Guo *et al*,2009). Kemudian pada gambar (c) dan (d) sudah mulai terlihat aglomerat pada permukaan antara PKA dengan ITO dengan ditandai adanya jaringan *crosslinked*. Hal ini telah berhasil bahwa material ITO dapat digunakan sebagai *filler* atau pengisi atau dopan pada suatu matriks polimer yaitu polimer kolesteril akrilat. Selanjutnya pada gambar (e) terlihat morfologi permukaan yang saling bertumpukan, diduga tumpukan tersebut antara PKA-ITO dengan produk samping. Hal tersebut dikarenakan energi yang diberikan pada proses fotopolimerisasi sangat tinggi sehingga terbentuknya produk samping banyak.

Kemudian hasil fotopolimerisasi komposit PKA-ITO ini dilakukan uji menggunakan EDX. Hasil analisa EDX berupa persentase unsur yang terkandung pada sampel dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan Unsur Komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO

Element	(keV)	Massa%	Atom %
C	0,277	76,91	95,26
O	0,525	3,13	2,91
In	3,285	5,13	0,76

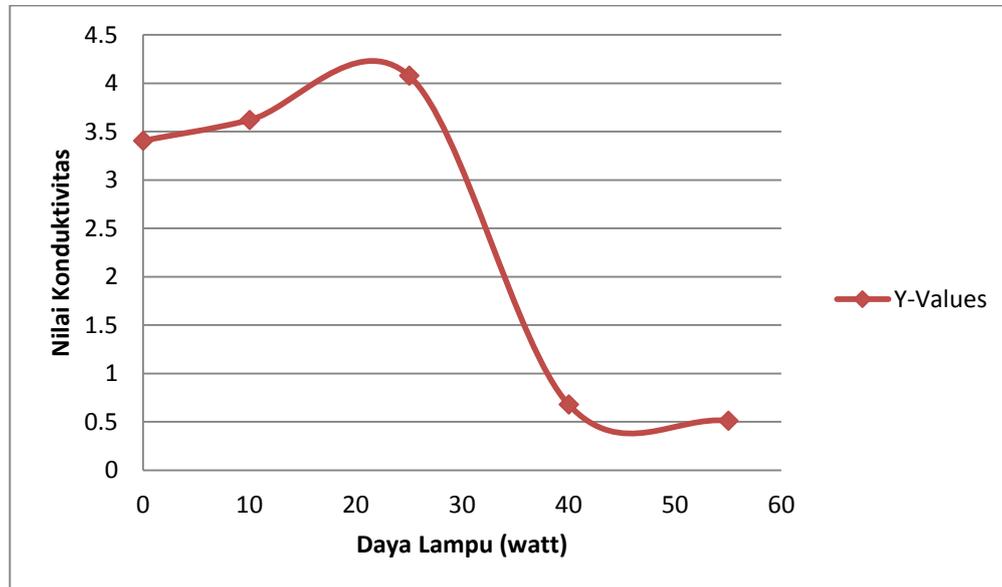
Dari data Tabel 6 menunjukkan bahwa komposit polimer kolesteril akrilat terdapat adanya unsur-unsur seperti karbon (C) dengan jumlah massa 76,91% , oksigen (O) sebesar 3,13% sedangkan indium (In) sebesar 5,13%. Hal ini membuktikan bahwa sampel PKA telah bercampur dengan ITO terbukti sampel komposit terdapat kandungan unsur indium (In).

C. Uji Konduktivitas Komposit PKA-ITO

Pengukuran nilai konduktivitas listrik film tipis komposit PKA-ITO menggunakan alat LCR meter tipe Hioki 3532-50. Pengukuran sampel komposit dapat dilakukan dengan menjepit plat kaca diantaranya dua probe menggunakan frekuensi 1 kHz dan tegangan konstan yang digunakan sebesar 1 volt. Didapatkan data berupa nilai konduktivitas dan nilai konstanta dielektrik Berikut nilai konduktivitas dan permitivitas dari masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gambar 29.

Tabel 7. Data Nilai Konduktivitas dan Konstanta Dielektrik Komposit PKA-ITO

Sampel	G (S)	σ (S/m)	Cs (F)	ϵ
KA-ITO	$4,5424 \times 10^{-9}$	$3,4068 \times 10^{-10}$	$1,4477 \times 10^{-12}$	1,995
PKA-ITO 10 watt	$4,8266 \times 10^{-9}$	$3,6199 \times 10^{-10}$	$1,6878 \times 10^{-12}$	2,326
PKA-ITO 25 watt	$5,4378 \times 10^{-9}$	$4,0783 \times 10^{-10}$	$1,7649 \times 10^{-12}$	2,438
PKA-ITO 40 watt	$906,46 \times 10^{-12}$	$0,6790 \times 10^{-10}$	$1,5651 \times 10^{-12}$	2,157
PKA-ITO 55 watt	$682,00 \times 10^{-12}$	$0,5115 \times 10^{-10}$	$1,5282 \times 10^{-12}$	2,106



Gambar 29. Grafik Nilai Konduktivitas terhadap Daya lampu (watt)

Berdasarkan hasil uji konduktivitas dengan alat LCR meter diperoleh bahwa sampel komposit PKA-ITO pada daya lampu 10 watt memiliki nilai $3,6199 \times 10^{-10}$ S/m kemudian pada daya lampu 25 watt mengalami kenaikan yaitu sebesar $4,0783 \times 10^{-10}$ S/m. Hal ini dikarenakan semakin besar energi yang diserap oleh inisiator maka menyebabkan radikal inisiator yang terbentuk semakin banyak. Berdasarkan penelitian Budianto dkk (2008), semakin besar daya lampu maka kecepatan pembentukan radikal jadi semakin cepat sehingga kecepatan masuknya radikal ke monomer semakin cepat. Sehingga akan terbentuk oligomer-oligomer dan terjadi polimerisasi dengan sempurna. Jumlah radikal bebas yang semakin banyak akibat energi yang diberikan besar.

Kemudian pada daya lampu 40 dan 55 watt mengalami penurunan yang signifikan hal ini dikarenakan radikal yang terbentuk semakin cepat sehingga proses polimerisasinya semakin cepat terjadi, maka rantai polimer yang terbentuk pendek. Hal tersebut jumlah ITO masuk ke dalam polimer sedikit yang mengakibatkan nilai konduktivitasnya menurun.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pengaruh daya lampu UV terhadap karakteristik dan sifat konduktivitas komposit polimer kolesteril akrilat-ITO telah berhasil dilakukan dengan metode UV *curing*. Hasil pengkajian dari data karakterisasi seperti FTIR, XRD, SEM-EDX dan LCR meter dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar energi yang diberikan pada fotopolimerisasi dengan metode UV *curing* mempengaruhi karakteristik dan sifat konduktivitas komposit polimer kolesteril akrilat-ITO .
2. Berdasarkan hasil FTIR terdapat puncak bilangan gelombang 1056,99 cm^{-1} yang merupakan vibrasi ikatan In-OH dengan C-O ester yang menandakan PKA berinteraksi dengan ITO.
3. Berdasarkan hasil XRD terdapat puncak pada $2\theta = 30,45^\circ$ yang merupakan puncak khas ITO dan memiliki bidang kristal 222.
4. Berdasarkan hasil SEM-EDX bahwa komposit PKA-ITO telah terbentuk pada daya lampu 25 watt yang ditandai aglomerasi pada permukaan morfologi dan hasil EDX terdapat kandungan unsur pada PKA-ITO yaitu, karbon (C) 76,91%, oksigen (O) 3,13% dan indium (In) 5,13%.
5. Nilai konduktivitas komposit PKA-ITO 25 watt memiliki nilai lebih besar yaitu $4,0738 \times 10^{-10}$ S/m dibandingkan nilai konduktivitas KA-ITO sebesar $3,4068 \times 10^{-10}$ S/m .

B. Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan agar penelitian ini dapat dikembangkan menjadi lebih baik, diantaranya:

1. Dilakukan pengukuran dengan instrumen GPC (*Gel Permeation Chromatography*) untuk mengamati berat molekul komposit polimer kolesteril akrilat-ITO.
2. Dilakukan pengukuran dengan instrumen DSC-TGA pada komposit polimer kolesteril akrilat-ITO.
3. Dilakukan optimasi daya lampu fotopolimerisasi dengan variasi massa monomer kolesteril akrilat dengan didoping ITO dengan metode UV Curing.
4. Perlu dilakukan pengukuran XRD pada $2\theta=2^\circ$ sampai dengan 100° pada komposit PKA-ITO

DAFTAR PUSTAKA

- A. Marwan. *Studi Efek Fotovoltaik Bahan Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ yang didadah Galium (BSGT) di atas Subtrat Si (100) Tipe-n*. Skripsi Sarjana Departemen Fisika Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor (IPB)
- Afrizal, Hikam M., Soegiyono, B., And Risqoko A.2012. XRD Pattern of Liquid Crystal Monomer Acrylate that Conjugate with Cholesterol and p-Hydroxyphenyl-2-Methyl Butanoic. *J. Chem. Chem. Eng.* 6, 199-208
- Afrizal, Muhammad Hikam, Bambang Soegiyono, Asep Riswoko, Nurdelima, dan Umeir. 2014. Fixation of Chiral Smectic Liquid Crystal (S)-(+)-4-(2-methyl-1-butyloxy) phenyl 4-[1 (propenoyloxy) butyloxy] benzoate Using UV curing techniques. *International Conference on Mathematics and Natural Sciences*
- Afrizal, Riswoko, A., Hikam, M., dan Alhara. 2011. Thermal Analysis and Observation The Textures Blending of Monomer Liquid Crystal of Cholesteryl Acrylate with Cyclohexyl Acrylate and Cyanofenol Acrylate. *Proceedings of the 2nd International Seminar on Chemistry*, 51-54
- Andrienko, D.2006. Introduction To Liquid Crystals. *International Max Planck Research School Modelling Of Soft Matter*.
- Angel E, Lozano., dkk. 2006. Thin-Film Polyimide/Indium Tin Oxide Composites for Photovoltaic Applications. *Journal of Applied Polymer Science*, **103**, 3491–3497
- Astuti Prima.H.2010.Polimerisasi Akrilamid dengan Metode *Mixed-Solvent Precipitation* dalam Pelarut Etanol-Air.Fakultas Teknik:Universitas Negeri Semarang
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika Jilid 2 edisi keempat*. Jakarta : Erlangga
- B.D. Stojanovik, V. Mitic, V. B.Pavlovic, M. Cilence, M. A. Zaghete, J. A. Varela. 2001. *Influence of Niobium on Microstruture and Dielektric properties of Organometalic Derived Barium Titanate*. *J. Am. Chem. Soc.* 2001

- Bruce, D., Goodby, J., dan Coles, H. 2006. Introduction: New Directions in Liquid Crystal Science. *Phil. Trans. R. Soc. A.* 364, 2567–2571.
- Chandrasekhar, *Liquid Crystal-Second Edition*. By Cambridge University Press, (1992), ISBN 0-521-41747-3 (HB), ISBN 0-521-42741-X (PB)
- Ciba Specialty Chemicals. 2002. *UV Curing Technical Principle and Mechanism*. Switzerland: Ciba Specialty Chemicals Inc.
- Danu, S., Marsongko, M., Ardiartsi, M., dan Juliati, J.R. 1996. *Sifat-Sifat Lapisan Poliester Akrilat Basil Iradiasi dengan Sinar Ultra-Violet*. UGM: Jurusan Teknik Nuklir dan BATAN: Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi.
- David, G., Ozer, F., Simionescu, B. C., Zareie, H., dan Piskin, E. 2002. Microemulsion Photopolymerization of Methacrylate Stabilized with Sodium Dodecyl Sulfate and poly(N-acetyethylenimine) macromonomers. *European Polymer Journal*, Vol. 38, 73-78.
- De Gruijl, F.R, 2000. *Health Effects from Solar UV Radiation*. 72(3-4): 177-196
- Decker C.2002.*Kinetic Study and New Applications of UV Radiation Curing*. Journal Macromol Rapid Commun .Vol. 23, 1067–1093
- Decker, C. 2006. UV-Radiation Curing of Adhesives. *Handbook of Adhesives and Sealants*, Vol. 2. Chapter 5, 303-353.
- Fessenden dan Fessenden. 1982. *Kimia Organik Jilid 1 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Gunawan, B. dan Azari, C. D. 2010. Karakterisasi Spektrofotometri IR dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer *Poly-Ethelyn Glycol* (PEG). *Jurnal Sains dan Teknologi*, ISSN 1979-6870
- Guo, J. *et al.* 2009. “Preparation and Reflectance Properties of New Cholesteric Liquid Crystalline Copolymers Containing Cholesteryl Group”. Beijing 10083
- Hakim, Muhammad Arief Rahman, 2003, “*Studi Pengaruh UV Terhadap Karakteristik Bahan Isolasi Resin Epoksi Berpolutan Garam (NaCl) Dengan Bahan Pengisi Pasir Silika Dan Lem Silikon*”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

- Handayani, P.A. 2010. Polimerisasi Akrilamid dengan Metode Mixedsolvent Precipitation dalam Pelarut Etanol-Air. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Harahap, H. dan Manurung, R. 2005. *Perbandingan Beberapa Metode Praktis Polimerisasi*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Husniati. 2008. Sintesis Senyawa Analog UK-3A: 3-Hidroksi-N-Oktipikolinamida, 2-Hidroksi-N-Fenil-Benzamida, 3-Hidroksi-N-Fenilpikolinamida, dan 2-Hidroksi-N-Oktilbenzamida dan Uji Bioaktivitas Secara *In Vitro* Terhadap Sel Kanker *Murine Leukimia P-388*. Depok: Universitas Indonesia.
- Irzaman, R Erviansyah, H. Syafutra, A Maddu, dan Siswadi. 2010. Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO₃ Yang Didadah Ferium Oksida (BFST) Menggunakan Metode *Chemical Solution Deposition*; *Berkala Fisika*, **13**(1), hal 33 -38
- Kingsley, N.2008. Liquid Crystal Polymer. Enabling Next-Generation Conformal And Multilayer Electronics. *Microwave Journal*, 188-200
- Kuang, S.C., Yee, Y.W., dan Shaari, S. 2005. Optimized Curing Process for Perfluorinated Acrylic Polymer Optical Waveguide. *Science and Technology of Advance Materials*, Vol. 6, 383-387.
- Mihara, T., Uedaira, T., dan Koide, N. 2002. Fixation of Cholesteric Helical Structure by the Photopolymerization of a Cholesteryl Derived Monomer. *Liquid Crystals*, Vol. 26(6), 855-861.
- Mufti, M. 2000. Kristal cair, (online). LIPI (<http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1272541639>, diakses pada 8 Juli 2017 pada pukul 17.14 WIB)
- Nurdelima, A. 2013. *Polimerisasi Senyawa Kristal Cair Menggunakan Sinar UV dari Monomer (S)-(+)-4-(2-Metil-1-Butiloloksi 4-[1-(Propenoiloksi) Butiloksi] Benzoat dengan Berbagai Variasi Waktu Polimerisasi*. (Skripsi) Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Odian, G. 2004. *Principles of Polymerization Fourth Edition*. USA: Wiley Interscience.

- Riswoko, A. 2010. *Rekayasa Material Berbasis Struktur Nano Polimer Elektronik untuk Komponen Perangkat Deteksi di Area Rawan Radiasi*. (Laporan Akhir) Pusat Teknologi Material-TIEM.
- Scherzer.T,Decker,U.1999. *Kinetic Investigations on the UV-induced Photopolymerization of a Diacrylate by time-resolved FTIR Spectroscopy; the Influence of Photoinitiator concentration , Light Intensity and Temperature*. Institut für Oberflächenmodifizierung e.V., Abt. Elektronenstrahltechnik, Permoserstr. 15, D-04318 Leipzig, Germany
- Setioko, Wahyu.2011. *Sintesis dan Karakterisasi Struktur Kristal Cair Ferroelektrik Tipe Ester Benzoat Turunan dari Asam (S)-(+)-2-Metil Butanoat*.(Skripsi. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta
- Thermo Nicolet Corporation. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. USA: Thermo Electron Business.
- Tomasc Ganicz and Wlodzimierz Stanczyk. 2009. *Side-Chain Liquid Crystal Polymers (SCLCP): Methods and Material. An Overview. Materials, 2, 95-128*
- Trajkovska Petkoska, Anka.2008. *Polymer Cholesteric Liquid Crystal Flakes-Their Electro Optic-Behavior for Potential E-Paper Application*. Germany: Verlag Dr.Muller
- Trajkovska Petkoska, Anka. 2014. The Role of Conductive Dopant In Polymer Cholesteric Liquid Crystal. *Macedonian Journal of Chemistry and Engineering, 33 (2),297-297*
- Wibowo, H. B., dan Rosman, E. 2000. *Kinetika Polimerisasi Butadien Secara Emulsi dengan Katalis H₂O₂*. Proceeding JNK, ISSN 0854-6541
- Zhou, Yuxiang dkk. 2009. *Polymer Comprising Cholesteryl : Synthesis, Self-Assembly and Application (review)*. Material, 2, 636-660
- Yagci, Y., Jockusch, S., dan Turro, N.J. 2010. Photoinitiated Polymerization: Advances, Challenges, and Opportunities. *Macromolecules, Vol. 43, 6245-6260*.
- Sharmila, J. dan Gohil, M. H. 2012. Scanning Electron Microscopy Study to Analyze The Morphological Characteristics of Root Surfaces After

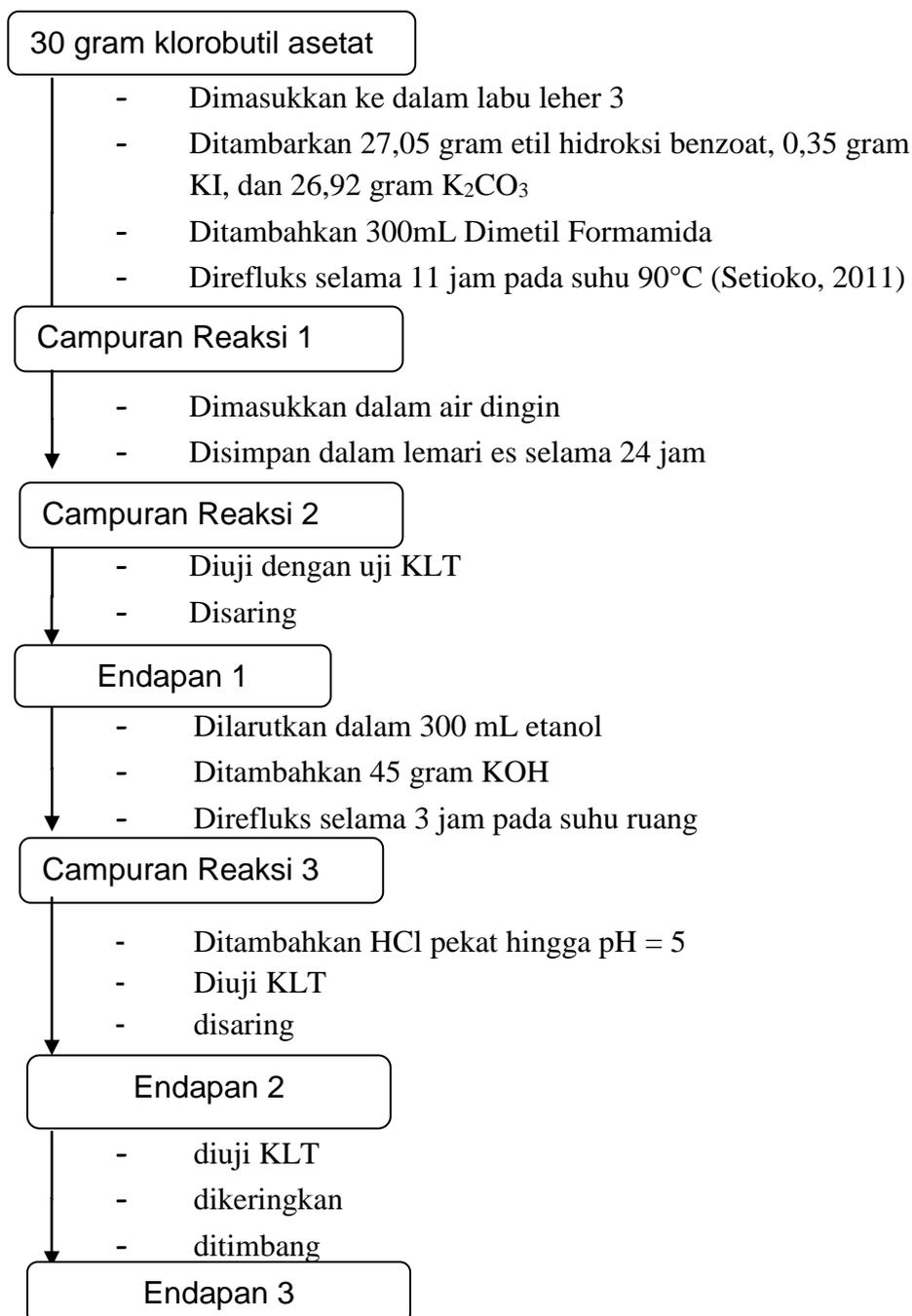
Application of Carisolv Gel in Association with Scaling and Root Planing: In Vitro Study. *Journal of Indian Society of Periodontology* **16**, 329-332.

Jian Zhang, Jie Jin, and Hanying Zhao.2009.*Surface-Initiated Free Radical Polymerization at The Liquid-Liquid Interface: A One-Step Approach For the Synthesis of Amphiphilic Janus Silica Particles*. Department of Chemistry,Nankai University, Tianjin 300071, China

Zouaoui.H, Abdi,D, Bahloul.A, Nessark.B, Briot.E, Groult.H, Mauger.A, Julien.C.M.2016. *Electro-Synthesis, characterization and photoconducting performance of ITO/polybithiophene-MnO₂ composite*.Journal Science and Engineering B

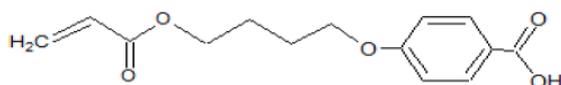
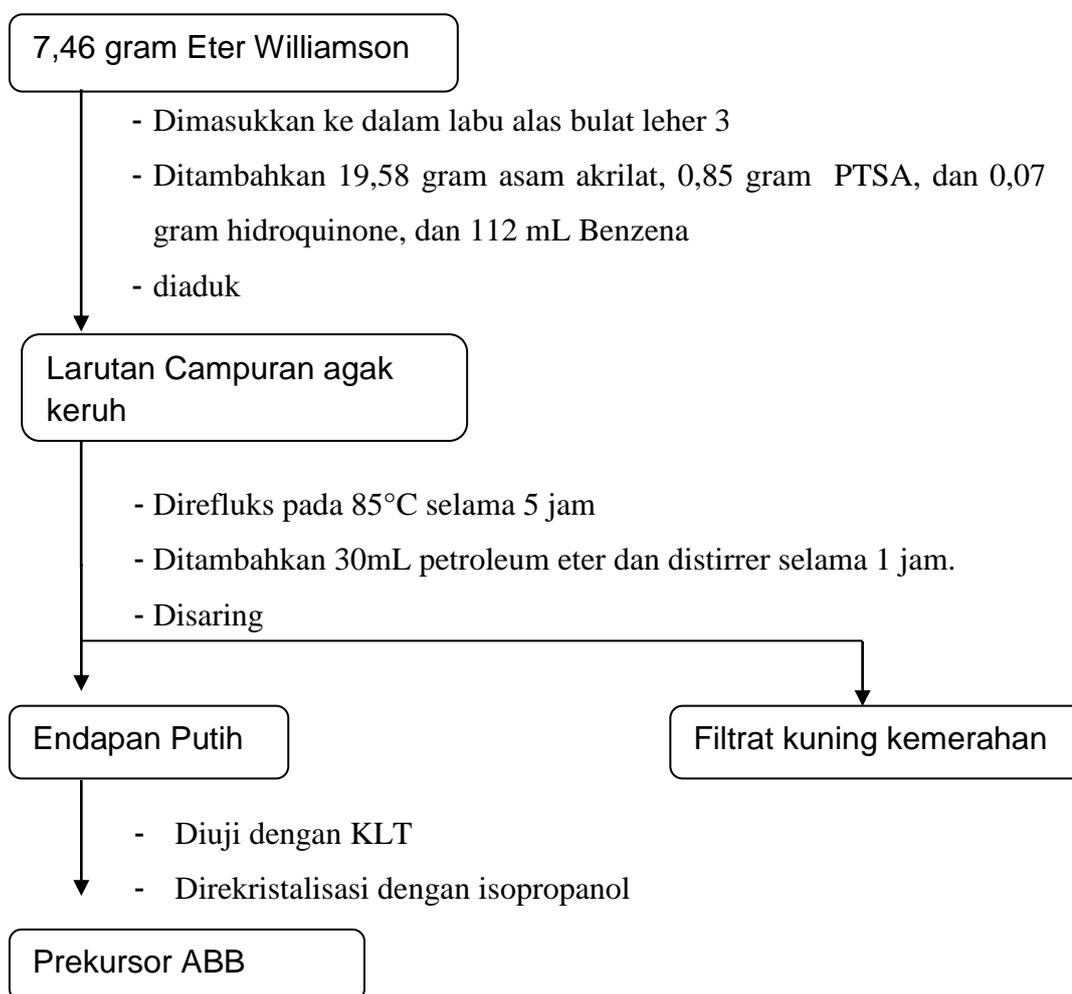
LAMPIRAN

1. Bagan sintesis Eter williamson (Etil Asetiloksi Butiloksi Benzoat)

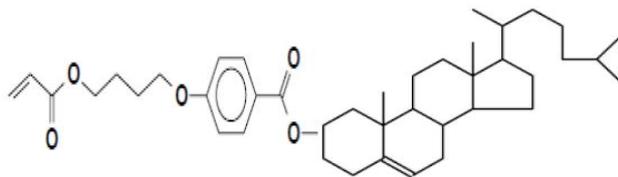
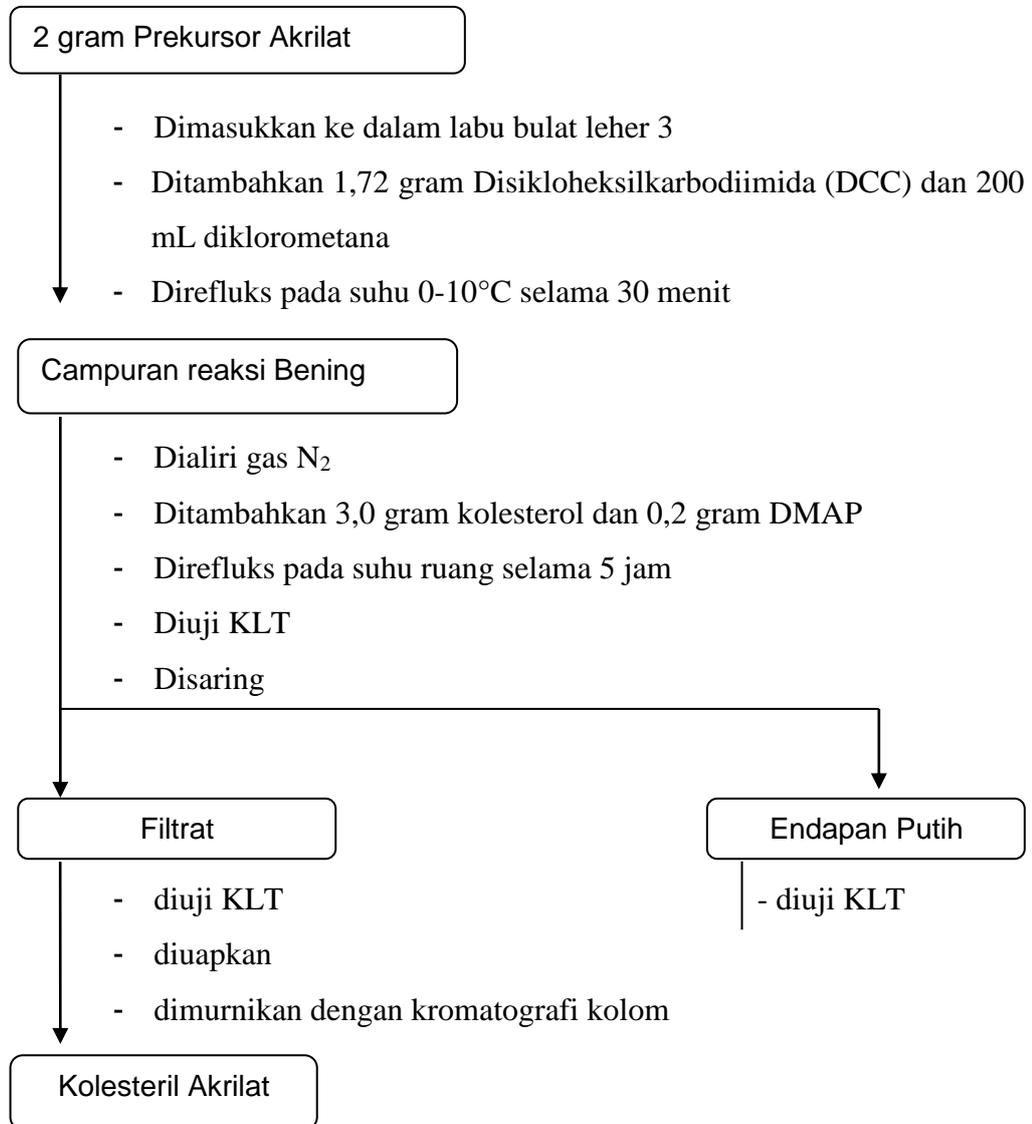




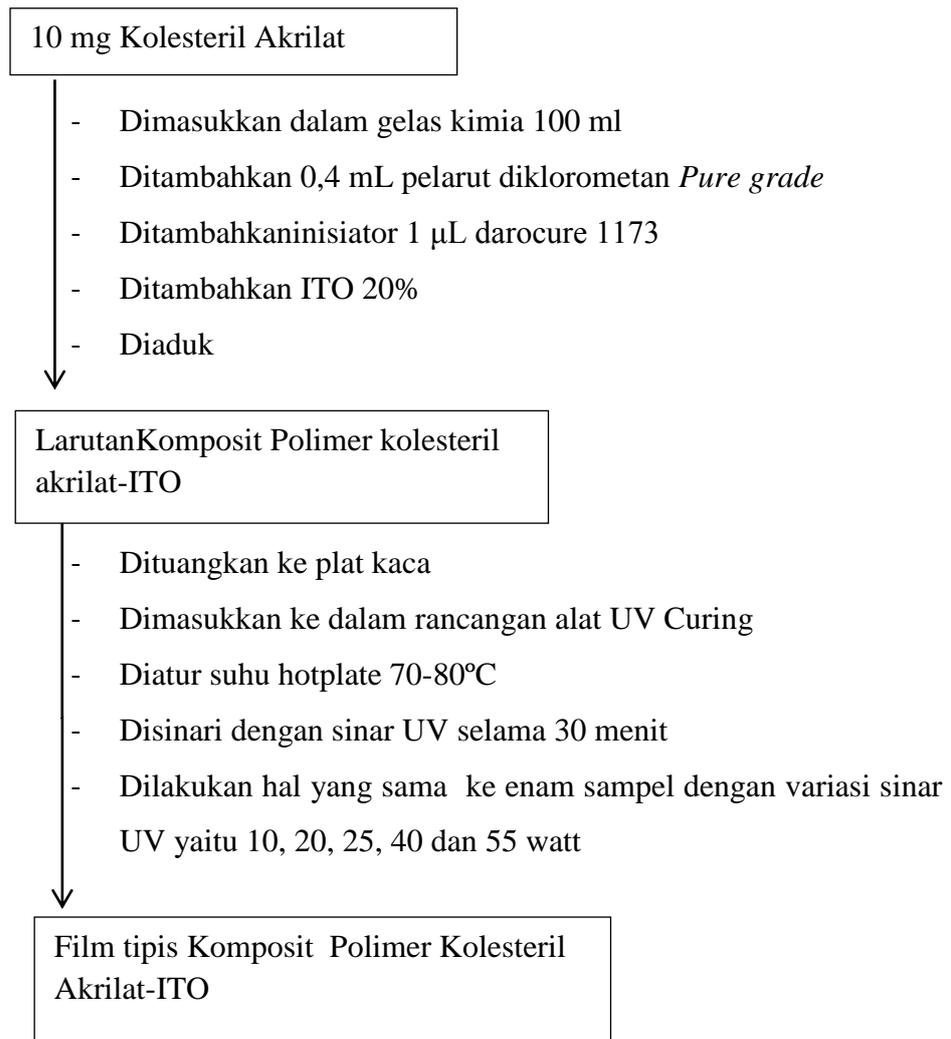
2. Diagram Alir Sintesis Prekursor Akriiloiksi Butiloksi Benzoat (ABB)



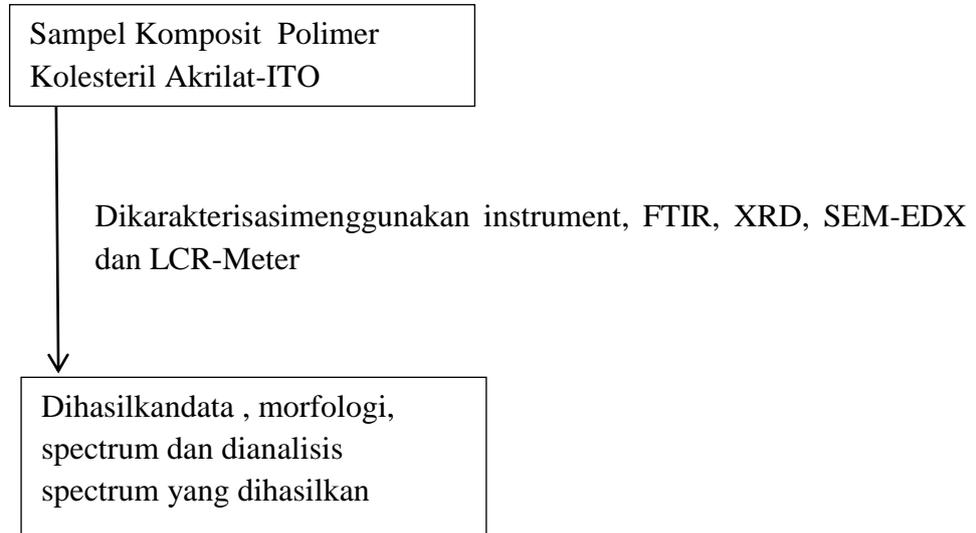
3. Diagram Alir Sintesis Kolesteril Akrilat:



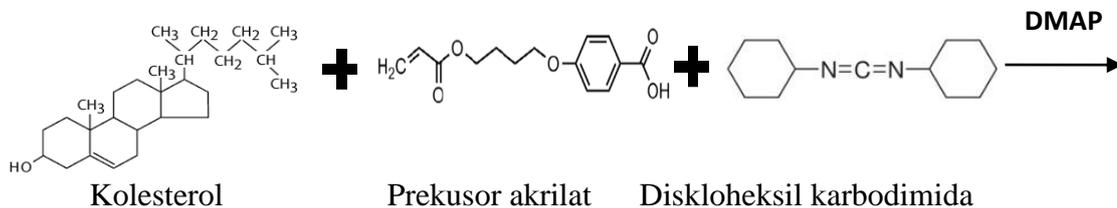
4. Diagram Alir Pembuatan Komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO dengan Metode UV-Curing



5. Karakterisasi Komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO

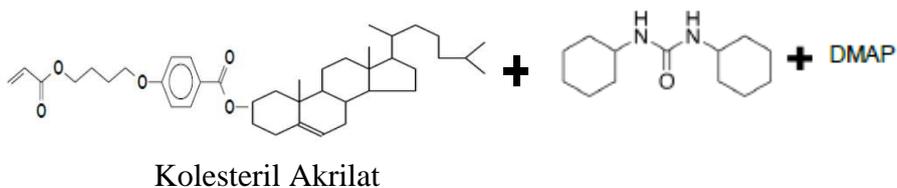


6. Perhitungan Rendemen Produk Kristal Cair Kolesteril Akrilat



W	3 gram	2 gram	1,72 gram
Mr	395 g/mol	264 g/mol	206,33 g/mol
Mol	0,008 mol	0,008 mol	0,008 mol

Produk :



W	x gram	-
Mr	640 gram/mol	-
Mol	0,008 mol	-

Massa kolesteril akrilat teoritis adalah

$$m = 0,008 \text{ mol} \times 640 \text{ gram/mol} = 5,12 \text{ gram}$$

Persen Rendemen (%)

$$\text{Persen Rendemen} = \frac{\text{Massaprodukhasilpercobaan}}{\text{Massaproduksecarateoritis}} \times 100\%$$

$$= \frac{3,82 \text{ gram}}{5,12 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 74,61 \%$$

7. Perhitungan Nilai Konduktivitas dan Permeativitas Relatif

A. Nilai Konduktivitas

$$\begin{aligned} \text{Dik : Panjang Plat} &= 2 \times 10^{-2} \text{ m} \\ \text{Tebal Plat} &= 3 \times 10^{-5} \text{ m} \\ \text{Lebar Plat} &= 2 \times 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal Plat Sampel} &= 1.93 \times 10^{-4} \text{ m} \\ \text{Luas Plat Sampel} &= 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \text{Tebal Plat + Sampel} &= 1.96 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

Dit : σ (S/m) ?

$$\text{Jawab : } \boxed{\sigma = G \frac{l}{A}}$$

1. Tanpa Lampu / 0

$$G = 4,5424 \times 10^{-9} \text{ S}$$

$$\sigma = 4,5424 \times 10^{-9} \text{ S} \cdot \frac{3 \times 10^{-5} \text{ m}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 3,4068 \times 10^{-10} \text{ S/m}$$

2. Daya Lampu 10 Watt

$$G = 4,8266 \times 10^{-9} \text{ S}$$

$$\sigma = 4,8266 \times 10^{-9} \text{ S} \cdot \frac{3 \times 10^{-5} \text{ m}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 3,6199 \times 10^{-10} \text{ S/m}$$

3. Daya Lampu 25 Watt

$$G = 5,4378 \times 10^{-12} \text{ S}$$

$$\sigma = 5,4378 \times 10^{-12} \text{ S} \cdot \frac{3 \times 10^{-5} \text{ m}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 4,0783 \times 10^{-11} \text{ S/m}$$

4. Daya Lampu 40 Watt

$$G = 906,46 \times 10^{-12} \text{ S}$$

$$\sigma = 906,4 \times 10^{-12} \text{ S} \cdot \frac{3 \times 10^{-5} \text{ m}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 6,790 \times 10^{-11} \text{ S/m}$$

5. Daya Lampu 55 Watt

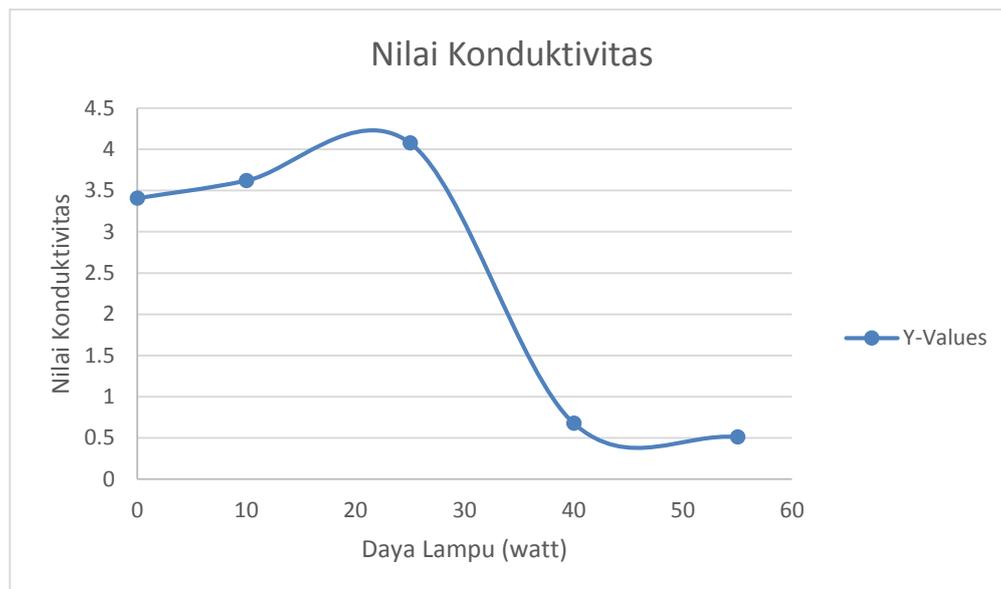
$$G = 682,00 \times 10^{-12} \text{ S}$$

$$\sigma = 682,00 \times 10^{-12} \text{ S} \cdot \frac{3 \times 10^{-5} \text{ m}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 5,115 \times 10^{-11} \text{ S/m}$$

Grafik Nilai Konduktivitas

Daya Lampu (Watt)	Nilai Konduktivitas (S/m)
0	$3,4068 \times 10^{-10}$
10	$3,6199 \times 10^{-10}$
25	$4,0783 \times 10^{-10}$
40	$0,6790 \times 10^{-10}$
55	$0,5115 \times 10^{-10}$



b. Relativitas

Dik : $C_0 = 7,254 \times 10^{-13} \text{ F}$

Dit : ϵ ?

Jawab :

$$\epsilon = \frac{C_{\text{dengansampel}} (C)}{C_{\text{tanpasampel}} (C_0)}$$

1. Tanpa Lampu / 0

$$C = 1,4477 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\epsilon = \frac{1,4477 \times 10^{-12} \text{ F}}{7,254 \times 10^{-13} \text{ F}}$$

$$\epsilon = 1,995$$

2. Daya Lampu 10 watt

$$C = 1,6878 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\epsilon = \frac{1,6878 \times 10^{-12} \text{ F}}{7,254 \times 10^{-13} \text{ F}}$$

$$\epsilon = 2,326$$

3. Daya Lampu 25 watt

$$C = 1,7649 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\epsilon = \frac{1,7649 \times 10^{-12} \text{ F}}{7,254 \times 10^{-13} \text{ F}}$$

$$\epsilon = 2,438$$

4. Daya Lampu 40 watt

$$C = 1,5651 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\epsilon = \frac{1,5651 \times 10^{-12} \text{ F}}{7,254 \times 10^{-13} \text{ F}}$$

$$\epsilon = 2,157$$

5. Daya Lampu 55 watt

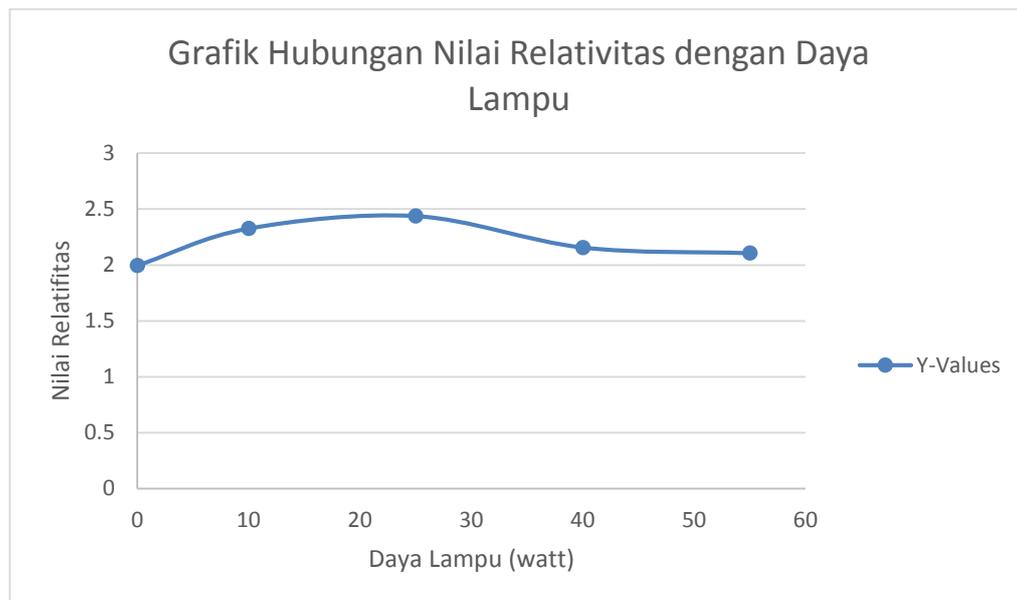
$$C = 1,5282 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\epsilon = \frac{1,5282 \times 10^{-12} \text{ F}}{7,254 \times 10^{-13} \text{ F}}$$

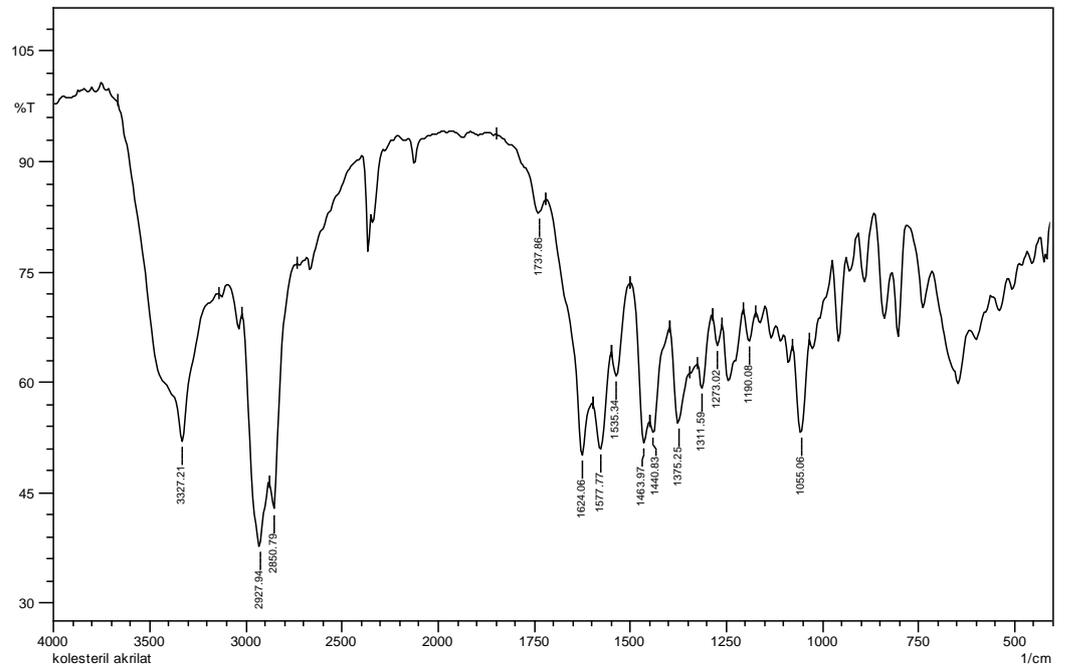
$$\epsilon = 2,106$$

Grafik Nilai Relativitas

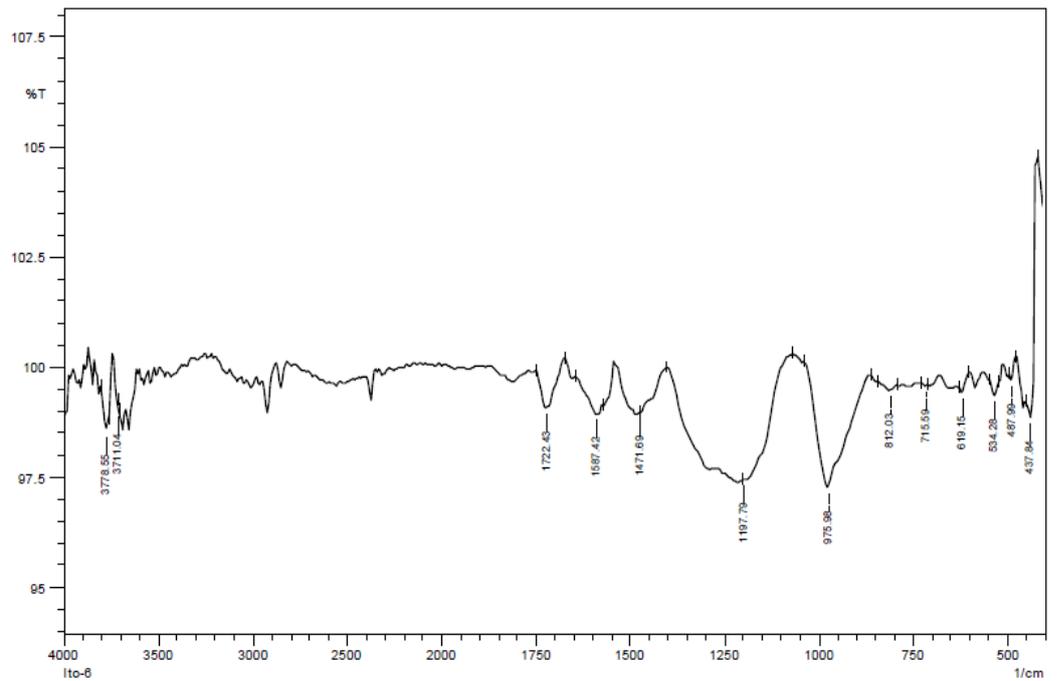
Daya Lampu (watt)	Nilai Relativitas
0	1,995
10	2,326
20	4,538
25	2,438
40	2,157
55	2,106



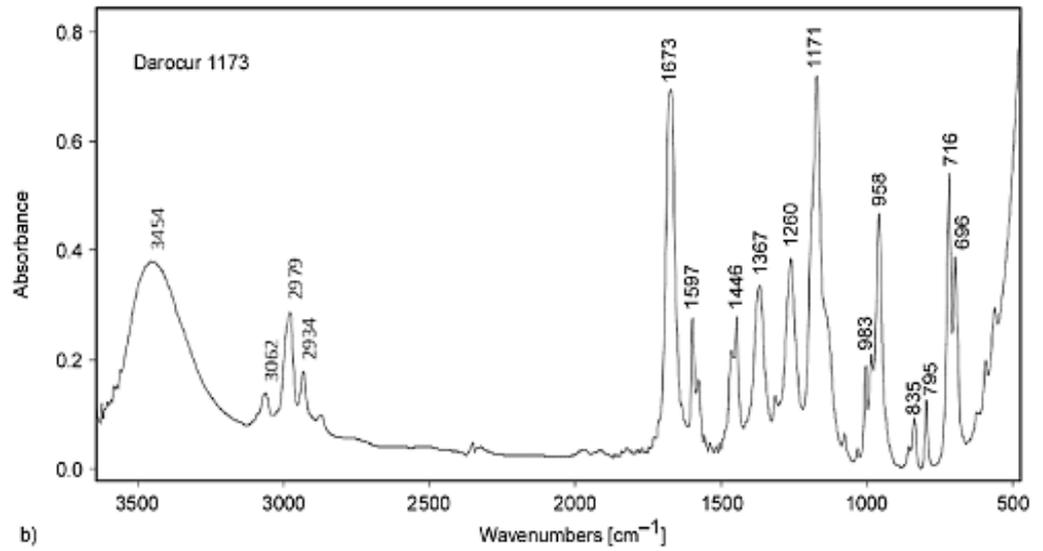
8. Spektrum Infrared (IR) Monomer Kolesterol Akrilat



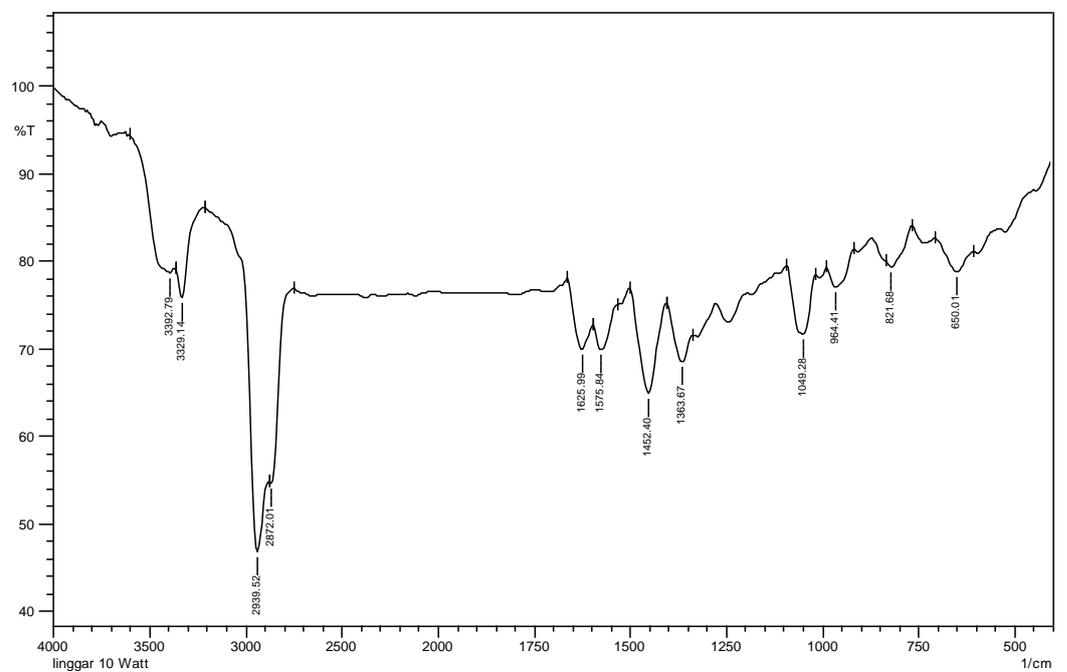
9. Spektrum Infrared (IR) ITO (*Indium Tin Oxide*)



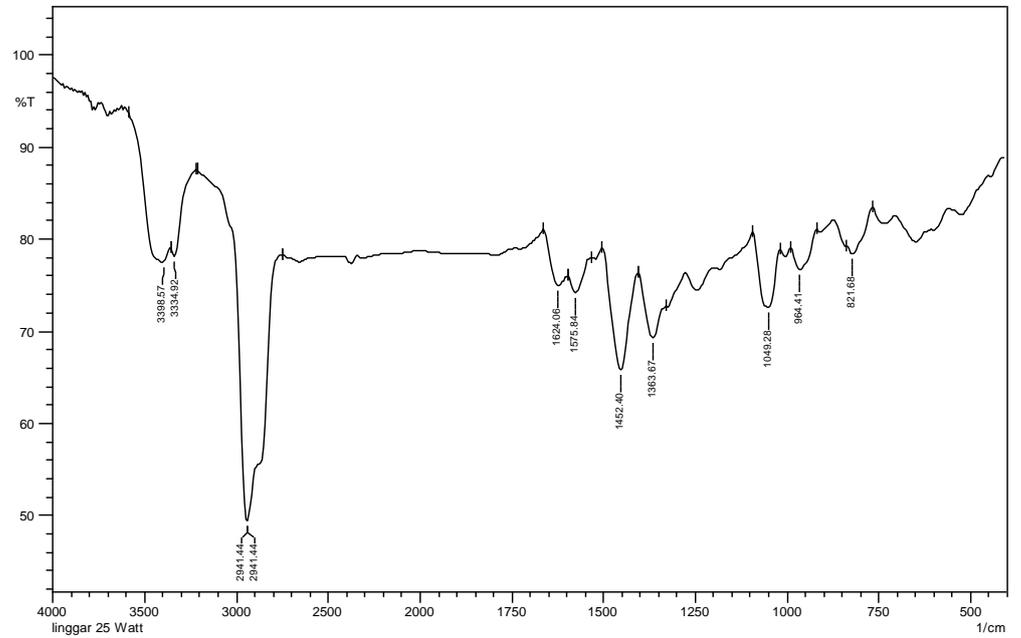
10. Spektrum Infrared (IR) Inisiator Darocure 1173

11. Spektrum Infrared (IR) komposit Polimer Kolesteril Akrilat ITO (*Indium Tin Oxide*)

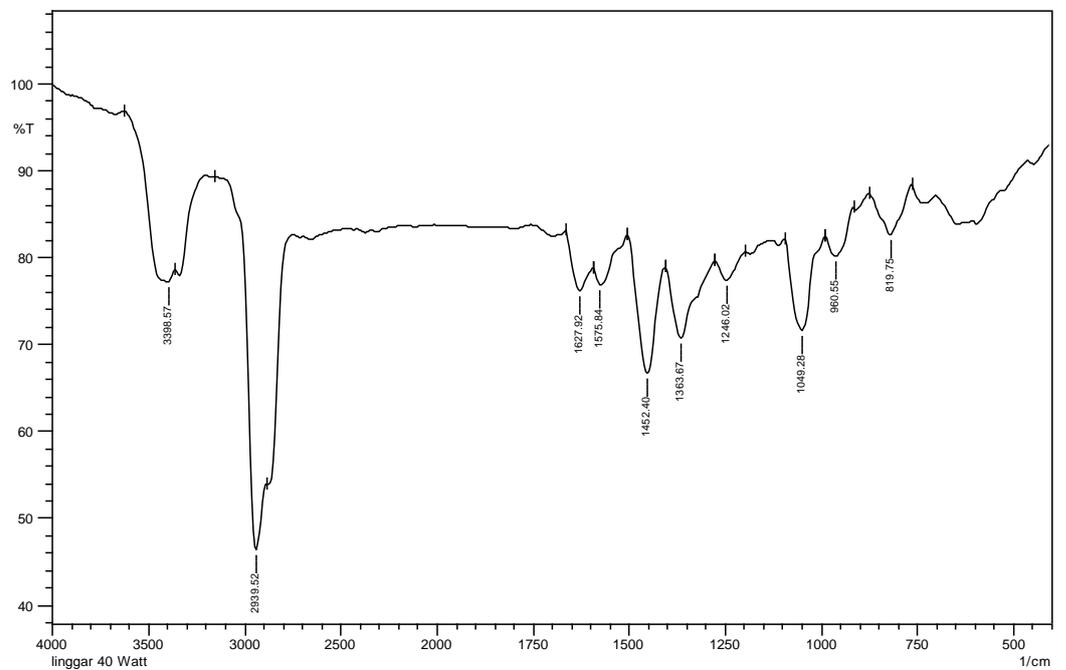
a. Komposit PKA-ITO 10 watt



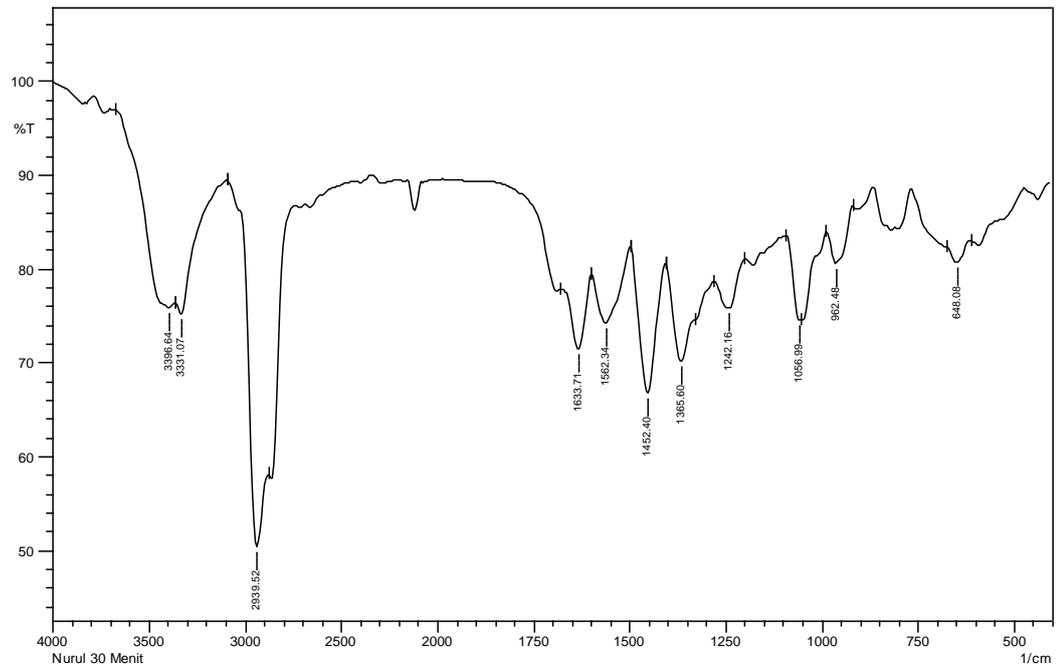
b. Komposit PKA-ITO 25 watt



e. Komposit PKA-ITO 40 watt



f. Komposit PKA ITO 55 watt



12. Hasil Uji LCR meter

LCR DATA SHEET

LabVIEW Measurement

Writer_Version 0.92

Reader_Version 1

Separator Tab

Multi_Headings Yes

X_Columns Multi

Time_Pref Relative

Operator asdasd

Date 2017/05/26

Time 00:09:26.342999

End_of_Header

Channels 1

Samples tanpa lampu (0 watt)

Date 2017/05/26

Time 00:09:46.25

X_Dimension Time

X0 0.0000000000000000E+0

Delta_X 1.000000

End_of_Header

X_Value Comment

0.000000 1.618900E+8

1.000000 6.177100E-9

2.000000 24.990000

3.000000 4, 542400E-9

4.000000 4.153300E-13

5.000000 2.145440

6.000000 10885.000000

7.000000 60988.000000

8.000000 0.470000

9.000000 1.467300E+8

10.000000 1,447700E-12

11.000000 1.786100E+8

12.000000 6.839300E+7

13.000000 2.609600E-9

Samples 10 watt

Date 2017/05/26

Time 00:09:46.25

X_Dimension Time

X0 0.0000000000000000E+0

Delta_X 1.000000

End_of_Header

X_Value	Comment
0.000000	1.618900E+8
1.000000	6.177100E-9
2.000000	24.990000
3.000000	4, 826600E-9
4.000000	4.153300E-13
5.000000	2.145440
6.000000	10885.000000
7.000000	60988.000000
8.000000	0.470000
9.000000	1.467300E+8
10.000000	1,687800E-12
11.000000	1.786100E+8
12.000000	6.839300E+7
13.000000	2.609600E-9

Samples 25 watt
 Date 2017/05/26
 Time 00:09:46.25
 X_Dimension Time
 X0 0.0000000000000000E+0
 Delta_X 1.000000
 End_of_Header

X_Value	Comment
0.000000	1.618900E+8
1.000000	6.177100E-9
2.000000	24.990000
3.000000	5,437800E-9
4.000000	4.153300E-13
5.000000	2.145440
6.000000	10885.000000
7.000000	60988.000000
8.000000	0.470000
9.000000	1.467300E+8
10.000000	1,764900E-12
11.000000	1.786100E+8
12.000000	6.839300E+7
13.000000	2.609600E-9

Samples 40 watt
 Date 2017/05/26
 Time 00:09:46.25

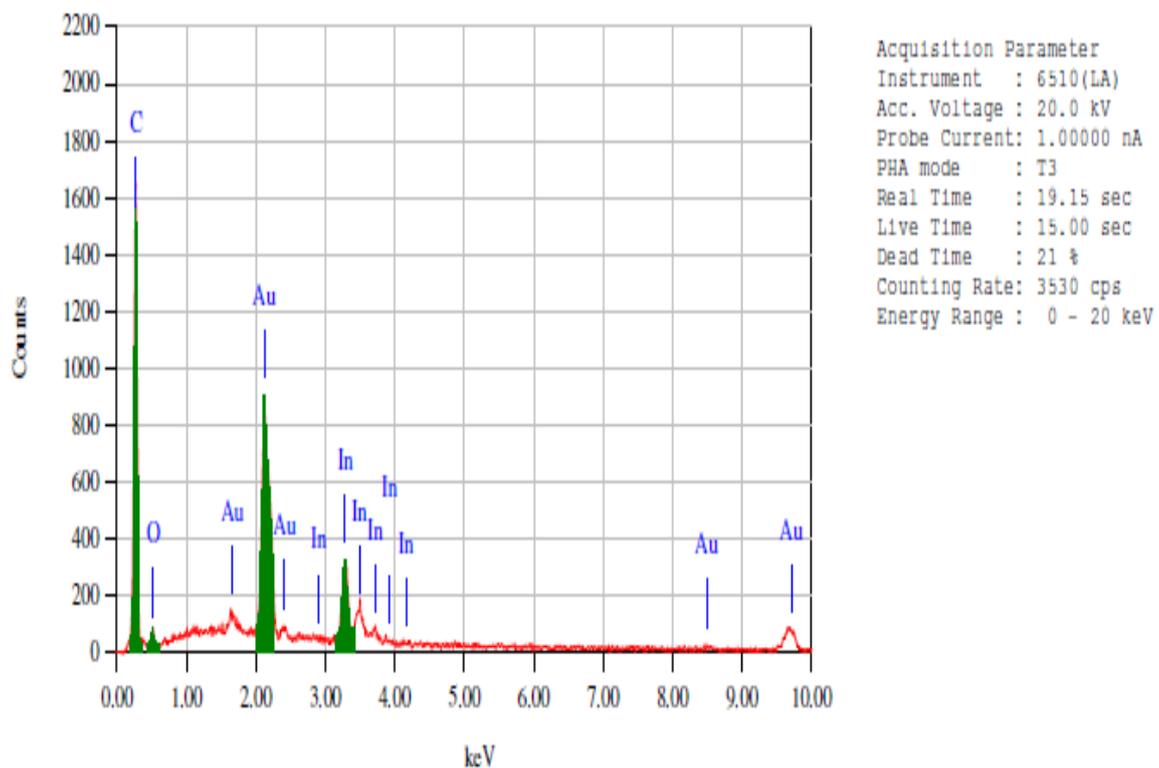
X_Dimension Time
 X0 0.0000000000000000E+0
 Delta_X 1.000000
 End_of_Header

X_Value	Comment
0.000000	1.618900E+8
1.000000	6.177100E-9
2.000000	24.990000
3.000000	906,4600E-12
4.000000	4.153300E-13
5.000000	2.145440
6.000000	10885.000000
7.000000	60988.000000
8.000000	0.470000
9.000000	1.467300E+8
10.000000	1,565100E-12
11.000000	1.786100E+8
12.000000	6.839300E+7
13.000000	2.609600E-9

Samples 55 watt
 Date 2017/05/26
 Time 00:09:46.25
 X_Dimension Time
 X0 0.0000000000000000E+0
 Delta_X 1.000000
 End_of_Header

X_Value	Comment
0.000000	1.618900E+8
1.000000	6.177100E-9
2.000000	24.990000
3.000000	682,00E-12
4.000000	4.153300E-13
5.000000	2.145440
6.000000	10885.000000
7.000000	60988.000000
8.000000	0.470000
9.000000	1.467300E+8
10.000000	1,528200E-12
11.000000	1.786100E+8
12.000000	6.839300E+7
13.000000	2.609600E

13. Data EDX Komposit Polimer Kolesteril Akrilat-ITO



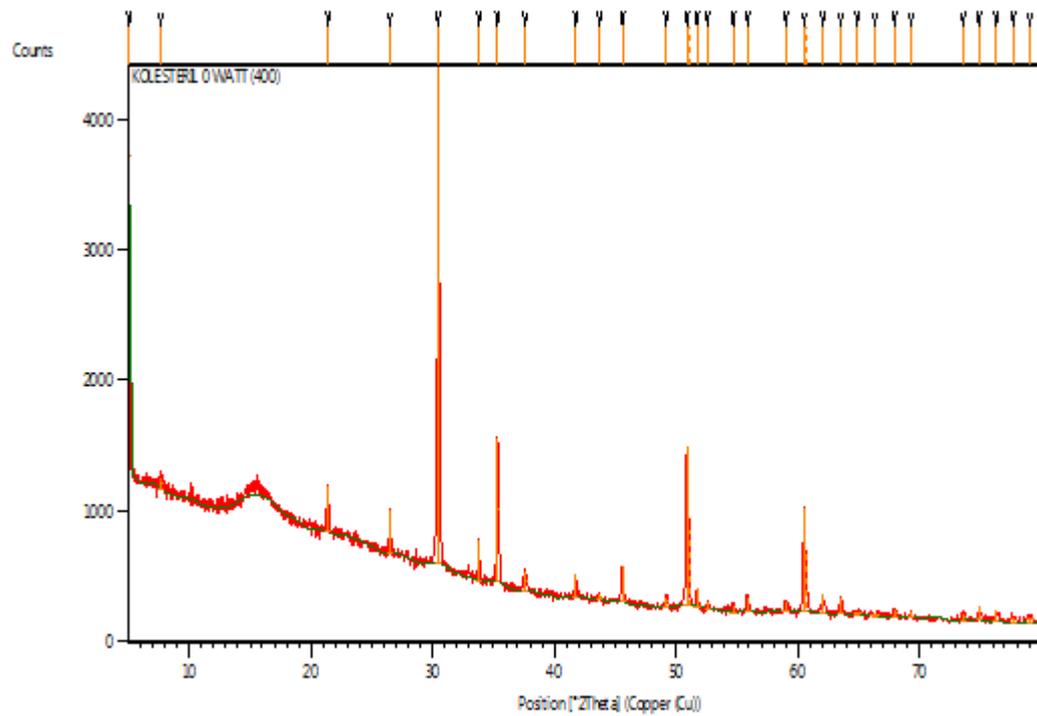
ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.6280

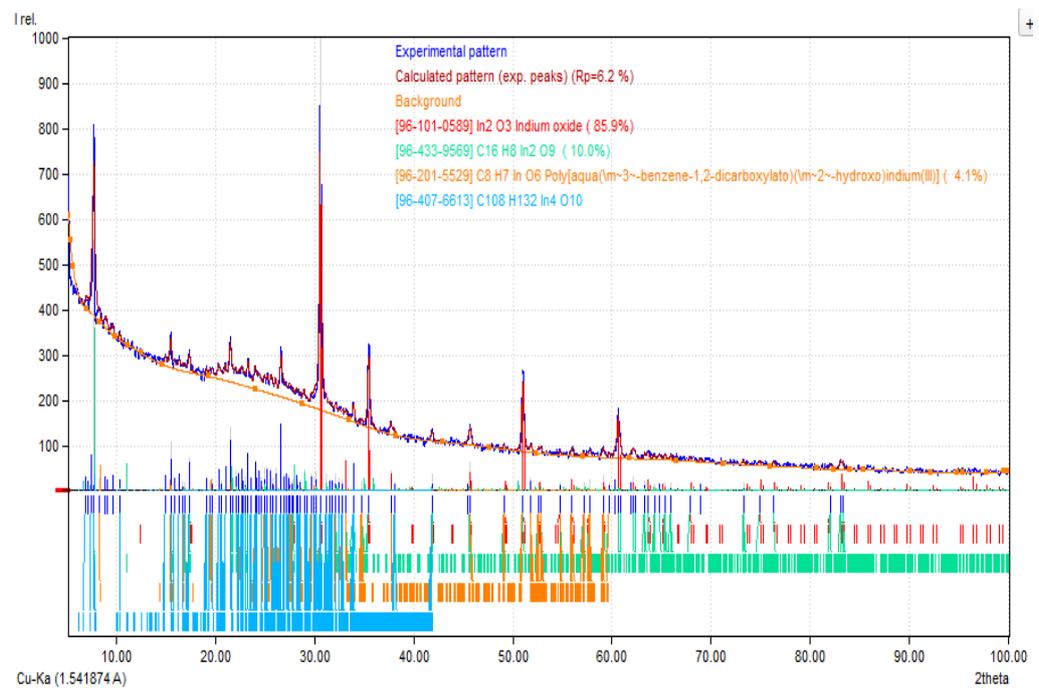
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	76.91	0.31	95.26				69.2680
O K	0.525	3.13	1.53	2.91				1.5204
In L	3.285	5.90	0.48	0.76				9.0141
Au M	2.121	14.06	0.50	1.06				20.1976
Total		100.00		100.00				

14. Data XRD Komposit PKA-ITO

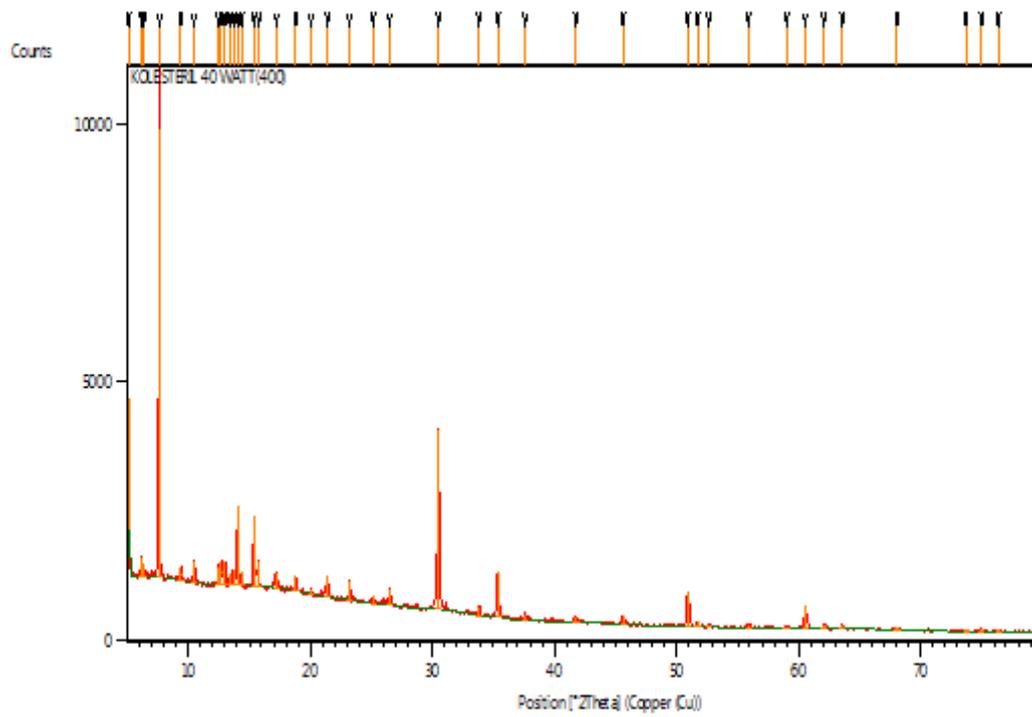
a. KA-ITO



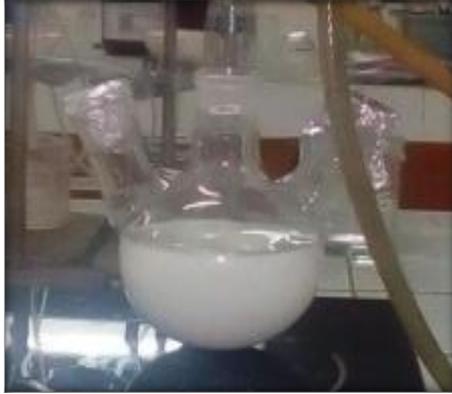
b. Kompsit PKA-ITO 25 watt



c. Komposit PKA-ITO 40 watt



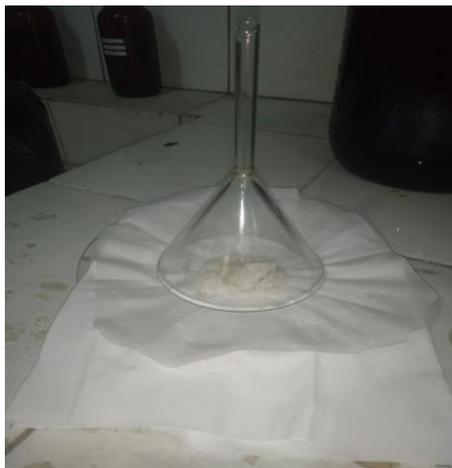
15. Dokumentasi penelitian



Sintesis Kolesteril Akrilat



Perendaman



Pengeringan hasil Kolesteril Akrilat



Hasil Kolesteril Akrilat



Uji Konduktivitas

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Lahir di Tangerang pada Tanggal 17 Desember 1995. Anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Triyana dan Ibu N.Mimin, serta mempunyai seorang kakak bernama Asep Evi Evrianto, Iman Firmansyah dan Riza Fahlupi.

Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN Pakuhaji II Kab.Tangerang pada tahun 2002-2007, SMP Negeri 1 Pakuhaji Kab.Tangerang pada Tahun 2007-2010, SMA Negeri 11 Kab.Tangerang pada Tahun 2010-2013, dan diterima di Kimia FMIPA Universitas Negeri Jakarta pada Tahun 2013 melalui Jalur SNMPTN . Studi S1 diselesaikan pada Tahun 2017.

Penulis pernah melakukan kunjungan ke beberapa Industri, seperti : PT. Krakatau Steel, PT. Nippon Indosari Corpindo, PT. Indonesia Power, PT.Asahimas Chemical, PT. Coca Cola Amatil Indonesia, Pusat Badan Tenaga Nuklir Serpong, Sentral Teknologi Polimer-BPPT Serpong , Biofarma Bandung dan PT.Semen Indonesia Tuban . Penulis juga pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Cicinde Utara, Karawang Jawa Barat. Selain itu penulis pernah menjadi asisten dosen Praktikum Kimia Analisis Instrumen dan Praktikum Kimia Kinetika

Penulis juga pernah menjadi kepanitiaan Tekim ke XVIII dan XIX bidang Kunjungan Indutri pada tahun 2014 dan 2015 dan menjadi panitia Kuliah Kerja Lapangan (KKL) tahun 2017 dan menjadi ketua kelas kimia dua periode semester 105 dan 106.