

**LAPORAN AKHIR
USULAN PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

**PEMANFAATAN *STYROFOAM* CAIR SEHAT HASIL REDUKSI
MONOMER STIRENA DENGAN ALFA PINENA MINYAK ATSIRI
KAYU PUTIH DAN GLIKOSIDA *SANSEVIERIA* MENJADI PAPAN SEMI
SINTETIK**

BIDANG KEGIATAN:

PKM Penelitian

Diusulkan oleh :

Rahmat Irkham Triaji	F34110136 (2011)
Lupita Maulida Munawar	F34100035 (2010)
Imam Muharram Alitu	F34110062 (2011)
Muhammad Jiyad Hijran D	F34100024 (2010)
Muhammad Salman Al Farisi	F34110049 (2011)

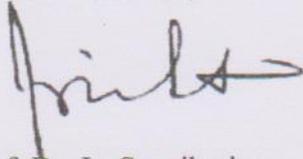
**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Pemanfaatan *Styrofoam* Cair Sehat Hasil Pereduksian Monomer Stirena dengan Alfa Pinena Minyak Atsiri Kayu Putih dan Glikosida *Sansevieria* Menjadi Papan Semi Sintetik.
2. Bidang Kegiatan : PKM-P PKM-K PKM-KC
 PKM-T PKM-M
3. Ketua Pelaksana Kegiatan :
 - a. Nama Lengkap : Rahmat Irkham Triaji
 - b. NIM : F34110136
 - c. Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
 - d. Universitas/Institut : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah /No.HP : Jl. Haji I No.67 Jurangmangu Timur, Pondok Aren, Tangerang Selatan.
 - f. Alamat Email : generasiprestasiindonesia@gmail.com
4. Anggota Pelaksana/Penulis : 5 orang
5. Dosen Pendamping :
 - a. Nama : Ono Suparno, S.TP., M.T., Ph.D.
 - b. NIDN : 0003127205
 - c. Alamat Rumah : Perumahan Alam Sinarsari No. A3, RT 02/04, Sinarsari, Dramaga, Bogor 16680.
6. Biaya Kegiatan Total : Rp 12.000.000.00
 - a. Dikti : Rp 12.000.000.00
 - b. Sumber dana lain : -
7. Jangka Waktu Pelaksanaan : empat bulan

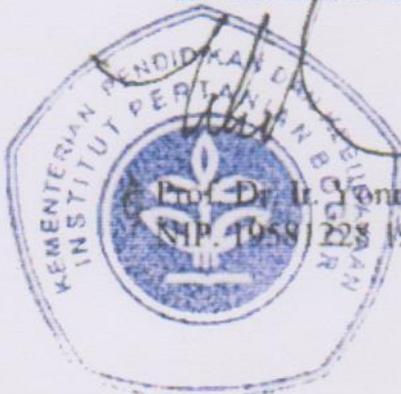
Bogor, 6 Juli 2013

Menyetujui,
Sekretaris Departemen Teknologi
Industri Pertanian,



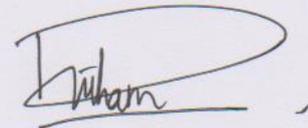
Prof. Dr. Ir. Suprihatin
NIP. 19631221 199003 1002

Wakil Rektor Bidang Akademik
dan Kemahasiswaan



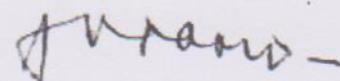
Prof. Dr. Ir. Yenny Koesmaryono, M.S.
NIP. 19581228 198503 1003

Ketua Pelaksana Kegiatan,



Rahmat Irkham Triaji
NIM. F34110136

Dosen Pendamping,



Ono Suparno, S.TP., M.T., Ph.D.
NIDN. 0003127205

**PEMANFAATAN *STYROFOAM* CAIR SEHAT HASIL PEREDUKSIAN
MONOMER STIRENA DENGAN ALFA PINENA MINYAK ATSIRI
KAYU PUTIH DAN GLIKOSIDA *SANSEVIERIA* MENJADI PAPAN SEMI
SINTETIK**

ABSTRAK

Styrofoam yang dibuat dari kopolimer Stirena, menjadi pilihan bisnis pangan karena mampu mencegah kebocoran dan tetap mempertahankan bentuknya saat dipegang. Selain itu, bahan tersebut juga mampu mempertahankan panas dan dingin tetapi tetap nyaman dipegang. Padahal, *Styrofoam* memiliki zat berbahaya di dalamnya. Riset terkini membuktikan bahwa *styrofoam* diragukan keamanannya, salah satunya adalah karena di dalamnya terdapat monomer berbahaya, yaitu Monomer Stirena. Monomer ini berbahaya bagi tubuh manusia. Zat ini dapat bermigrasi ke dalam makanan karena dipengaruhi oleh suhu makanan atau penyimpanan dan proses pengolahannya. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini ingin mereduksi kadar Monomer Stirena dalam *styrofoam*, agar dapat diolah kembali menjadi barang yang bermanfaat. *Styrofoam* yang dicairkan dengan menggunakan minyak atsiri, dan pereduksian zat berbahaya yaitu monomer stirena dengan menggunakan Alfa Pinena minyak atsiri dan Glikosida pada tanaman *Saseivieria*, lalu *styrofoam* cair tersebut dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan papan semi sintetik (Styvera). Berdasarkan hasil pengujian FTIR dan GC/MS, terdapat pereduksian Monomer Stirena dari kadar 0,57% pada *styrofoam*, menjadi 0,02% pada campuran *styrofoam* dan minyak atsiri kayu putih, dan 0,01% pada komposit *styrofoam*, minyak atsiri kayu putih, dan serat *Sansevieria*. Berdasarkan hal tersebut, maka terbukti Alfa Pinena dan Glikosida mampu mereduksi kadar Monomer Stirena pada *styrofoam*. Berdasarkan uji ketahanan jatuh dengan alat DDI Tester didapatkan hasil bahwa dengan perbandingan rataan kualitas kekuatan papan, yaitu pada rata-rata papan styvera 115 N (ketebalan 10 mm) yang dibandingkan dengan kontrol papan plastik diperoleh 120 N (ketebalan 8 mm). Hal ini menggambarkan bahwa kualitas kekuatan papan Styvera tidak berbeda jauh dengan kualitas kekuatan papan sintetik di pasaran.

Kata kunci : *Styrofoam* cair, Monomer Stirena, Alfa Pinena, Glikosida.

UTILIZATION OF HEALTHY LIQUID STYROFOAM THROUGH ALPHA PINENE OF EUCALYPTUS ESSENTIAL OIL AND GLYCOSIDE OF SANSEVIERIA REDUCTION INTO SEMI SYNTHETIC

ABSTRACT

Styrofoam is made from Styrene copolymer, a choice of food business because it is able to prevent leakage and maintain its shape when held. In addition, the material is also able to retain heat and cool but still comfortable to hold. Whereas, styrofoam has a harmful substance in it. Recent research proves that the styrofoam doubt its safety, one of which is because in it there is hazardous monomers, namely Styrene Monomer. Monomer is harmful to human body. These substances can migrate into food because it is influenced by the temperature of the food or the storage and processing process. Based on this background, this study were to reduce levels of Styrene Monomer in styrofoam, that can be recycled into useful items. Styrofoam is liquefied by using essential oils, and reduction of hazardous substances are styrene monomer using the Alpha pinene and Glycosides of *Sansevieria*, then liquid styrofoam can be used in the manufacture of semi-synthetic plate (Styvera). Based on test results of FTIR and GC / MS, there is a reduction of Styrene Monomer in the levels of 0.57% on styrofoam, to be 0.02% in a mixture of Styrofoam and eucalyptus essential oils, and 0.01% in the composite styrofoam, eucalyptus essential oil, and fiber *Sansevieria*. Based on this, the proven Alpha pinene and Glycosides are able to reduce levels of Styrene Monomer in styrofoam. Based on the method of DDI Tester proves that the strength quality of Styvera plate not much different with the quality of synthetic plate strength in the market. The result are 115 N (thickness 10 mm) on semi-synthetic plate and 120 N (thickness 8 mm) on synthetic plate.

Key words : Liquid styrofoam, Syrene Monomer, Alpha Pinene Glycosides.

PRAKATA

Tujuh bulan sudah penulis menyiapkan karya ilmiah ini, sehingga karya ilmiah yang berjudul “Pemanfaatan *Styrofoam* Cair Sehat Hasil Pereduksian Monomer Stirena dengan Alfa Pinena Minyak Atsiri Kayu Putih dan Glikosida *Sansevieria* Menjadi Papan Semi Sintetik” dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Karya ilmiah ini dibuat dalam rangka mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang penelitian tahun 2013.

Sehubungan dengan itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung selama peneliti melaksanakan penelitian ini.

Demikian pula tentunya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S., sebagai Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan Institut Pertanian Bogor;
2. Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti, sebagai Kepala Departemen Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor;
3. Prof. Dr. Ir. Suprihatin, sebagai Sekretaris Departemen Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor;
4. Bapak Ono Suparno, S.TP., M.T., Ph.d sebagai Dosen Pembimbing;
5. Bapak Oksil Venriza, S.Si., Pembimbing teknis analisa GC/MS di PPTMGB LEMIGAS Jakarta;
6. Bapak Arman Ibrahim, Pembimbing teknis analisa GC/MS di PPTMGB LEMIGAS Jakarta;
7. Dosen Departemen Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor;
8. Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknologi Industri (HIMALOGIN) Institut Pertanian Bogor;

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca menyempurnakan karya tulis ini. Tak lupa penulis ucapkan mohon maaf ke berbagai pihak jika ada hal-hal yang kurang berkenan dalam penulisan karya ilmiah ini. Semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jakarta, 25 Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
F. Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN TEORI	9
A. Tinjauan Pustaka	9
1. <i>Styrofoam</i>	9
2. Minyak Atsiri	16
3. <i>Sansevieria</i>	22
4. Glikosida	26
5. Papan Semi Sintetik	30
B. Hipotesis	30

C. Kerangka Berfikir	31
BAB III METODE PENELITIAN	32
A. Tempat dan Waktu Penelitian	32
B. Metode Penelitian	33
C. Instrumen Penelitian	33
1. Bahan	33
2. Alat	35
D. Teknik Pelumeran <i>Styrofoam</i>	36
1. Perlakuan Terhadap <i>Styrofoam</i>	36
E. Metode Pembuatan Minyak Atsiri Kayu Putih	38
F. Penentuan Gugus Fungsi Sampel dengan Analisa	39
Spektrum Infra Merah (FTIR)	
G. Penentuan <i>Styrene monomer</i> dalam styrofoam	39
dengan GC/MS	
1. Preparasi Sampel	39
2. Kondisi Kromatograf	39
H. Metode Pengujian Tegangan Papan	41
I. Teknik Pengumpulan Data	41
J. Teknik Analisa Data	42
BAB IV HASIL & PEMBAHASAN	43
A. Hasil Pengujian Pelumeran Styrofoam Dengan	43
Minyak Atsiri Kayu Putih	
B. Hasil Pembuatan Bahan Dasar Serat Papan Styvera	44

(Minyak Atsiri Cair & Serat Sansiviera)

C. Hasil Pengujian Analisa Spektrum Infra Merah	45
(FTIR)	
1. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel Monomer <i>Styrene</i>	45
2. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel A (Styrofoam + Chlorofoam)	46
3. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel B (Styrofoam + Minyak Atsiri)	46
4. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel C (Styrofoam + Minyak Atsiri + Serat Sansiviera)	47
5. Hasil Analisa Spektroskopi FTIR Pada Tiap Sampel Uji	47
D. Hasil pengujian GC/MS	48
1. Data Analisa GC/MS Untuk Sampel Monomer <i>Styrene</i>	48
2. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel A (Styrofoam + Chlorofoam)	50
3. Data Analisa GC/MS Untuk Sampel B (Styrofoam + Minyak Atsiri)	50
4. Data Analisa GC/MS Untuk Sampel C (Styrofoam + Minyak Atsiri + Serat Sansiviera)	51
5. Hasil Analisa GM/MS Terhadap Komposisi	52

Styrene monomer Pada Tiap Sampel Uji

E. Hasil Produk Serat Papan Styvera	53
F. Hasil Data Perbandingan Kekuatan Tegangan Jatuh Papan	54
BAB V PENUTUP	56
A. Simpulan	56
B. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Grafik Penggunaan CFC di berbagai produk.	3
Tabel 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	32
Tabel 4.1 Perbandingan Kualitas Pelumeran Terhadap Volume Gelas Kaca dan Waktu.....	42
Tabel 4.2 Data Analisa GC/MS Untuk Sampel Monomer Stirena	47
Tabel 4.3 Data Kandungan Monomer Stirena Pada Sampel A Dengan Analisa GC/MS.....	48
Tabel 4.4 Data Kandungan Monomer Stirena Pada Sampel B Dengan Analisa GC/MS.....	49
Tabel 4.5 Data Kandungan <i>Alfa Pinena</i> Pada Sampel B Dengan Analisa GC/MS.....	50
Tabel 4.6 Data Kandungan Monomer Stirena Pada Sampel C Dengan Analisa GC/MS.....	51
Tabel 4.7 Ciri-ciri Papan Styvera.....	52
Tabel 4.8 Uji Tahap Pertama Perbandingan Tegangan Papan.....	53
Tabel 4.9 Uji Tahap Kedua Perbandingan Tegangan Papan.....	54
Tabel 4.10 Uji Tahap Ketiga Perbandingan Tegangan Papan.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Styrofoam</i> pembungkus makanan	2
Gambar 1.2 Lubang Ozon	4
Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan <i>Styrene</i> dari <i>Ethylbenzene</i>	11
Gambar 2.2 <i>styrene monomer</i> menjadi <i>polystyrene</i>	13
Gambar 2.3 Gelas <i>Styrofoam</i>	14
Gambar 2.4 <i>Polimer atactic</i> pada <i>polystyrene</i>	14
Gambar 2.5 <i>Styrofoam</i> Balok	14
Gambar 2.6 <i>Styrofoam Box Fish, Styrofoam TV, Styrofoam Corner</i>	15
Gambar 2.7 <i>Styrofoam Handmade</i>	15
Gambar 2.8 Plafon <i>Styrofoam</i>	16
Gambar 2.9 Bibit minyak wangi	17
Gambar 2.10 Kayu Putih	19
Gambar 2.11 Lidah mertua (<i>Sansevieria</i>)	23
Gambar 2.12 Reaksi Pembentukan Glikosida	26
Gambar 2.13 Reaksi Pembentukan Glikosida	26
Gambar 2.14 Flavanoid	28
Gambar 2.15 Kerangka Steroid	30
Gambar 2.16 Kerangka Triterpenoid	30
Gambar 3.1 Alat "Pemintal Papan Styvera" dilihat dari tampak samping dan depan	38
Gambar 4.1 <i>Styrofoam Cair</i>	44
Gambar 4.2 Bahan Dasar Papan Stivera	44
Gambar 4.3 Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel Monomer <i>Styrene</i>	45
Gambar 4.4 Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel A	46
Gambar 4.5 Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel B	46
Gambar 4.6 Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel C	47
Gambar 4.7 Hasil GC/MS pada <i>Styrene Monomer</i>	48
Gambar 4.8 Data Analisa GC/MS Untuk Sampel A	49
Gambar 4.9 Data Analisa GC/MS Untuk Sampel B	50

Gambar 4.10 Data Analisa GC/MS Untuk Sampel C	51
Gambar 4.11 Papan Styvera	52
Gambar4.12 Papan Styvera Dengan Berbagai Variasi Ketebalan	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan *Polysterene Foam* atau yang biasa disebut *Styrofoam*, sudah sangat familiar digunakan oleh masyarakat di seluruh belahan bumi. *Styrofoam* banyak diaplikasikan dalam kegiatan pengemasan dan pengangkutan alat rumah tangga (35%), mainan (25%), dan bahan pelengkap (10%).¹ Sayangnya, pemanfaatan tersebut menyebabkan meningkatnya limbah *Styrofoam* yang harus diolah. Banyak alasan yang menyebabkan orang lebih memilih menggunakan kemasan *Styrofoam* dibanding kemasan bentuk lain, di antaranya karena bentuknya yang menarik, awet, dan kuat.

Styrofoam yang dibuat dari kopolimer stirena ini menjadi pilihan bisnis pangan karena mampu mencegah kebocoran dan tetap mempertahankan bentuknya saat dipegang. Selain itu, bahan tersebut juga mampu mempertahankan panas dan dingin tetapi tetap nyaman dipegang. Bentuknya yang ringan menjadikan *Styrofoam* mudah dibawa. Makanan yang disimpan di sana juga tetap segar dan utuh. Tidak hanya itu, alasan dipilihnya *Styrofoam* sebagai bahan pembungkus makanan terlebih karena biaya pengemasannya yang murah.

Tetapi, riset terkini membuktikan bahwa *Styrofoam* diragukan keamanannya. Sebab, salah satu monomer dari *Styrofoam* adalah Monomer Stirena. Monomer ini berbahaya bagi tubuh manusia. Monomer ini dapat bermigrasi ke dalam makanan karena dipengaruhi oleh suhu makanan atau penyimpanan dan proses pengolahannya. Semakin tinggi suhunya, semakin banyak monomer yang dapat bermigrasi ke dalam makanan. Semakin lama kontak antara makanan tersebut dengan kemasan *Styrofoam* menyebabkan jumlah monomer yang bermigrasi dapat semakin tinggi. Monomer ini dapat mengakibatkan iritasi pada saluran pencernaan terutama mulut, tenggorokan, dan

¹ Chanda M. 2006. *Plastic Technology Handbook*. CRC Press. London. Hal : 11.

lambung.² Hasil kajian divisi Keamanan Pangan Jepang pada Juli 2001 mengungkapkan bahwa residu *Styrofoam* dalam makanan sangat berbahaya. Hasil berbagai penelitian yang sudah dilakukan sejak tahun 1930an, diketahui bahwa stirena, bahan dasar *Styrofoam*, bersifat mutagenik dan karsinogenik.

Saat ini, *Styrofoam* sudah lazim digunakan sebagai media pembungkus makanan. Hampir semua penjaja makanan, baik dari level pinggir jalan hingga restoran kelas atas menawarkan media ini sebagai wadah makanan. *Styrofoam* sudah mulai menggantikan peran pembungkus lainnya, seperti kantung plastik, kardus makanan, apalagi dedaunan. Lagi-lagi, kepraktisan menjadi alasan menjamurnya penggunaan *Styrofoam* sebagai pembungkus makanan.



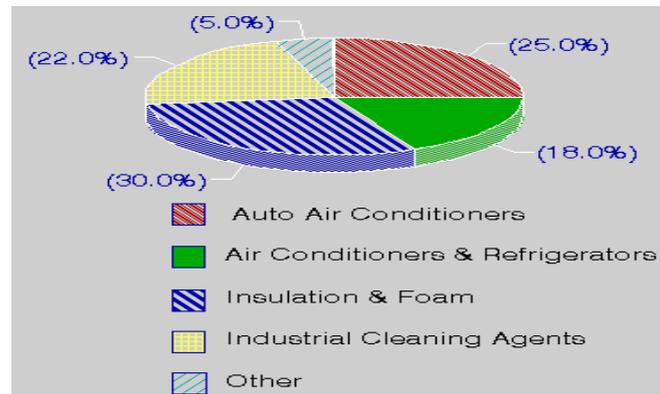
Gambar 1.1 *Styrofoam* pembungkus makanan

Styrofoam sendiri sebenarnya adalah merek dagang dari *Dow Chemical Company* untuk produk polistirena dalam bentuk busa. Bahan yang lebih dikenal sebagai gabus ini memang praktis, ringan, relatif tahan bocor dan bisa menjaga suhu makanan dengan baik. Inilah yang membuat bahan ini amat disukai dan banyak dipakai, termasuk dalam industri makanan instan. Namun, bahan ini sebenarnya tak kalah berbahaya dengan plastik. Untuk memperkuat polistirena ditambahkan bahan *butadiene* sejenis karet sintetis, sehingga warnanya berubah dari putih jernih menjadi putih susu. Supaya lentur dan awet, ditambah lagi dengan zat *plasticer* seperti dioktiptalat (DOP) dan butyl hidroksi toluen (BHT). Kandungan zat pada proses terakhir ini dapat memicu timbulnya kanker dan

² Ibid. 2006. Hal: 2.

penurunan daya pikir anak. Kemudian proses pembuatannya ditiup dengan memakai gas *chlorofluorocarbon* (CFC).³

Tabel 1.1 Grafik Penggunaan CFC di berbagai produk.



Penggunaan *Styrofoam* dapat menimbulkan bahaya. Bahaya yang diakibatkan dari penggunaan *Styrofoam* meliputi bahaya terhadap kesehatan dan masalah lingkungan hidup. *Styrofoam* dapat berbahaya terhadap kesehatan, jika digunakan sebagai pengemas untuk makanan yang panas, berminyak atau berlemak karena sifatnya akumulatif, maka akibatnya baru akan terasa 10-15 tahun kemudian.⁴

Dari hasil survei yang di lakukan di Amerika Serikat pada tahun 1986, ditemukan 100 persen jaringan lemak orang Amerika mengandung stirena yang berasal dari *Styrofoam*. Bahkan pada penelitian 2 tahun berikutnya, kandungan stirena sudah mencapai ambang batas yang bisa memunculkan gejala gangguan saraf. Sebuah studi di New Jersey, Amerika Serikat, menemukan bahwa 75 persen ASI mengalami kontaminasi stirena yang berasal dari konsumsi ibu yang menggunakan wadah *Styrofoam*, dalam jangka panjang dapat mengakibatkan penumpukan stirena dalam tubuh, dan menimbulkan gejala-gejala sistem saraf seperti kelelahan, gelisah, sulit tidur. Bahkan, *Styrofoam* dapat menyebabkan kemandulan atau menurunkan kesuburan. Anak yang terbiasa mengonsumsi stirena bisa kehilangan kreativitas dan pasif.⁵

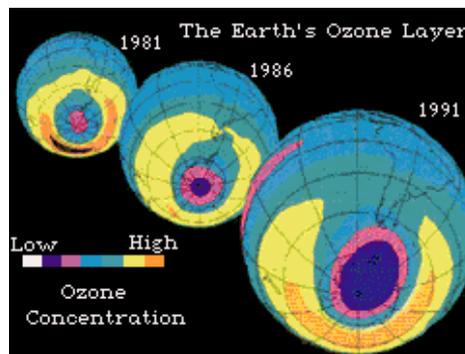
Selain membahayakan kesehatan, senyawa yang terkandung di dalam *Styrofoam* juga membahayakan lingkungan. CFC yang terkandung dalam

³ *Bahaya Syrofoam Bagi Kesehatan*. (<http://www.blog.mfajri.net>) diakses pada 6 Juni 2013.

⁴ Krissetiana, A. *Bahaya Pengemasan makanan yang Tidak Cocok*. Hal : 25.

⁵ Anies. 2009. *Bahaya "Kresek" dan Kemasan Styrofoam*. Jakarta: Suara Merdeka. Hal : 53.

Styrofoam merupakan zat yang dapat menimbulkan lubang ozon sehingga merusak atmosfer bumi. Rusaknya atmosfer bumi menyebabkan permukaan bumi mengalami kontak langsung dengan radiasi sinar matahari tanpa melewati lapisan atmosfer yang berfungsi sebagai penyaring sinar. Akibatnya, bumi menjadi panas atau lebih kita kenal dengan pemanasan global.



Gambar 1.2 Lubang Ozon

Tingginya penggunaan *Styrofoam* membuat bekas pakainya mudah ditemui, bahkan berserak dan menggunung di tempat pembuangan sampah. Terkadang dapat ditemui limbah *Styrofoam* mengambang di sungai – sungai atau di selokan. Tak heran, akibat tumpukan *Styrofoam* yang tersangkut di selokan dapat menimbulkan banjir. *Styrofoam* tidak *bio-degradable* atau tidak bisa hancur oleh mikroorganisme di udara dan di dalam tanah. Selama ini, metode yang digunakan untuk mengurangi sampah *Styrofoam* adalah pembakaran. Padahal, pembakaran *Styrofoam* dapat menghasilkan gas karbon dioksida dan bahkan gas karbon monoksida yang sangat berbahaya bagi sistem pernapasan manusia.

Data EPA (*Environmental Protection Agency*) di tahun 1986 menyebutkan, limbah berbahaya yang dihasilkan dari proses pembuatan *Styrofoam* sangat banyak. Hal itu menyebabkan EPA mengategorikan proses pembuatan *Styrofoam* sebagai penghasil limbah berbahaya ke-5 terbesar di dunia. Selain itu, proses pembuatan *Styrofoam* menimbulkan bau yang tak sedap yang mengganggu pernapasan dan melepaskan 57 zat berbahaya ke udara. Melihat sedemikian besar dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan, beberapa kota di Amerika seperti

Berkeley dan Ohio telah melarang penggunaan *Styrofoam* sebagai kemasan makanan.⁶

Limbah *Styrofoam* hingga saat ini belum mampu dihancurkan, sama halnya seperti limbah plastik. Perlu kiranya mencari langkah kongkret untuk menanggulangi permasalahan limbah *Styrofoam*. Membiarkannya menumpuk di tempat pembuangan sampah atau di sungai bukanlah hal yang bijak dilakukan. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan limbah *Styrofoam* adalah mendaur ulang *Styrofoam* itu sendiri. Maka dari itu, peneliti ingin menunjukkan kepada masyarakat bahwa limbah *Styrofoam* mampu memberikan banyak manfaat dibalik segala kekurangannya. Harapan kami, agar pengolahan *Styrofoam* ini mampu menghasilkan bentuk lain yang bermanfaat, dan mampu menjadi solusi penanganan limbah *Styrofoam*, serta dapat mengurangi kerusakan lingkungan.

B. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu kiranya kita mengolah limbah *Styrofoam* yang tidak ramah lingkungan tersebut, menjadi bentuk lain yang mempunyai nilai guna dan bebas dari zat berbahaya (Monomer Stirena). Oleh karena itu, agar penelitian beserta pembahasannya dapat dilakukan dengan terkonsep dan lebih fokus, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah upaya mendaur ulang limbah *Styrofoam* menjadi papan semi sintetik dengan mereduksi Monomer Stirena yang terkandung di dalamnya.

C. Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah *Styrofoam* yang dicairkan dengan minyak atsiri dengan penambahan serat *Sansevieria* mampu dijadikan bahan dasar pembuatan papan semi sintetik?

⁶ Hani, *Mengapa-Styrofoam-Berbahaya*. (<http://www.infoekologi.com>) diakses pada 6 Juni 2013.

2. Apakah Alfa Pinena dalam minyak atsiri kayu putih dan Glikosida dalam *Sansevieria* mampu mereduksi Monomer Stirena yang terkandung dalam *Styrofoam*?
3. Bagaimana kualitas kekuatan tegangan papan Styvera (produk papan semi sintetik hasil pengolahan *Styrofoam*, minyak atsiri, dan serat *Sansevieria*) dibandingkan kekuatan tegangan papan sintetik di pasaran?

D. Tujuan Penelitian

Dari hasil rumusan masalah tersebut di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui apakah *Styrofoam* yang dicairkan dengan minyak atsiri dengan penambahan serat *Sansevieria* mampu dijadikan bahan dasar pembuatan papan semi sintetik.
2. Untuk mengetahui apakah Alfa Pinena dalam minyak atsiri kayu putih dan Glikosida dalam *Sansevieria* mampu mereduksi Monomer Stirena yang masih terkandung dalam *Styrofoam*.
3. Untuk mengetahui bagaimana kualitas kekuatan tegangan papan Styvera (produk papan semi sintetik) dibandingkan kekuatan tegangan papan sintetik di pasaran.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat dirasakan oleh semua pihak dari berbagai kalangan, seperti masyarakat, di bidang ilmu pengetahuan, dan bagi penulis sendiri.

1. Masyarakat

Peneliti ingin menunjukkan bahwa penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat. Adapun manfaat dari penelitian ini bagi masyarakat adalah :

- a. Sebagai bahan pemenuhan salah satu kebutuhan primer masyarakat, yakni sandang (pakaian).

- b. Sebagai salah satu usaha penciptaan lapangan kerja berbasis pengolahan papan semi sintetik.

2. Ilmu Pengetahuan

Manfaat penelitian ini bagi ilmu pengetahuan adalah sebagai temuan baru dalam pendaur ulangan limbah *Styrofoam* yang sehat serta ramah lingkungan.

3. Peneliti Sendiri

Adapun manfaat dari penelitian ini bagi peneliti sendiri adalah :

- a. Penelitian ini menjadi pembelajaran dan pengalaman bagi peneliti.
- b. Menumbuhkan sikap kreatif dalam mencari tema–tema penelitian.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam pembuatan karya tulis ilmiah ini adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan, terdiri dari beberapa sub bab, yaitu : Latar Belakang, Batasan Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

Bab II Kajian Teori, terdiri dari beberapa sub bab, yaitu : Kajian Teori, Hipotesis, Kerangka Berfikir.

Bab III Metode Penelitian, terdiri dari beberapa sub bab, yaitu : Tempat dan Waktu Penelitian, Metode Penelitian, Instrumen Penelitian, Teknik Pelumeran *Styrofoam*, Metode Pembuatan Minyak Atsiri Kayu Putih, Penentuan Gugus Fungsi Sampel dengan Analisa Spektrum Infra Merah (FTIR), Penentuan Monomer Stirena dalam *Styrofoam* dengan GC/MS, Teknik Pengumpulan Data, dan Teknik Analisa Data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan, terdiri dari beberapa sub bab, yaitu : Hasil Pengujian Pelumeran *Styrofoam* Dengan Minyak Atsiri Kayu Putih, Hasil Pembuatan Bahan Dasar Serat Papan Styvera (Minyak Atsiri Cair & Serat

Sansevieria), Hasil Pengujian Analisa Spektrum Infra Merah (FTIR), Hasil Pengujian GC/MS, Hasil Produk Serat Papan Styvera.

Bab V Penutup, terdiri dari beberapa sub bab, yaitu : Simpulan, dan Saran.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. *Styrofoam*

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, kemasan didefinisikan sebagai bungkus pelindung barang dagangan.⁷ Dengan kata lain, kemasan adalah wadah atau tempat yang terbuat dari timah, kayu, kertas, gelas, besi, plastik, selulosa transparan, kain, karton, atau material lainnya yang digunakan untuk penyimpanan barang dari produsen ke konsumen.

Salah satu pengemas makanan yang sering digunakan adalah *Styrofoam*. *Styrofoam* atau *foamed polysterene* (FPS) adalah salah satu bahan pengemas suatu produk yang berbentuk padat, elastis, dan berwarna putih. *Styrofoam* terbuat dari bahan utama polistirena. Bahan ini diproses dengan cara injeksi ke dalam sebuah cetakan dengan tekanan tinggi. *Styrofoam* yang ringan dan praktis ini masuk dalam kategori jenis plastik. Sifat fisik *Styrofoam* yang tahan bocor, ringan, praktis, dan dapat menjaga suhu makanan dengan baik membuat *Styrofoam* menjadi primadona sebagai pengemas makanan, apalagi didukung harga *Styrofoam* yang sangat murah, yaitu hanya 1/3 - 1/2 kali harga kertas.

Penemuan *Styrofoam* memiliki sejarah yang panjang. Akhir abad ke-19 seorang apoteker berkebangsaan Jerman bernama Eduard Simon menemukan senyawa polistirena. Ia mengisolasi senyawa tersebut dari bahan resin alami, namun penelitiannya berhenti hanya sampai disitu karena ia tidak tahu bagaimana menggunakan senyawa temuannya itu. Tahun 1922, Herman Staudinger mempublikasikan teorinya mengenai polistirena yang diprediksikan dapat menggantikan fungsi karet alam yang sangat elastis. Penemuan ini

⁷ Alwi, Hasan. 2007. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
Hal : 415.

merupakan tonggak sejarah perkembangan *Styrofoam*. Sampai pada tahun 1930, para ilmuwan yang bekerja untuk perusahaan berbasis bahan kimia yang berdiri sejak tahun 1861, yakni *Badische Anilin and Soda Fabrik* (BASF) mengembangkan suatu sistem untuk pabrikasi polistirena. Pada tahun 1937, sebuah perusahaan Amerika, *Dow Chemical*, mengintroduksi polistirena di pasaran Amerika dengan nama dagang *Styrofoam*.

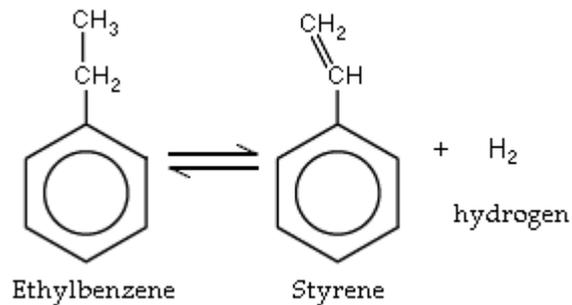
Styrofoam merupakan hasil penelitian Ray Mc. Entire. Awalnya Ray ingin menciptakan sebuah bahan yang akan digunakan sebagai bahan insulator (pelapis) peralatan elektronik yang fleksibel. Ia mencoba mencampurkan stirena dengan *isobutylene* (sebuah senyawa cair yang mudah menguap) di bawah tekanan dan panas yang tinggi pada waktu tertentu. Hasilnya adalah sebuah bentuk yang tidak diharapkan. Tetapi ia telah menemukan sejenis bahan baru yang terdiri dari gelembung-gelembung stirena yang lebih ringan. Jenis bahan tersebut kemudian dipatenkan dengan nama *Styrofoam*.

Styrofoam yang memiliki karakteristik lentur, mudah dibentuk, ringan, dan relatif murah banyak digunakan oleh masyarakat untuk berbagai keperluan. Hampir seluruh barang elektronik diberi pelapis *Styrofoam* sebelum dikemas di dalam dus. Tujuannya adalah untuk mencegah benturan secara langsung antar barang elektronik dengan benda keras yang bisa merusak komponen di dalamnya. Perkembangan yang pesat semakin memungkinkan penggunaan *Styrofoam* untuk berbagai keperluan. Banyak restoran menggunakan produk ini dan meminimalisir penggunaan piring dan gelas yang terbuat dari kaca. *Styrofoam* ini hanya digunakan sekali pakai dan setelah itu langsung dibuang.⁸

Banyak restoran makanan cepat saji yang menyediakan makanan seperti hamburger yang disajikan di atas piring atau di dalam *box* yang terbuat dari *Styrofoam*. Busa *Styrofoam* terbentuk dari plastik, sehingga apabila mengendap di dalam tanah tidak dapat terurai sampai berjuta bahkan miliaran tahun. Di samping banyaknya kegunaan dari *Styrofoam*, banyak orang yang tidak sadar akan bahaya pemakaian *Styrofoam* yang akan menimpa diri mereka sendiri dan bahkan bagi lingkungannya. *Styrofoam* yang sudah dibuang dan tidak digunakan lagi dapat berbahaya bagi hewan laut. Apabila barang ini

⁸ Zainal Abidin. 2004. *Membuat Aneka Kreasi Styrofoam*. Jakarta: Kawan Pustaka. Hal : 1-3.

mengambang di air, hewan-hewan air tersebut akan menganggap bahwa itu adalah makanannya, setelah mereka memakannya, sistem pencernaan bahkan tubuhnya akan mendapatkan masalah yang akan berdampak pada kematian hewan tersebut.⁹



Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan *Stirena* dari *Ethylbenzene*

Salah satu monomer dari *Styrofoam* adalah Monomer *Stirena*. Monomer ini berbahaya bagi tubuh manusia. Monomer ini dapat bermigrasi ke dalam makanan karena dipengaruhi oleh suhu makanan atau penyimpanan dan proses pengolahannya. Semakin tinggi suhunya, semakin banyak monomer yang dapat bermigrasi ke dalam makanan. Semakin lama kontak antara makanan tersebut dengan kemasan *Styrofoam*, jumlah monomer yang bermigrasi dapat semakin tinggi. Monomer ini dapat mengakibatkan iritasi pada saluran pencernaan terutama mulut, tenggorokan, dan lambung.¹⁰ Hasil kajian Divisi Keamanan Pangan Jepang pada Juli 2001 mengungkapkan bahwa residu *Styrofoam* dalam makanan sangat berbahaya. Hasil berbagai penelitian yang sudah dilakukan sejak tahun 1930an, diketahui bahwa *Stirena*, bahan dasar *Styrofoam*, bersifat mutagenik dan karsinogenik.¹¹

a. Polistirena

Bahan pengemas *Styrofoam* atau Polistirena dibuat melalui proses polimerisasi adisi dengan cara suspensi. *Stirena* dapat diperoleh dari

⁹ Jhon Javna. 1990. *50 Simple Things Kids Can Do to Save The Earth*. Andrews McMeel Publishing. Hal : 34-35.

¹⁰ Koswara, Sutrisno. 2006. *Bahaya di balik Kemasan Plastik*. Jogjakarta: LKIS. Hal : 2.

¹¹ Mulyani. 1992. *Karsinogenik dan Antineoplastik*. Jogjakarta: Universitas Pangan dan Gizi UGM. Hal : 30.

sumber alam yaitu *Petroleum*. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna menyerupai minyak dengan bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ atau ditulis *sebagai* C_8H_8 . Secara laboratorium dapat dibuat melalui dehidrogenasi Etil Benzena, yaitu dengan melewati Etilena melalui cairan Benzena dengan tekanan yang cukup dan Aluminium Klorida sebagai katalisnya. Etil Benzena didehidrogenasi menjadi Stirena dengan melewatkannya melalui katalis oksida aktif. Polistirena merupakan bahan yang mempunyai sifat yang tahan terhadap asam maupun basa (resistensinya tinggi).¹² Pada suhu sekitar $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, Stirena disuling dengan cara destilasi maka didapatkan Polistirena.

Polistirena padat murni adalah sebuah plastik tak berwarna dan keras dengan fleksibilitas yang terbatas yang dapat dibentuk menjadi berbagai macam produk dengan detail yang bagus. Penambahan karet pada saat polimerisasi dapat meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan kejut.¹³ Polistirena jenis ini dikenal dengan nama *High Impact Polystirene* (HIPS). Polistirena murni yang transparan bisa dibuat menjadi beraneka warna melalui proses *compounding*. Polistirena banyak dipakai dalam produk-produk elektronik sebagai *casing*, cabinet, dan komponen-komponen lainnya. Peralatan rumah tangga yang terbuat dari polistirenaa, antara lain sapu, sisir, baskom, gantungan baju, ember.¹⁴

b. Sifat-Sifat Polistirenaa :

Ketahanan kerja pada suhu rendah (dingin)	: Tidak baik
Kuat <i>Tensile</i> 256 (j/12)	: 0,13-0,34
Modulus elastisitas tegangan ASTM D747 (MNm x 10^{-4})	: 27,4-41,4
Kuat kompresif ASTM D696 (MNm)	: 74,9-110
Muai termal ASTM 696 (mm C x 10)	: 6-8
Titik leleh (lunak $^{\circ}\text{C}$)	: 82-103

¹² S, Riawan. 2007. *Kimia Organik Jilid 1*. Jakarta : Bina Rupa Aksara. Hal :191.

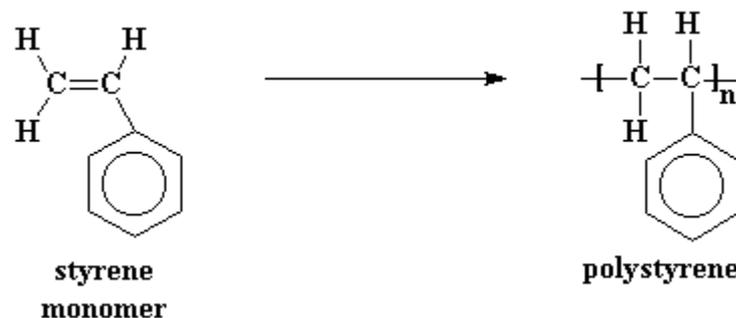
¹³ Woebcken. 1995. *Internasional Plastics Handbook*. Third Edision. Hanser Publication.

¹⁴ *Kenali Polystirene Bahan Kandungan Styrofoam*. (<http://fitandfresh-rusdyeko.blogspot.com>) diakses pada 6 Juni 2013.

Berat jenis ASTMd 792	: 1,04-1,1
Elongasi tegangan ASTM 638 (%)	: 1,0-2,5
Kuat fexural ASTM D790 (mnM)	: 83,9-118
Tetapan elektrik ASTM 150 (10 Hz)	: 2,4-3,1
Kalor jenis (kph) (Kg)	: 1,3-1,45

c. Proses Pembuatan *Styrofoam*

Polistirena *foam* dihasilkan dari campuran 90-95% Polistirena dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-pentana. Dahulu, *blowing agent* yang digunakan adalah CFC (Freon), karena golongan senyawa ini dapat merusak lapisan ozon maka saat ini tidak digunakan lagi, kini digunakan *blowing agent* yang lebih ramah lingkungan. Polistirena *foam* dibuat dari Monomer Stirena melalui polimerisasi suspensi pada tekanan dan suhu tertentu, selanjutnya dilakukan pemanasan untuk melunakkan resin dan menguapkan sisa *blowing agent*. Polistirena *foam* merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang sangat baik. Pada umumnya, semakin rendah kerapatan *foam*, akan semakin tinggi kapasitas insulasinya.¹⁵



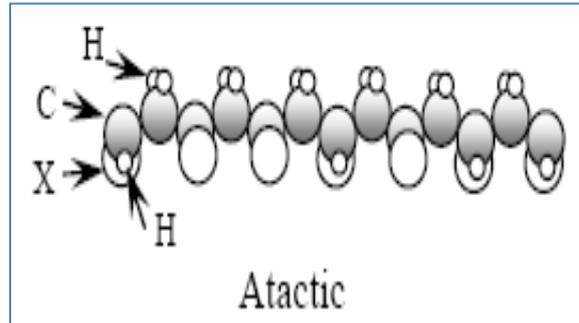
¹⁵ Badan POM RI. 2008. *InfoPOM*. Hal : 1.

Gambar 2.2 Monomer Stirena menjadi polystirena

d. Produk-produk Styrofoam :



Gambar 2.3 Gelas Styrofoam



Gambar 2.4 Polimer atactic pada polystirena¹⁶

1) Styrofoam Balok

Styrofoam Balok terdiri dari ukuran 600 x 128 x 63 cm, dan dapat dipotong-potong sesuai kebutuhan pembeli.



Gambar 2.5 Styrofoam Balok

2) Styrofoam Moulding

Styrofoam Moulding merupakan produk *Styrofoam* yang diproses menggunakan mesin cetak (*moulding*). Terdiri dari *Styrofoam* Siku, *Styrofoam* Corner, *Styrofoam* Box Fish, dan *Styrofoam* TV.

¹⁶ *Struktur Kristal dan Nonkristal.pdf*, (<http://www.biomed.ee.itb.ac.id>) diakses 1 Juni 2013.



Gambar 2.6 *Styrofoam Box Fish, Styrofoam TV, Styrofoam Corner*

3) *Styrofoam Handmade*

Styrofoam handmade merupakan produk *Styrofoam* yang diproses menggunakan sistem manual. Terdiri dari *Styrofoam* siku, *Styrofoam corner*, *Styrofoam* lembaran dan berbagai bentuk atau jenis lainnya sesuai dengan keinginan pembeli.



Gambar 2.7 *Styrofoam Handmade*

4) *Dinsip dan Plafon Styrofoam*

Dinsip merupakan dinding pengganti batu bata merah. Dinsip diproses menggunakan perpaduan antara *Styrofoam*, adukan semen, ditambah pasir, dan bambu yang diawetkan. Dinsip memiliki keunggulan yaitu menggunakan sistem *ThermoWall*. Plafon *Styrofoam* merupakan plafon dengan bahan dari *Styrofoam* yang digunakan untuk pengganti plafon konvensional dengan tingkat kepadatan dan kekuatan yang tinggi. Plafon *Styrofoam* mampu menyerap udara panas pada waktu siang, sehingga suhu di dalam ruangan tidak panas, dan pada malam hari suhu

yang diserap pada siang hari dikeluarkan sehingga suhu di dalam ruangan pada malam hari menjadi hangat.



Gambar 2.8 Plafon *Styrofoam*

2. Minyak Atsiri

Minyak atsiri merupakan senyawa organik yang berasal dari tumbuhan yang bersifat mudah menguap dan memiliki aroma yang khas. Kegunaannya sebagai bahan baku untuk industri parfum atau bahan pewangi dan bahan aroma. Minyak atsiri juga digunakan sebagai bahan baku obat aromaterapi. Tahun 2009, Indonesia mengekspor minyak atsiri sebanyak 2.500 ton atau senilai 100 juta US Dollar. Tujuannya ke negara-negara maju seperti, Perancis, Jerman, Amerika Serikat, dan negara di Eropa lainnya. Komoditas ekspor unggulan dari Indonesia, di antaranya minyak nilam, pala, dan daun cengkeh.

Minyak atsiri merupakan salah satu jenis minyak nabati yang multimanfaat. Minyak ini disebut juga minyak terbang. Karakteristik fisiknya berupa cairan kental yang dapat disimpan pada suhu ruang. Bahan baku minyak ini diperoleh dari berbagai bagian tanaman seperti daun, bunga, biji, kulit biji, batang, akar, atau rimpang. Minyak ini banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan wewangian dan kosmetik.

Menurut sejarah, minyak atsiri ini sebenarnya sudah dikenal sejak zaman Romawi dan Mesir Kuno. Namun kepopulerannya dimulai pada abad ke-16. Di Indonesia, penggunaan tanaman berbau harum ini sudah dilakukan oleh wanita sejak zaman kerajaan dahulu. Secara biologis, minyak atsiri merupakan metabolit sekunder yang digunakan sebagai alat pertahanan diri dari hewan

pemangsa dan serangan hama, serta bersifat alelopati yang berperan sebagai alat untuk bersaing dengan tumbuhan lain.

Manfaat minyak atsiri yaitu sebagai aromaterapi karena aromanya yang menenangkan pikiran dengan mempengaruhi sistem limbik atau pengaturan emosi dan meningkatkan kesehatan tubuh karena dapat menghambat pertumbuhan bakteri jerawat dan lain-lain; memiliki aroma wangi sehingga dapat menjadi pewangi tubuh dan pewangi ruangan; sebagai bahan tambahan makanan karena dapat menambah aroma dan cita rasa makanan yang diolah; sebagai pestisida alami karena beberapa wangi dari minyak atsiri tidak disukai oleh serangga dan hama, sehingga banyak petani yang menggunakan minyak atsiri untuk membasmi serangga.¹⁷



Gambar 2.9 Bibit minyak wangi

Proses produksi minyak atsiri dapat ditempuh melalui 3 cara, yaitu : (1) pengempaan (*pressing*), (2) ekstraksi menggunakan pelarut (*solvent extraction*), dan (3) penyulingan (*distillation*). Penyulingan merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mendapatkan minyak atsiri.¹⁸

Beberapa contoh tanaman sumber minyak atsiri yang tumbuh di Indonesia dan bagian tanaman yang mengandung minyak atsiri :

- a) Akar : Akar wangi, Kemuning
- b) Daun : Nilam, Cengkeh, Sereh lemon, Sereh Wangi, Sirih, Mentha, Kayu Putih, Gandapura, Jeruk Purut, Karmiem, Kragean, Kemuning, Kenikir, Kunyit, Kunci, Selasih, Kemangi.
- c) Biji : Pala, Lada, Seledri, Alpukat, Kapulaga, Klausena, Kasturi, Kosambi.

¹⁷ Meika Syahbana Rusli. 2010. *Sukses Memproduksi Minyak Atsir* .Agromedia Pustaka Hal : 1-7.

¹⁸ Ibid. 2010. Hal : 55-84.

- d) Buah : Adas, Jeruk, Jintan, Kemukus, Anis, Ketumbar.
- e) Bunga : Cengkeh, Kenanga, Ylang-ylang, Melati, Sedap malam, Cemopaka kuning, Daun seribu, Gandasuli kuning, Srikanta, Angsana, Srigading.
- f) Kulit kayu : Kayu manis, Akasia, Lawang, Cendana, Masoi, Selasih, Sintok.
- g) Ranting : Cemara gimbang, Cemara kipas.
- h) Rimpang : Jahe, Kunyit, Bangel, Baboan, Jeringau, Kencur, Lengkuas, Lempuyang sari, Temu hitam, Temulawak, Temu putri.
- i) Seluruh bagian : Akar kucing, Bandotan, Inggau, Selasih, Sudamala, Trawas.¹⁹

a. Kayu Putih

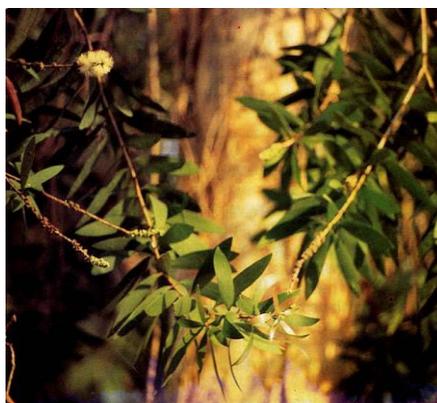
Klasifikasi tumbuhan kayu putih adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Myrtales
Famili	: Myrtaceae
Genus	: Melaleuca
Spesies	: <i>Melaleuca leucadendra</i>

Tinggi tanaman kayu putih dapat mencapai 12 meter. Tanaman ini tumbuh di daerah dataran rendah dan dataran tinggi. Sentra tanaman kayu putih berada di Maluku, daerah sekitar sungai Musi, Sulawesi Tenggara, NTT, dan Papua. Bagian tanaman kayu putih yang dapat disuling menjadi minyak atsiri adalah daunnya. Panen perdana daun kayu putih dilakukan pada umur 24 bulan, selanjutnya panen dilakukan setiap 6 bulan. Waktu panen sangat memengaruhi rendamen minyak yang dihasilkan. Panen sebaiknya dilakukan pada pagi hari. Rendamen minyak kayu putih adalah

¹⁹ Agus Kardian. 2005. *Tanaman Penghasil Minyak Atsiri, Komoditas Wangi Penuh Potensi*. Jakarta: Agromedia Pustaka. Hal: 25.

sekitar 0,8-2,0%.²⁰ komponen kimia yang terdapat pada minyak atsiri kayu putih adalah Alfa-Pinena, Beta-pinena, Beta-Mirsena, Sineol, Beta-Linalool, Alfa-Terpineol, Kariofilena, Isokariofilena, Alfa-Kariofilena, dan Patchulana.²¹



Gambar 2.10 Kayu Putih

b. Alfa-Pinena

Suatu α -pinena merupakan senyawa organik dari kelas terpena, salah satu dari dua isomer pinena, Ini adalah alkena dan berisi cincin beranggota empat-reaktif. Kedua enantiomer dikenal di alam; 1S, 5S-atau (-)- α -pinena lebih umum di Eropa, sedangkan 1R, 5R-atau (+)- α -isomer lebih umum di Amerika Utara. Campuran rasemat hadir dalam beberapa minyak seperti minyak kayu putih.

Cincin beranggota empat dalam α -pinena membuatnya menjadi hidrokarbon reaktif, rawan rangka penyusunan ulang seperti penataan ulang *Wagner-Meerwein*. Misalnya, upaya untuk melakukan hidrasi atau penambahan hidrogen halida dengan alkena biasanya menyebabkan produk diatur kembali.

Monoterpen, adalah salah satu spesies pokok alpha-pinena yang dihasilkan dalam jumlah besar oleh vegetasi, dan emisi ini dipengaruhi oleh suhu dan intensitas cahaya. Dalam suasana alpha-pinena mengalami

²⁰ Meika Syahbana Rusli. 2010. *Sukses Memproduksi Minyak Atsiri*. Agromedia Pustaka. Hal : 45.

²¹ Y. Jamal. 1995. *Identifikasi Komponen Kimia MInyak Atsiri Kayu Putih*. Bogor: Prosiding Seminar Ilmiah FMIPA. Universitas Pakuan. Hal : 165-168.

reaksi dengan ozon, OH radikal atau radikal NO_3 , menyebabkan spesies rendah volatilitas, sebagian mengembun pada aerosol yang ada, sehingga menghasilkan sekunder Organik Aerosol. Ini telah ditunjukkan dalam percobaan laboratorium untuk berbagai-mono dan seskuiterpen 5. Produk dari Alfa-Pinena yang telah diidentifikasi secara eksplisit adalah *Pinonaldehyde*, *Norpinonaldehyde*, Asam Pinic, Asam Pinonic dan Asam Pinalic.²²

Terpentin adalah zat semi-fluida yang terdiri dari dua komponen utama, zat terpentin (bagian *volatile* juga dikenal sebagai minyak *turps* terpentin) dan jenis damar (bagian *nonvolatile* juga dikenal sebagai *Colophony*). Terpentin diteteskan dari pohon jenis Konifera. Terpentin mentah disuling melalui uap menjadi minyak komersial terpentin. Minyak terpentin murni adalah cairan berminyak transparan dengan bau yang tajam dan rasa yang khas. Terpentin bukanlah zat murni tetapi campuran kompleks terpena, terutama proporsi besar Pinena (Hidrokarbon Monoterpenic Bisiklik), suatu senyawa dari kapur barus yang diproduksi. Terpena merupakan kelas dari Hidrokarbon alami kerangka karbon tidak jenuh yang terdiri eksklusif dari unit C_5 Isoprena ($\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)\text{-CH} = \text{CH}_2$), yang terdiri dari lima atom karbon yang melekat pada delapan atom Hidrogen (C_5H_8). Monoterpene Pinena adalah yang paling banyak. Ada dua isomer disebut alpha (atau beta) Pinena. Titik didih bentuk alfa pada $156\text{-}160^\circ\text{C}$, dan dari bentuk beta mendidih pada $164\text{-}169^\circ\text{C}$. Zat ini digunakan sebagai pelarut untuk cat, *coating* dan formulasi lilin, sebagai perantara untuk resin dan untuk kapur barus, Aldehid Mentol, Campholenic dan Terpeneol, serta digunakan sebagai aditif minyak pelumas. *Myrcene*, salah satu bahan kimia paling penting yang digunakan dalam industri wewangian, diperoleh dari Beta-Pinena melalui pirolisis.

Kelas senyawa alami terutama pada tumbuhan sebagai konstituen dari minyak atsiri yang terdiri kerangka karbon eksklusif dari unit C_5 Isoprena ($\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)\text{-CH} = \text{CH}_2$). Kebanyakan Terpene Hidrokarbon dengan rumus molekul (C_5H_8) dalam suatu struktur siklik atau asiklik,

²² J. R. Odum Hoffmann. 1996. *Gas/particle partitioning and secondary organic aerosol yields*. Environmental Science and Technology. 30. Hal : 2580-2585.

jenuh atau tak jenuh, sedangkan Terpenoid yang mengandung Oksigen analog dari Terpene seperti Alkohol, Aldehida, atau Keton yang mengandung gugus Hidroksil atau gugus Karbonil. Beberapa vitamin, hormon, rasa dan *flavours* dan lateks Terpenoid. Terpene yang mengandung 30 atau lebih karbon biasanya dibentuk oleh fusi dua prekursor terpene dengan teratur, biasanya *head-to-tail* tampaknya dilanggar. Mereka berbeda satu sama lain tidak hanya di kelompok fungsional tetapi juga dalam kerangka dasar mereka karbon.²³

c. Kimia Minyak Atsiri

Ditinjau dari segi kimia fisika, minyak atsiri hanya mengandung dua golongan senyawa, yaitu Oleoptena dan Stearoptena. Oleoptena adalah bagian Hidrokarbon di dalam minyak atsiri dan berwujud cairan. Umumnya senyawa golongan Oleoptena ini terdiri atas senyawa Monoterpena. Sedangkan, Stearoptena adalah senyawa Hidrokarbon teroksigenasi yang umumnya berwujud padat. Senyawa ini umumnya terdiri dari senyawa turunan Oksigen (O_2) dari Terpene.

Komponen kimia minyak atsiri sangat kompleks, tetapi biasanya tidak melebihi dari 300 senyawa. Yang menentukan aroma minyak atsiri adalah komponen yang persentasenya tinggi. Beberapa jenis minyak atsiri memiliki kandungan senyawa Terpene dalam porsi yang sangat besar. Senyawa Terpene ini dibangun dari unit Isoprena yang dibentuk dari Asam Asetat melalui jalur Asam Mevalonat yang rantai samping sehingga membentuk C_5 yang memiliki 2 ikatan tidak jenuh (ikatan ganda). Terpene dalam minyak atsiri umumnya berbentuk Monoterpena yang terdiri atas 2 unit Isoprene yang bergabung menurut kaidah kepala-ekor.

Kelompok komponen besar lainnya dalam minyak atsiri adalah senyawa Fenilpropena. Kelompok senyawa ini terdiri dari cincin fenil (C_6) dengan Propena, (C_3) sebagai rantai samping. Senyawa yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah Sinamaldehida, Eugenol, Anetol, Metal

²³ J. L. Simonsen. (1957). *The Terpenes (2nd edition)* Vol. 2 Cambridge:Cambridge University Press. Hal : 105-191.

Salisilat, dll. Kelompok senyawa ini di dalam minyak atsiri umumnya terdapat dalam bentuk senyawa Fenol atau Ester Fenol.

Struktur molekul dan stereokimia dari komponen minyak atsiri secara nyata sangat menentukan respon penciuman terhadap bau yang ditimbulkan oleh senyawa tersebut. Isomer geometri, yaitu orto, meta, cis dan trans adalah dua hal yang sangat menentukan mutu dan kekuatan aroma minyak atsiri.²⁴

3. *Sansevieria*

Sansevieria merupakan tanaman hias yang termasuk dalam kategori tanaman hias berdaun indah. Daun tanaman ini meruncing dan menjulai seperti lidah, berwarna hijau disertai bercak hitam seperti loreng, dan memiliki aksent warna di bagian tepi daun. Tanaman ini juga memiliki bau yang menyengat.

Klasifikasi lidah mertua (*Sansevieria*) adalah sebagai berikut :

Kindom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Sub Kelas	: Liliidae
Ordo	: Liliales
Famili	: Agavaceae
Genus	: <i>Sansevieria</i>
Spesies	: <i>Sansevieria trifasciata</i>

²⁴ Andria Augusta. 2000. *Minyak Asiri Tumbuhan Tropika Indonesia*. Hal : 8-16.



Gambar 2.11 Lidah mertua (*Sansevieria*)

a. Penyebaran Tanaman

- 1) Sumatra : Ki Kolo, Letah menyawak (Sumatra), Lidah Buwaya (Melayu).
- 2) Jawa : Nanas Belanda (Sunda), Pacing Towo (Jawa), Mandafika (Madura).

b. Deskripsi Tanaman

- 1) Habitus : Tema, tahunan, tinggi 0,4-1,8 m.
- 2) Batang : Membentuk rimpang, bulat, kuning oranye.
- 3) Daun : Tunggal, roset akar, 2-6 per tanaman, bentuk lanset, panjang 15- 150 cm, lebar 4-9 cm, licin, hijau bernoda putih/kuning.
- 4) Bunga : Majemuk, bentuk tandan, di ujung akar rimpang, bertangkai panjang, tandan bunga panjang 40-85 cm, berkas bunga berbilang 5-10, daun pelindung menyerupai selaput kering, papan sari 6, menempel pada tabung mahkota bagian atas, kepala putik membulat, dasar mahkota membentuk tabung, panjang lebih dari 1 cm, ujung berbagi 6, putih kekuningan.

Tanaman ini beraneka jenis & unik. Kecantikan *Sansevieria* ditunjukkan dari ragam jenis, bentuk dan warna daun. Ragam jenis *Sansevieria* yang ada di alam ini tidak hanya diperoleh dari persilangan

tanaman tetapi juga karena mutasi. Tanaman *Sansevieria* ini mudah mengalami mutasi. Bahkan saat dilakukan pengembangbiakan melalui stek daun, yang seharusnya anaknya akan seperti induknya, namun pada *Sansevieria* akan sering terjadi mutasi sehingga anaknya berbeda dengan induknya. Kenyataan inilah yang menjadikan ragam jenis *Sansevieria* semakin bertambah banyak.

Selain itu keunikan juga ditunjukkan oleh tanaman ini melalui ragam bentuk, ukuran, dan warna daun. Berbagai ukuran daun baik yang besar atau yang kecil; bentuk yang memanjang atau yang pendek, melebar atau membulat ; juga corak warna yang juga beragam.

Tanaman hias ini juga mudah tumbuh. Mampu tumbuh di ruangan yang sangat minim cahaya dan pada tempat yang mendapat cahaya penuh. Tetap tumbuh pada kondisi kering sehingga jika beberapa hari tidak disiram pun tanaman ini masih mampu tumbuh. Tak banyak membutuhkan pupuk sehingga tidak diperlukan pemupukkan yang terlalu sering. Media tumbuhnya hanya memerlukan media pasiran tanpa harus meramu media yang lebih khusus. Demikianpun dengan pembudidayaannya, sangat sederhana dan mudah.

Selain tanaman *Sansevieria* ini sebagai penghias ruangan atau sebagai taman teras rumah. Juga dapat berguna sebagai obat tradisional. Beberapa jenis tanaman *Sansevieria* ternyata juga dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional. Contohnya *Sansivieria trifasciata laurentii* sebagai obat diabetes.

Manfaat lainnya adalah sebagai penyerap racun. Polusi dari asap rokok juga mampu dinetralisir oleh tanaman *Sansevieria*. Oleh karena itu, keberadaan tanaman *Sansevieria* di dalam ruangan sangat baik karena akan mampu menyerap asap rokok. *Sansivieria* juga sering diletakkan di pojok-pojok dapur maupun di pojok kamar mandi untuk meredam bau yang tidak sedap.

Hasil penelitian Badan Antariksa Amerika Serikat (NASA) selama 25 tahun membuktikan bahwa tanaman *Sansivieria* atau lidah mertua mampu menyerap 107 unsur yang terkandung dalam polutan udara. *Wolverton Environmental Service* mengungkapkan bahwa lidah mertua dapat menyerap

senyawa kimia berbahaya, seperti *Formaldehyde*, *Chloroform*, *Benzene*, *Xylene*, *Trichloroethylene*, dan lain-lain.²⁵

Di samping lidah mertua (*Sansevieria*) ini memiliki beberapa manfaat, daun rimpang dari *Sansivieria trifasciata* juga terkandung saponin, kardenolin, dan Polifenol.²⁶ Zat Polifenol terdiri dari dua senyawa yaitu Favonoid dan Asam Fenolat. Flavonoid, yang terdiri dari Antosianin dan Katekin, sangat efektif digunakan sebagai anti oksidan. Zat Polifenol banyak ditemukan dalam buah-buahan, sayur-sayuran, serta biji-bijian. Manusia biasa mengkonsumsi Polifenol sampai 23 mg dalam sehari. Khasiat dari Polifenol adalah antimikroba dan menurunkan kadar gula darah. Senyawa Polifenol berperan sebagai penangkap radikal bebas hidroksil sehingga tidak mengoksidasi lemak, protein, dan DNA di dalam sel. Kemampuan Polifenol dalam menangkap radikal bebas 100 kali lebih efektif dibandingkan dengan vitamin C, dan 25 kali lebih efektif dari vitamin E. Polifenol juga terbukti mampu menghambat oksidasi, yang terlibat dalam perkembangan penyempitan pembuluh darah atau arterosklerosis.²⁷

4. Glikosida

Glikosida merupakan salah satu kandungan aktif tanaman yang termasuk dalam kelompok metabolit sekunder. Di dalam tanaman Glikosida tidak lagi diubah menjadi senyawa lain, kecuali bila memang mengalami peruraian akibat pengaruh lingkungan luar (misalnya terkena panas dan teroksidasi udara).

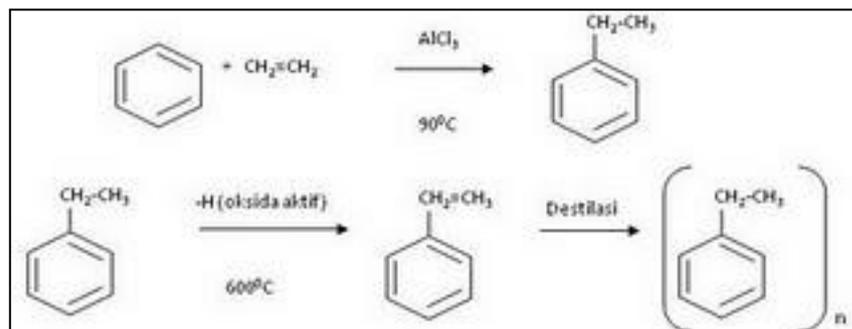
Glikosida adalah senyawa yang terdiri atas gabungan dua bagian senyawa, yaitu gula dan bukan gula. Keduanya dihubungkan oleh suatu bentuk ikatan berupa jembatan Oksigen (O – glikosida, *dioscin*), jembatan Nitrogen (N-glikosida, *Adenosine*), jembatan Sulfur (S-glikosida, *Sinigrin*), maupun jembatan Karbon (C-glikosida, *barbaloin*). Bagian gula biasa disebut Glikon sedangkan bagian bukan gula disebut sebagai aglikon atau genin. Apabila

²⁵ Aprianti.2008. *Sansivieria di Puncak Takhta*. Jakarta : Trubus. Hal: 24.

²⁶ *Sansevieria Dan Daya Tariknya*, (<http://www.kipsaint.com>, diakses pada 3 Juni 2013).

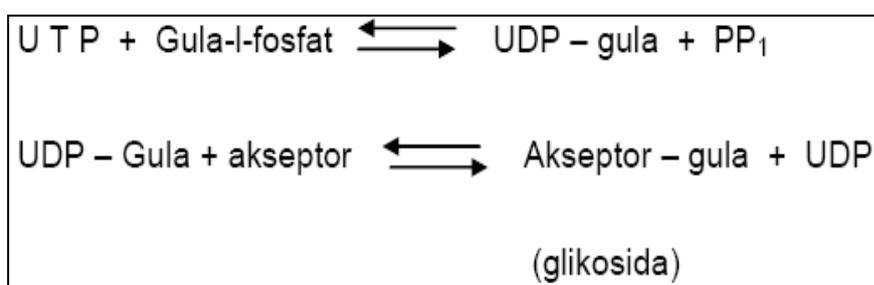
²⁷ Riawan S. 2007. *Kimia Organik Jilid 1*. Jakarta : Bina Rupa Aksara. Hal: 56.

Glikon dan Aglikon saling terikat maka senyawa ini disebut sebagai Glikosida.²⁸



Gambar 2.12 Reaksi Pembentukan Glikosida²⁹

Hasil-hasil penyelidikan telah menunjukkan bahwa jalan reaksi utama dari pembentukan Glikosida meliputi pemindahan (transfer) gugusan Uridilil dari Uridin Trifosfat kesuatu gula-1-fosfat. Enzim-enzim yang bertindak sebagai katalisator pada reaksi ini adalah Uridilil Transferase (a) dan telah dapat diisolasi dari binatang, tanaman, dan mikroba. Sedang gula fosfatnya dapat Pentosa, Heksosa dan turunan gula lainnya. Pada tingkat reaksi berikutnya enzim yang digunakan adalah Glikolisis Transferase (b), di mana terjadi pemindahan (transfer) gula dari Uridin Difosfat kepada akseptor tertentu (Aglikon) dan membentuk Glikosida.



Gambar 2.13 Reaksi Pembentukan Glikosida

²⁸ *Glikosid*, (<http://www.nadjeeb.wordpress.com>) diakses pada 30 Juni 2013.

²⁹ *all4chemistry*, (www.blogspot.com/2010/06/polistirenaa) di akses pada 6 Juni 2013.

a. Fungsi Glikosida

Secara umum arti penting Glikosida bagi manusia adalah untuk sarana pengobatan dalam arti luas yang beberapa di antaranya adalah sebagai obat jantung, pencahar, pengiritasi lokal, analgetikum dan penurunan tegangan permukaan.

Beberapa fungsi, hipotesa dan teori tentang adanya Glikosida dalam tanaman :

1. Fungsi Glikosida sebagai cadangan gula temporer.

Teori Pfeffer mengatakan bahwa Glikosida adalah merupakan cadangan gula temporer (cadangan gula sementara) bagi tanaman. Cadangan gula di dalam bentuk ikatan Glikosida ini tidak dapat diangkut dari sel satu ke sel yang lain, oleh karena adanya bagian Aglikon.

2. Proses pembentukan Glikosida merupakan proses detoksikasi.

Pada tahun 1915, Geris mengatakan bahwa proses sintesa senyawa Glikosida adalah merupakan proses detoksikasi, sedang Aglikonnya merupakan sisa metabolisme.

3. Glikosida sebagai pengatur tekanan turgor.

Teori Wasicky mengatakan bahwa setelah diadakan percobaan-percobaan pada tanaman digitalis, ternyata bahwa Glikosida mempunyai fungsi sebagai pengatur tekanan turgor di dalam sel.

4. Proses Glikosida untuk menjaga diri terhadap pengaruh luar yang mengganggu. Teori ini menyatakan bahwa proses glikosidasi di dalam tanaman dimaksudkan untuk menjaga diri terhadap serangan serangga atau binatang lain dan untuk mencegah timbulnya penyakit pada tanaman.

5. Glikosida sebagai petunjuk sistematik.

Adanya Glikosida di dalam tanaman, meskipun masih sangat tersebar, dapat digunakan sebagai salah satu cara mengenal tanaman secara sistematik, baik dari Aglikonnya, bagian gulanya maupun dari Glikosidanya sendiri. Sebab ada beberapa Glikosida, Aglikon atau gula yang hanya terdapat di dalam tanaman atau familia tertentu.

6. Menurut hasil penelitian Fuch dan kawan-kawan (1952), ternyata bahwa di dalam waktu 24 jam tidak terdapat perubahan yang berarti pada kadar Glikosida baik ditinjau dari sudut biologi maupun secara kimiawi. Juga

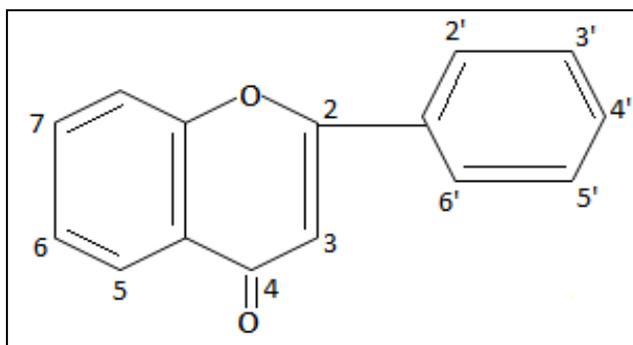
pada tanaman yang ditempatkan pada tempat yang gelap selama 24 jam, tidak ada perubahan kadar Glikosida.³⁰

b. Uraian mengenai Glikosida yang Dikandung pada Tanaman *Sansivieria* :

1) Glikosida Flavanoid

Senyawa Flavanoid biasanya terdapat dalam tumbuh-tumbuhan sebagai Glikosida, di mana satu atau lebih dari gugus Hidroksi Fenol berikatan dengan sisa gula.

Gugus Hidroksil selalu terdapat pada posisi lima dan tujuh dalam cincin A, di mana cincin B umumnya membawa gugus Hidroksil atau Alkosil pada posisi 4 atau pada posisi pada 3' dan 4'.



Gambar 2.14 Flavanoid

Flavanoid terdapat dalam semua bagian dari tumbuh-tumbuhan, pada buah, kulit akar, dan daun.

Umumnya Flavanoid dapat disari dari tanaman segar atau bubuk kering dengan menggunakan pelarut Etanol dan Methanol. Jika pada sari Etanol ditambahkan sedikit serbuk Magnesium, lalu ditambahkan tetes demi tetes HCL pekat akan timbul berbagai warna yaitu jingga-merah, menunjukkan adanya golongan Flavon dan dari merah sampai merah tua menunjukkan adanya golongan Flavonon.

Kedudukan gugus Hidroksil juga dapat ditentukan pada beberapa posisi berdasarkan kemampuan membentuk kompleks logam (8,14).

³⁰ Anna Poedjiadi. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Press.

Flavonoid tak terdapat bebas di alam, tetapi selalu berikatan dengan gula membentuk Glikosida. Hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan asam atau enzim. Glukonnya sering terdiri dari satu atau dua molekul Monosakarida atau Disakarida.

2) Glikosida Saponin.

Saponin yang terkandung pada *Sansivieria* adalah segolongan senyawa Glikosida yang mempunyai struktur Steroid dan mempunyai sifat-sifat khas dapat membentuk larutan koloidal dalam air dan membui bila dikocok. Glikosida Saponin adalah Glikosida yang Aglikonnya berupa Sapogenin. Glikosida Saponin bisa berupa Saponin Steroid maupun Saponin Triterpenoid.

Saponin merupakan senyawa berasa pahit menusuk dan menyebabkan bersin dan sering mengakibatkan iritasi terhadap selaput lendir. Saponin juga bersifat bisa menghancurkan butir darah merah lewat reaksi hemolisis, bersifat racun bagi hewan berdarah dingin, dan banyak di antaranya digunakan sebagai racun ikan.

Saponin bila terhidrolisis akan menghasilkan Aglikon yang disebut Sapogenin. Ini merupakan suatu senyawa yang mudah dikristalkan lewat asetilasi sehingga dapat dimurnikan dan dipelajari lebih lanjut. Saponin yang berpotensi keras atau beracun seringkali disebut sebagai saptotoksin.

Menurut SOBOTKA :

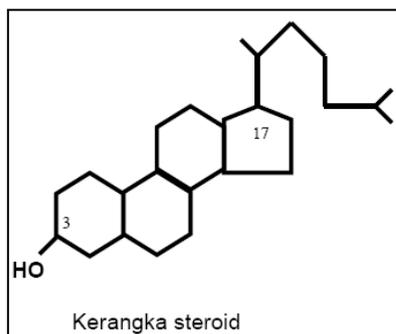
1. Saponin merupakan turunan dari Hidrokarbon yang jenuh dari Siklopentano Perhidrofenantren.
2. Juga dapat merupakan turunan yang tak jenuh dari Siklopentano Perhidrofenantren.³¹

3) Struktur kimiawi

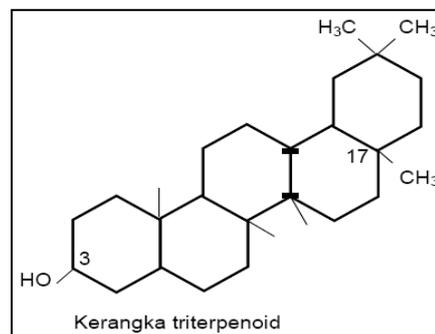
Berdasarkan struktur Aglikonnya (sapogeninnya), Saponin dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu tipe Steroid dan tipe Triterpenoid. Kedua senyawa ini memiliki hubungan glikosidik pada atom C-3 dan memiliki asal

³¹ Didik Gunawan. 2004. *Ilmu Obat Alam* (Farmakognosi) Jilid 1. Jakarta: Penebar Swadaya.

usul biogenetika yang sama lewat asam Mevalonat dan satuan-satuan Isoprenoid.³²



Gambar 2.15 Kerangka Steroid



Gambar 2.16 Kerangka Triterpenoid

5. Papan Semi Sintetik

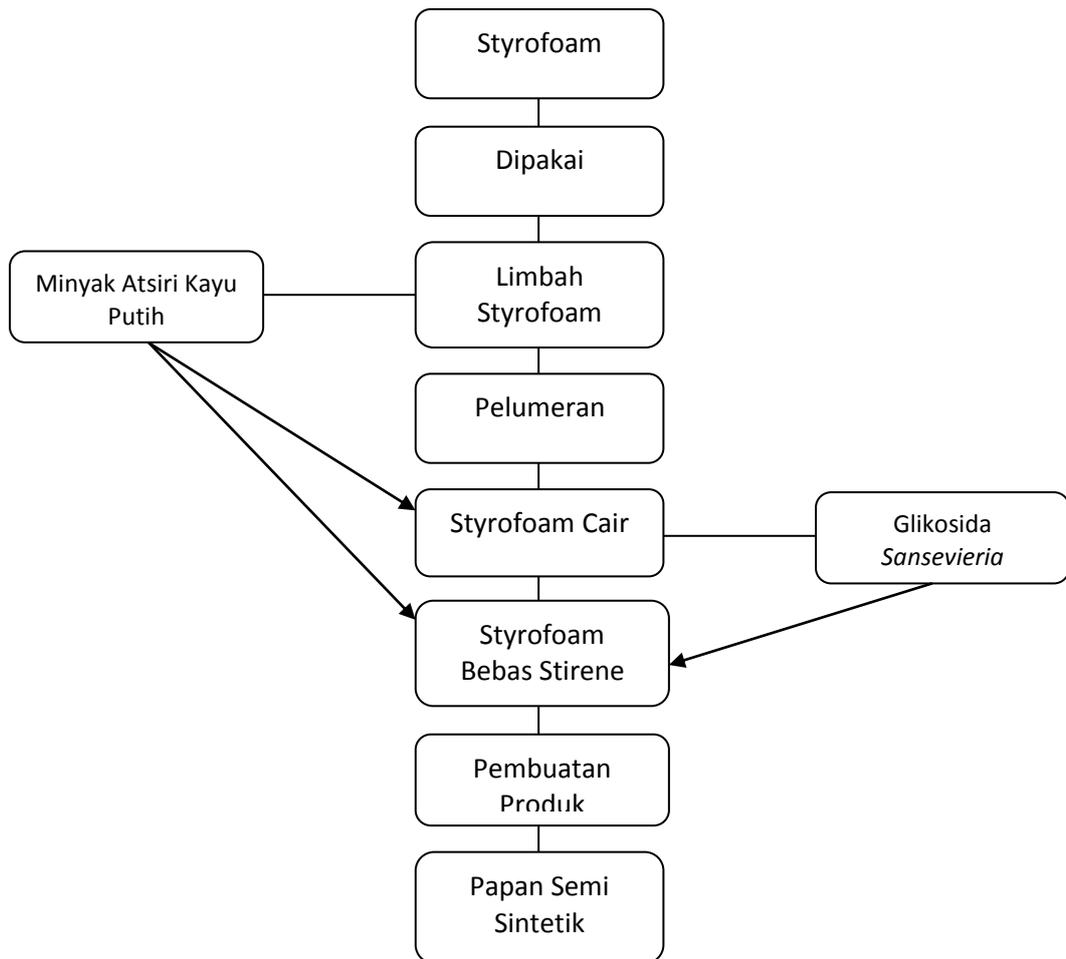
Papan dalam arti yang umum adalah suatu lapisan yang memiliki suatu ketebalan dan diameter tertentu. Papan semi sintetik adalah papan yang terbuat dari perpaduan fiber sintetik dan bahan alami. Papan biasa digunakan untuk material dalam pembuatan produk furniture atau produk seni kerajinan tangan yang menjadi kebutuhan manusia.

B. Hipotesis

1. Minyak atsiri kayu putih dapat melumerkan *Styrofoam*.
2. *Styrofoam* cair yang dicampur dengan serat *Sansevieria* dapat diolah menjadi serat papan semi sintetik.
3. Senyawa Alfa Pinena pada minyak atsiri kayu putih dan Glikosida pada *Sansevieria* dapat mereduksi Monomer Stirena pada *Styrofoam*.
4. Daya tegangan papan Styvera (papan semi sintetik) tidak berbeda jauh dengan daya tegangan papan sintetik di pasaran.

³² Tim Dosen. Farmakognosi I. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Makasar: UNHAS.

C. Kerangka Berfikir



Styrofoam yang dipakai oleh masyarakat di dunia akan menghasilkan limbah *Styrofoam* yang dapat berdampak buruk bagi lingkungan dan bagi tubuh manusia sendiri karena memiliki Monomer Stirena di dalamnya. Peneliti melakukan pelumeran *Styrofoam* menjadi *Styrofoam* cair dengan menggunakan minyak atsiri kayu putih. Setelah itu, *Styrofoam* cair akan dibebaskan dari Monomer Stirena dengan dicampurkan minyak atsiri dan Glikosida pada tanaman *Sansevieria*. Setelah *Styrofoam* cair bebas dari Monomer Stirena, *Styrofoam* cair tersebut akan dibuat menjadi papan semi sintetik melalui wadah berbahan inert terhadap bahan sebagai alat yang berfungsi untuk pembuatan produk.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Tabel 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Waktu	Tempat
1	Studi Literatur	1-22 November 2012	Rumah Peneliti dan Perpustakaan LIPI
2	Perizinan laboratorium	20-22 Maret 2013	Lab Pengemasan Dept. TIP IPB
3	Proses pelumeran <i>Styrofoam</i>	30 Maret 2013	Lab Pengemasan Dept. TIP IPB
4	Pembuatan bahan dasar papan "Styvera" (pencampuran <i>Styrofoam</i> cair dengan serat <i>Sansevieria</i>)	1 April 2013	Lab Pengemasan Dept. TIP IPB
5	Pembuatan Produk papan semi sintetik	5 April 2013	Lab Pengemasan Dept. TIP IPB
6	Pengujian GC/MS	10 April 2013	Lab GC/MS (Proses) LEMIGAS
7	Pengujian Analisa Spektrum Infra Merah (FTIR)	1 Juni 2013	Lab FTIR PUSPIPTEK LIPI
8	Tahap Evaluasi data uji FTIR dan GC/MS	16 Juni 2013	Lab FTIR PUSPIPTEK LIPI
9	Uji Ketahanan Jatuh Produk Papan Styvera	2-9 Juli 2013	Lab Pengemasan Dept. TIP IPB
10	Pembuatan laporan akhir penelitian	28 Juni-15 Agustus 2013	Rumah Peneliti

B. Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental. Eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan cara eksperimen. Eksperimen ini dilakukan terhadap :

1. Mencairkan *Styrofoam* dengan menggunakan metode pelumeran dengan minyak atsiri kayu putih terkondisi wadah pencairan.
2. Metode Analisa Spektrum Infra Merah (FTIR) untuk mendeteksi gugus fungsi dari sampel yang digunakan. Analisa spektrum ini digunakan untuk mendeteksi senyawa-senyawa yang saling berikatan satu sama lain.
3. Kadar Monomer Stirena & zat-zat berbahaya lain yang ada di *Styrofoam*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode tujuan umum untuk penyusunan senyawa organik yang mudah menguap (VOCs) di tanah / sedimen, limbah padat, cair sampel air dan air-*miscible* untuk penentuan dengan gas kromatografi / spektrometer massa (GC / MS). Metode ini diterapkan pada berbagai macam senyawa organik yang memiliki volatilitas (tingkat penguapan) yang cukup tinggi untuk secara efektif dihapus dari sampel menggunakan prosedur *headspace equilibrium*. Eksperimen ini dilakukan di laboratorium Proses di Pusat Pengembangan Penelitian Teknologi Minyak dan Gas bumi (PPPTMGB) Lembaga Minyak Dan Gas Bumi (LEMIGAS) Jakarta dan laboratorium Pengemasan Departemen Teknologi Industri Pertanian (TIP) Institut Pertanian Bogor. Pada penelitian yang bersifat dokumentatif, penulis mengambil referensi yang berasal dari buku, skripsi, koran, dan jurnal-jurnal internasional.

C. Instrumen Penelitian

1. Bahan

- a. Bahan yang digunakan untuk mengolah *Styrofoam* menjadi *Styrofoam* cair adalah :
 - 1) *Styrofoam*.

- 2) Minyak atsiri tanaman kayu putih (Minyak Kayu Putih) hasil penyulingan.
- b. Sedangkan, bahan yang digunakan sebagai bahan pembuatan papan semi sintetik adalah :
- 1) *Styrofoam*.
 - 2) Minyak Atsiri Kayu Putih.
 - 3) Serat *Sansevieria trifasciata laurentii* .
- c. Adapun bahan yang digunakan untuk penentuan kandungan *Monomer Stirena* pada *Styrofoam* dengan FTIR adalah sebagai berikut :
- 1) *Styrofoam*
 - 2) 10 ml *Chloroform* (CHCl_3)
 - 3) 20 ml Minyak kayu putih
 - 4) 20 gram serat *Sansevieria trifasciata laurentii*
 - 5) Cairan Parafin / Nugol
- d. Adapun bahan yang digunakan untuk penentuan kandungan *Monomer Stirena* pada *Styrofoam* dengan GC/MS adalah sebagai berikut :
- 1) *Styrofoam*
 - 2) 10 ml *Chloroform* (CHCl_3)
 - 3) 20 ml Minyak kayu putih
 - 4) 20 gram serat *Sansevieria trifasciata laurentii*
- e. Bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan papan semi sintetik :
- 1) Wadah lingkaran kaca / seng.
 - 2) Penutup wadah lingkaran.

2. Alat

- a. Alat yang digunakan dalam pengolahan *Styrofoam* menjadi *Styrofoam* cair adalah sebagai berikut :
- 1) Wadah berbahan kaca.
 - 2) Spatula.

- b. Sedangkan alat yang digunakan selama proses pengolahan *Styrofoam* cair sebagai papan semi sintetik adalah :
- 1) Blender.
 - 2) Wadah berbahan kaca.
- c. Alat yang digunakan dalam persiapan sampel *Styrofoam*, *Styrofoam*-minyak atsiri, dan *Styrofoam*-minyak atsiri-Serat *Sansevieria trifasciata laurentii* dengan menggunakan metode Analisa Spektrum Infra Merah (FTIR) adalah sebagai berikut :
- 1) Lumpang
 - 2) Mortar
 - 3) *Cel Plate*
 - 4) Pipet Tetes
 - 5) Spatula
- d. Alat yang digunakan dalam persiapan sampel *Styrofoam*, *Styrofoam*-minyak atsiri, dan *Styrofoam*-minyak atsiri-Serat *Sansevieria trifasciata laurentii* dengan menggunakan metode analisis GC/MS adalah sebagai berikut :
- 1) Mesin GC/MS.
 - 2) Komputer.
 - 3) Corong.
 - 4) Gelas ukur 100 mL.
 - 5) Kaki Tiga : sebagai penyangga gelas ukur.
 - 6) Labu ukur : sebagai tempat mengukur banyaknya larutan yang diperlukan.
 - 7) Masker.
 - 8) *Food processor*
 - 9) Timbangan digital : untuk menimbang *Styrofoam*.
 - 10) Gelas kimia
 - 11) Pinset.
 - 12) Pipet tetes.
 - 13) Pisau.
 - 14) Sarung tangan.

15) Spatula : untuk mengaduk larutan.

16) Tabung Erlenmeyer

e. Alat yang digunakan dalam pengujian tegangan papan :

- 1) Alat DDI Tester (Alat Pengukur Tegangan)
- 2) Penggaris
- 3) Timbangan digital

D. Teknik Pelumeran *Styrofoam*

1. Perlakuan terhadap *Styrofoam*

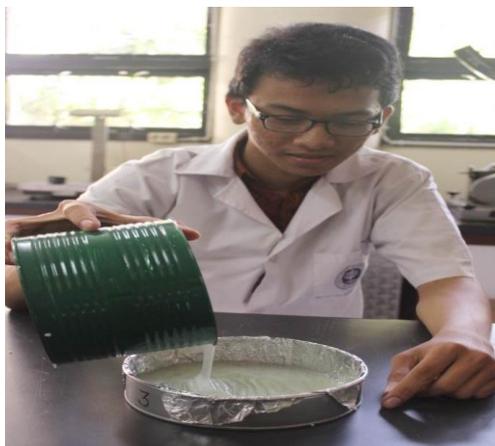
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah minyak atsiri dapat melumerkan *Styrofoam*, khususnya dilakukan dengan menggunakan minyak atsiri yang terkandung kayu putih. Kemudian, dari *Styrofoam* yang dicairkan tersebut akan dihasilkan bahan baku untuk pembuatan serat papan semi sintetik yang akan dipadukan dengan serat *Sansevieria*.

Styrofoam yang digunakan adalah *Styrofoam* pembungkus peralatan elektronik dan *Styrofoam* pembungkus makanan yang telah digunakan atau bekas pakai.

a. Prosedur pengujian pelumeran *Styrofoam* adalah :

- 1) Mencuci *Styrofoam* dengan akuades terlebih dahulu.
- 2) Menggunting *Styrofoam* hingga ukurannya lebih kecil supaya dapat dimasukkan ke dalam wadah botol kaca yang berbeda-beda.
- 3) Memasukkan *Styrofoam* ke dalam 3 botol kaca. Jumlah *Styrofoam* yang dimasukkan sebanyak 0,5 gram.
- 4) Menyiapkan minyak atsiri daun kayu putih dan memasukkan masing - masing minyak atsiri sebanyak 10 ml ke dalam 1 buah botol kaca yang sudah terisi *Styrofoam* 0,5 gram.
- 5) Tutup masing - masing wadah dengan penutupnya. Ukur lamanya proses hingga *Styrofoam* tersebut menjadi lumer.

- b. Sedangkan proses pengolahan dan pembuatan bahan dasar *Styrofoam* cair menjadi papan semi sintetik adalah :
- 1) Menyiapkan *Styrofoam*.
 - 2) Memasukkan *Styrofoam* sebanyak 20, 40, 60, 80, dan 100 secara bertahap ke dalam wadah kaca/seng.
 - 3) Memasukkan minyak kayu putih ke masing-masing wadah kaca/seng dengan perbandingan 1 : 40 dalam setiap perlakuan sampel yang diuji.
 - 4) Mendinginkan proses di atas hingga diperoleh *Styrofoam* cair.
 - 5) Selanjutnya, menghaluskan daun tanaman *Sansevieria* dengan menggunakan *food processor*.
 - 6) Setelah di dapat serat *Sansevieria*, lalu menyiapkannya sebanyak 20 gram.
 - 7) Memasukkan serat tanaman *Sansevieria* sebanyak 20 gram ke dalam masing-masing wadah tersebut dengan perbandingan 1 : 40. Kemudian tutup wadah dan biarkan selama kurang lebih 2 hari hingga warna *Sansevieria* berubah menjadi lebih halus dan diperoleh bahan dasar untuk uji kekuatan produk papan Styvera.



Gambar 3.1 “Proses Pembuatan Papan Styvera” dilihat dari tampak samping dan depan.

E. Metode Pembuatan Minyak Atsiri Kayu Putih

Adapun metode yang digunakan dalam membuat minyak kayu putih adalah sebagai berikut :

1. Memisahkan daun kayu putih dengan batang atau rantingnya.
2. Mengeringkan daun kayu putih hingga layu dengan cara dikeringkan di tempat teduh atau di dalam ruangan.
3. Memotong-motong menjadi ukuran lebih kecil (10-20 cm).
4. Memasukkan potongan daun kayu putih ke dalam ketel suling hingga kapasitasnya optimal, lalu memanaskan. Dalam proses ini, uap panas dan uap minyak mengalir melalui pipa menuju kondensor.
5. Di dalam kondensor, uap air dan minyak akan mengembun menjadi cairan.
6. Cairan berupa minyak dan air terpisah dengan sendirinya karena perbedaan berat jenis. Air berada di bagian bawah dan minyak berada di bagian atas.
7. Mengeluarkan ampas hasil penyulingan yang ada di dalam ketel suling.

F. Penentuan Gugus Fungsi Sampel yang Diamati dengan Analisa Spektrum Infra Merah (FTIR)

1. Haluskan sampel padatan kira-kira 10 mg dalam lumpang dan campur dengan cairan parafin atau Nujol.
2. Letakkan pasta di atas *cell plate*.
3. Letakkan pula *spacer* dengan ketebalan yang diperlukan.
4. Letakkan sampel di bagian tengah, dengan menggunakan spatula.
5. Letakkan *cell plate* yang lain kemudian tutup dengan metal plate di atasnya. Usahakan tidak terdapat gelembung.
6. Kencangkan plate dengan 4 *screws* yang tersedia dan jangan terlalu kencang, kencangkan perlahan-lahan secara diagonal.
7. Letakkan dalam tempat sampel kemudian ikuti langkah pada petunjuk pembuatan *spectrum* standar (sebelumnya lakukan pembuatan background terlebih dahulu, tempat sampel dalam keadaan kosong).

G. Penentuan *Monomer Stirena* dalam Styrofoam dengan GC/MS

1. Preparasi Sampel

- a. Persiapan sampel A (*Styrofoam dan Chloroform*) :
 - 1) Menimbang *Styrofoam* menggunakan timbangan digital dengan massa 0,5 gram ke dalam gelas kimia A.
 - 2) Memasukkan 10 ml *Chloroform* (CHCl_3) ke dalam gelas kimia tersebut, guna sebagai pelarut dalam sampel pertama.
 - 3) Mengambil *Styrofoam* terlarut sebanyak 1 ml ke dalam tabung sampel untuk dilakukan penginjeksian ke dalam kromatograf.
- b. Persiapan sampel B (*Styrofoam dan Minyak atsiri*) :
 - 1) Menimbang *Styrofoam* menggunakan timbangan digital dengan massa 0,5 gram ke dalam gelas kimia B.
 - 2) Memasukkan 10 ml minyak atsiri ke dalam gelas kimia B tersebut, guna membuat *Styrofoam* menjadi *Styrofoam* cair.
 - 3) Mengambil sampel pada gelas kimia B tersebut sebanyak 1 ml ke dalam tabung sampel untuk dilakukan penginjeksian ke dalam kromatograf.
- c. Persiapan sampel C (*Styrofoam, Minyak atsiri, dan Serat tanaman Sansevieria*) :
 - 1) Menimbang *Sansiviera* menggunakan timbangan digital dengan massa 0,5 gram ke dalam gelas kimia C.
 - 2) Memasukkan 10 ml minyak atsiri ke dalam gelas kimia C tersebut, guna membuat *Styrofoam* menjadi *Styrofoam* cair.
 - 3) Menyiapkan tanaman *Sansevieria* dan mencuci bersih.
 - 4) Menghaluskan daun tanaman *Sansevieria* tersebut ke dalam blender.

- 5) Setelah didapat serat tanaman *Sansevieria* tersebut, kemudian mencampurkannya ke dalam gelas C dengan massa 20 gram.
 - 6) Mendinginkan sampel selama 1 hari.
 - 7) Mengambil sampel pada gelas C tersebut sebanyak 1 ml ke dalam tabung sampel untuk dilakukan penginjeksian ke dalam kromatograf.
- d. Persiapan sampel STD Monomer Stirena, sebagai standar Monomer Stirena :
- Mengambil sampel STD Monomer Stirena sebanyak 1 ml ke dalam tabung sampel untuk dilakukan penginjeksian ke dalam kromatograf.

2. Kondisi Kromatograf

- a. Kromatograf yang dipakai dari Perkin Elmer (Norwalk, CT) tipe 8420 dilengkapi dengan 100-sample AS-300 autosampler dan detektor FID.
- b. Setelah diinjeksikan (*split injection*), FFA Akan dipisahkan dalam kolom (30 m panjang dan diameter dalam 0,53 mm) dengan fase *stationer* yang tebalnya 1,0 μm (katalog J 125 – 3232, J & W Scientific DBFAP Column; Folsom, CA).
- c. Sebagai gas pembawa dipakai Helium dengan tekanan pada kolom 152 k Pa.
- d. Suhu injektor dan detektor masing-masing 270⁰ dan 330⁰ C. Suhu kolom di program dengan dimulai pada suhu 220⁰ sampai 225⁰ C dengan kecepatan 1 C/menit. Pada suhu 225⁰ C ditahan selama 3,5 menit dan seterusnya dinaikkan ke 230⁰ C dengan kecepatan 5 C/menit, setelah oven dibiarkan pada suhu 230⁰ C selama 1,5 menit, kemudian didinginkan lagi.

H. Metode Pengujian Tegangan Papan

1. Setelah mempersiapkan bahan dasar papan Styvera.

2. Dilanjutkan tahap pembuatan bahan dasar papan Styvera dengan menggunakan alat ” wadah cetakan kaca/seng”.
3. Kemudian, proses pengujian dilakukan dengan membuat perbedaan jumlah sampel yang dipakai, yaitu papan Styvera yang terdiri dari 20, 40, 60, 80, dan 100 gram sampel berdasarkan wadah cetakan yang seragam dengan diameter 20 cm.
4. Lalu, mempersiapkan dengan memberikan nama masing-masing sampel papan Styvera untuk pengujian kekuatan tegangan jatuh dengan alat DDI Tester.
5. Menguji masing-masing tegangan papan dengan menggunakan alat pegas terhadap sampel papan Styvera yang terdiri dari 20, 40, 60, 80, dan 100 gram sampel dengan ketebalan papan yang berbeda-beda.
6. Mencatat hasil perbandingan setiap percobaan.

H. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melihat dari perkembangan setiap cara kerja.

I. Teknik Analisa Data

Hasil pengamatan yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dianalisa secara kualitatif dan kuantitatif. Analisa kualitatif dilihat dengan mengamati hasil dan analisa spektrum infra merah dan membandingkan penurunan kandungan kadar Monomer Stirena yang dapat dilihat dari metode analisa spektrofotometri FTIR dan analisa GC-MS di atas. Analisis kuantitatif dilakukan dengan cara pengolahan, daya renggang, kandungan papan semi sintetik dari limbah *Styrofoam* di atas.

BAB IV

HASIL & PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Pelumeran *Styrofoam* Dengan Minyak Atsiri Kayu Putih

Dalam pengujian kali ini, bertujuan untuk mengetahui kualitas pelumeran yang paling ideal dari perbandingan beberapa percobaan yang didasarkan pada kesamaan terhadap massa sampel *Styrofoam* dan volum minyak atsiri kayu putih. Serta didasarkan pada perbedaan luas botol kaca dan kecepatan waktu yang diperoleh dari masing-masing percobaan.

Tabel 4.1 Perbandingan Kualitas Pelumeran Terhadap Volume Gelas Kaca dan Waktu

Percobaan	Massa <i>Styrofoam</i> (g)	Volume Minyak Atsiri (ml)	Volume Gelas Kaca (cm ³)	Waktu
1	0,5	10	81π	10 menit 10 detik
2	0,5	10	$43,75\pi$	8 menit 23 detik
3	0,5	10	24π	4 menit 20 detik
4	0,5	10	16π	2 menit 58 detik

Pada percobaan pertama kondisi pelumeran menggunakan massa sampel *Styrofoam* sebesar 0,5 gram, volum minyak atsiri sebesar 10 ml, luas botol kaca sebesar 81π cm². Dalam hal ini percobaan pertama memiliki kualitas pelumeran *Styrofoam* yang kurang ideal karena memiliki kecepatan waktu pelumeran lumayan cepat, yaitu selama 10 menit 10 detik.

Pada percobaan kedua kondisi pelumeran menggunakan massa sampel *Styrofoam* sebesar 0,5 gram, volum minyak atsiri sebesar 10 ml, luas botol kaca sebesar $43,75\pi$ cm². Dalam hal ini percobaan kedua memiliki kualitas pelumeran

Styrofoam yang cukup ideal karena memiliki kecepatan waktu pelumeran tercepat, yaitu selama 8 menit 23 detik.

Pada percobaan ketiga kondisi pelumeran menggunakan massa sampel *Styrofoam* sebesar 0,5 gram, volum minyak atsiri sebesar 10 ml, luas botol kaca sebesar 24cm^2 . Dalam hal ini percobaan ketiga memiliki kualitas pelumeran *Styrofoam* yang cukup ideal karena memiliki kecepatan waktu pelumeran terlama, yaitu selama 4 menit 20 detik.

Pada percobaan keempat kondisi pelumeran menggunakan massa sampel *Styrofoam* sebesar 0,5 gram, volume minyak atsiri sebesar 10 ml, luas botol kaca sebesar $24\pi\text{ cm}^2$. Dalam hal ini percobaan keempat memiliki kualitas pelumeran *Styrofoam* yang paling ideal karena memiliki kecepatan waktu pelumeran tercepat, dibandingkan percobaan ke-1, ke-2 dan ke-3, yaitu selama 2 menit 58 detik.

B. Hasil Pembuatan Bahan Dasar Papan Styvera (Minyak Atsiri Cair & Serat *Sansevieria*)



Gambar 4.1 Styrofoam Cair



Gambar 4.2 Bahan Dasar Papan Stivera

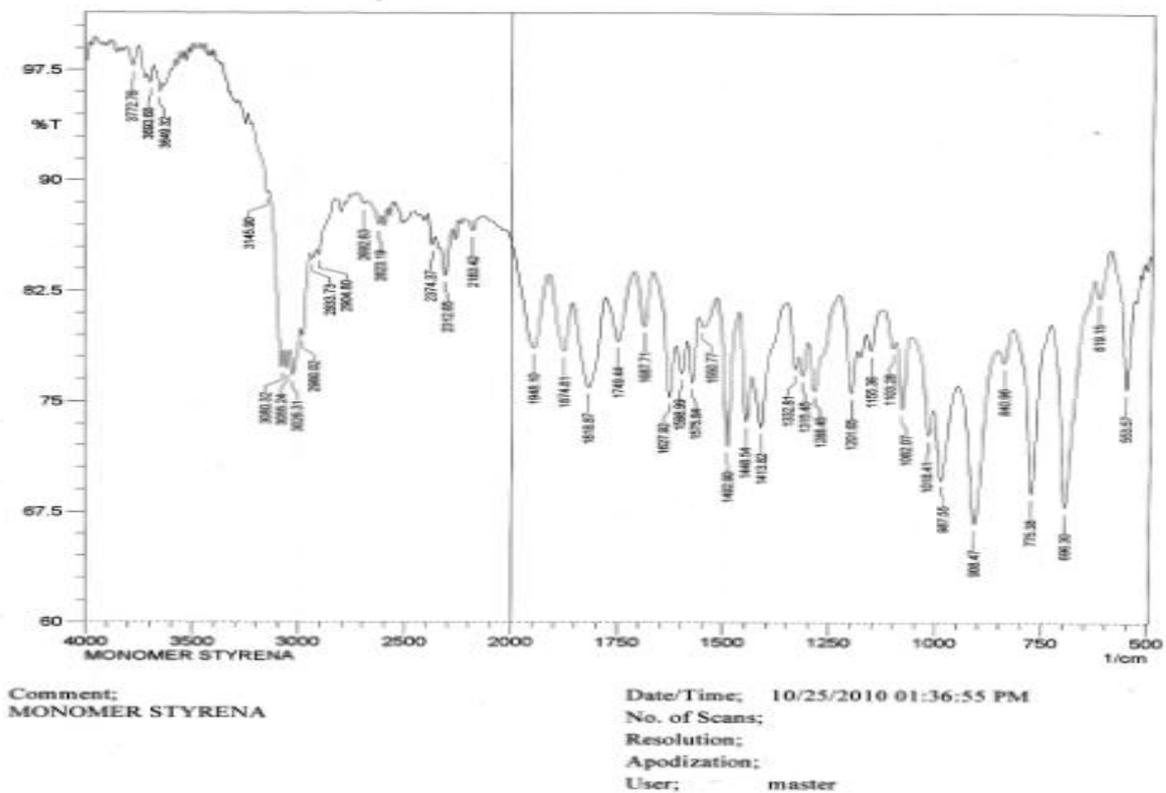
Pada gambar di atas merupakan hasil pelumeran *Styrofoam* sebesar 0,5 gram, dengan minyak atsiri sebesar 10 ml, luas botol kaca sebesar $24\pi\text{ cm}^2$. Dalam hal ini percobaan keempat memiliki kualitas pelumeran *Styrofoam* yang paling ideal karena memiliki kecepatan waktu pelumeran tercepat, dibandingkan percobaan ke-1, ke-2 dan ke-3, yaitu selama 2 menit 58 detik. Kandungan Monomer Stirena yang terkandung sebesar 0,02%. Pada gambar merupakan hasil bahan dasar untuk pembuatan papan Styvera dengan komposisi perbandingan *Styrofoam* : minyak atsiri : serat *Sansevieria*, 0,5 g : 10 ml : 20 g. Berdasarkan

data hasil analisa uji FTIR dan GC/MS telah terjadi pereduksian Monomer Stirena terhadap bahan dasar ini, sehingga memiliki kandungan Monomer Stirena menjadi sebesar 0,01%. Maka diperoleh bahan dasar pembuatan papan Styvera yang sudah tidak memiliki kandungan Monomer Stirena yang berbahaya bagi tubuh.

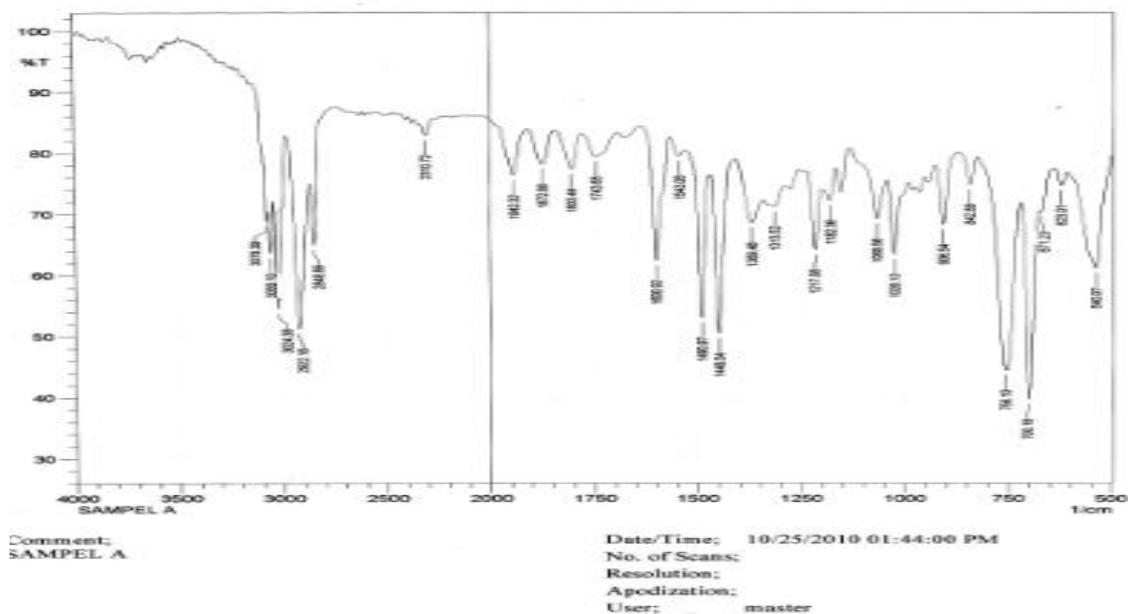
C. Hasil Pengujian Analisa Spektrum Infra Merah (FTIR)

Berikut merupakan hasil pengujian analisa spektroskopi FTIR yang bertujuan sebagai analisa kualitatif untuk melihat gugus fungsi pada senyawa yang diamati.

1. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel Monomer Stirena

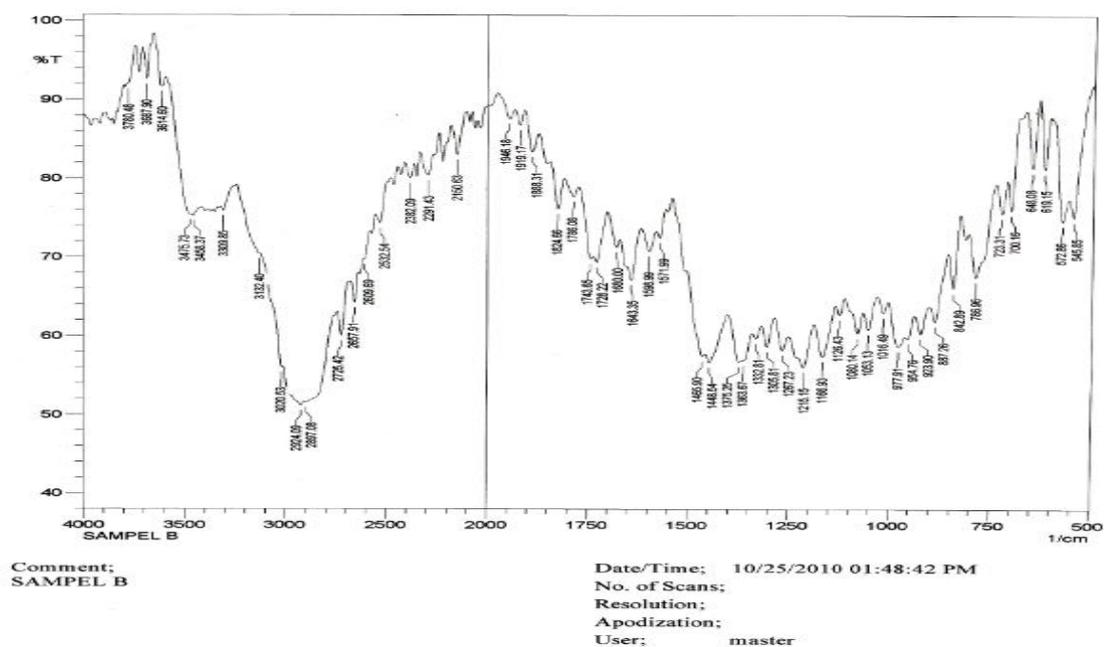


2. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel A (*Styrofoam* + *Chloroform*)



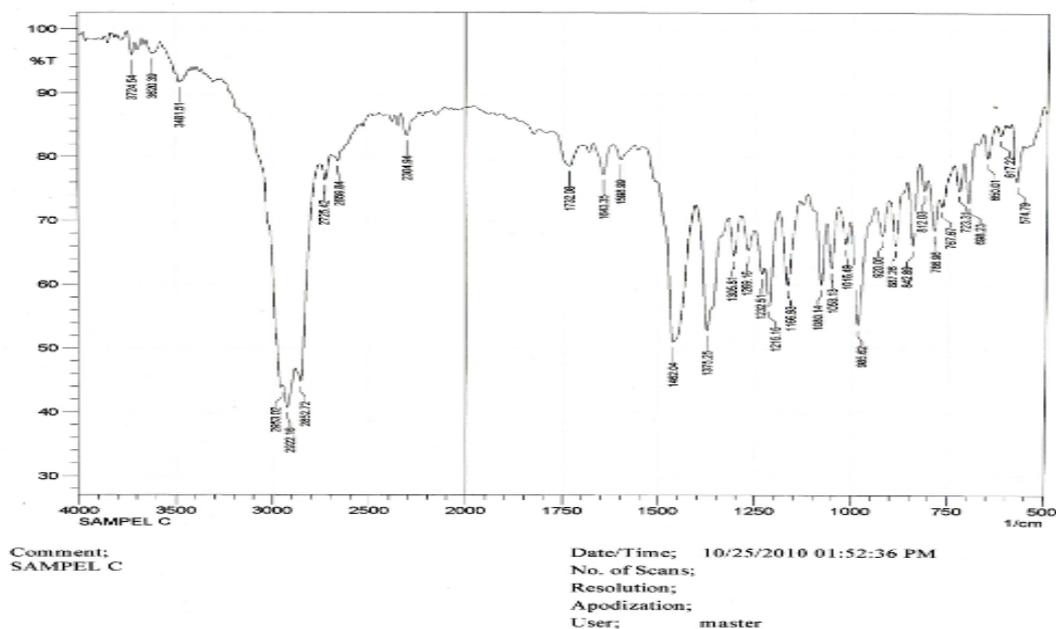
Gambar 4.4 Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel A

3. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel B (*Styrofoam* + *Minyak Atsiri*)



Gambar 4.5 Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel B

4. Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel C (*Styrofoam* + Minyak Atsiri + Serat *Sansevieria*)



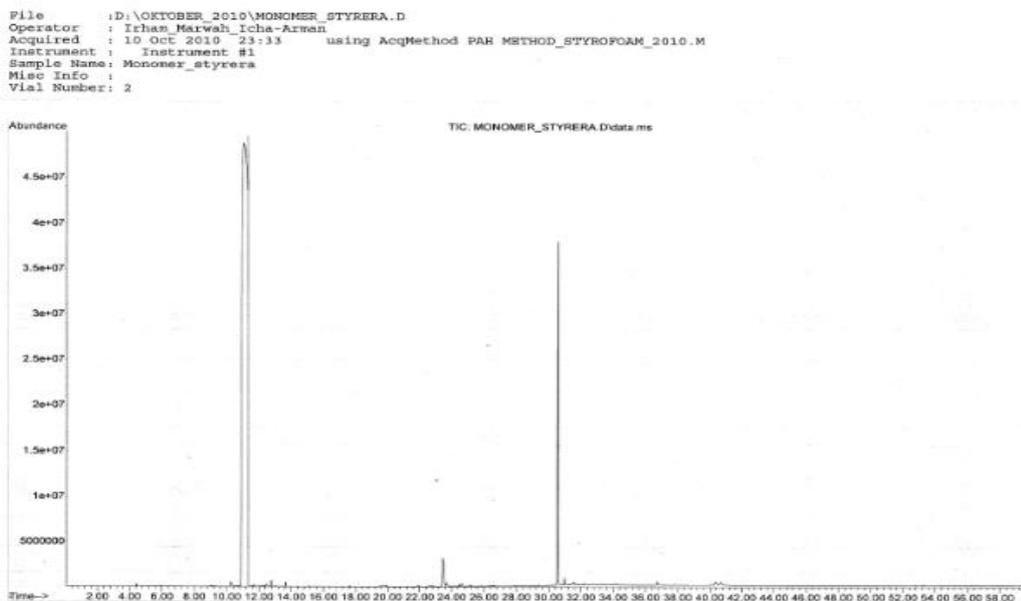
Gambar 4.6 Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel C

5. Hasil Analisa Spektroskopi FTIR pada Tiap Sampel Uji

Pada Monomer Stirena pita serapan utama yang muncul adalah pada 775 cm^{-1} yang merupakan pita serapan dari vibrasi tekuk (bending vibration) dari gugus $\text{C}=\text{C}$ cincin aromatik Stirena. Kemudian vibrasi ulur (*stretching vibration*) $\text{C}-\text{H}$ alkena terlihat pada 3146 cm^{-1} .

Jika kita amati sampel B (*Styrofoam* + minyak atsiri) pita serapan pada 789 cm^{-1} terlihat makin kecil, demikian juga pada 3132 cm^{-1} (sangat kecil). Pada sampel C (*Styrofoam* + minyak atsiri + serat *Sansevieria*) pita serapan pada 787 cm^{-1} makin mengecil lagi. Sedangkan pita serapan $\text{C}-\text{H}$ alkena menjadi hilang pada kisaran 3100 cm^{-1} . Artinya molekul Stirena terlihat hilang, dengan tidak ditemukannya pita serapan spesifik pada daerah 3100 cm^{-1} tersebut.

D. Hasil Pengujian GC/MS



Gambar 4.7 Hasil GC/MS pada Monomer Stirena

1. Data Analisa GC/MS untuk Sampel Monomer Stirena

Tabel 4.2 Data Analisa GC/MS Untuk Sampel Monomer Stirena

Peak	RT	Area %	Library/ID	Quality
7	11.064	85.34	1,3,5,7-Cyclooctatetraene	95
			<i>Stirena</i>	95
			<i>Stirena</i> ; Benzene, ethenyl- (CAS); Ethenylbenzene; Styrol; Styrole; S tyrolene; Cinnamene; Styropol SO; Vinylbenzol; Phenylethene; Pheneth ylene; Vinylbenzene; Phenylethylen e; Bulstren K-525-19; Styrol (Germ an); Cinnaminol; Cinnamol; Benzene , vinyl-; Cinname	95

2. Data Analisa GC/MS Untuk Sampel A (*Styrofoam + Chloroform*)

File : D:\OKTOBER_2010\STYROFOAM_CLOROFORM_(1750_A)_3.D
 Operator : Irham Marwah, Icha-Aman
 Acquired : 10 Oct 2010 4:30 using AcqMethod PAH METHOD Styrofoam_2010.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name: STYROFOAM_CLOROFORM_(1750_A)_3
 Niac Info :
 Vial Number: 1

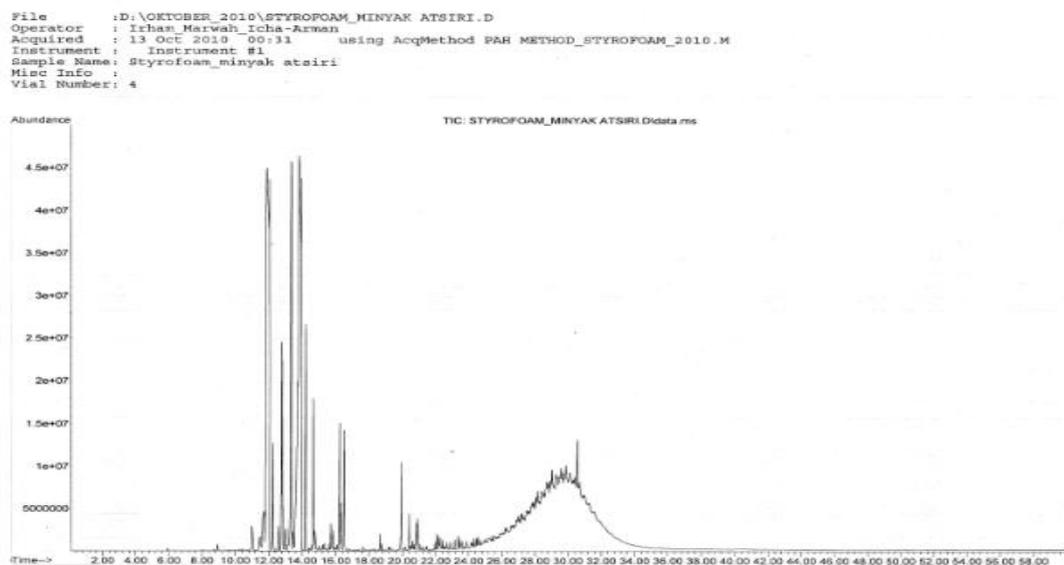


Gambar 4.8 Data Analisa GC/MS Untuk Sampel A

Tabel 4.3 Data Kandungan Monomer Stirena Pada Sampel A Dengan Analisa GC/MS

Peak	RT	Area %	Library/ID	Quality
14	10.938	0.57	<i>Stirena</i> ; Benzene, ethenyl-; Bulstr en K-525-19; Cinnamene; Phenethyle ne; Phenylethene; Phenylethylene; Styrol (German); Styrole; Styrolen e; Styropol SO; Vinylbenzene; Viny lbenzol; Ethenylbenzene; Cinnamino l; Cinnamol; Styrol; Benzene, viny l-; Cinnamenol; D	97
			<i>Stirena</i> ; Benzene, ethenyl- (CAS); Ethenylbenzene; Styrol; Styrole; ; Styrolene; Cinnamene; Styropol SO	96

3. Data Analisa GC/MS untuk Sampel B (*Styrofoam* + Minyak Atsiri)



Gambar 4.9 Data Analisa GC/MS Untuk Sampel B

Tabel 4.4 Data Kandungan Monomer Stirena Pada Sampel B Dengan Analisa GC/MS

Peak	RT	Area %	Library/ID	Quality
14	11.243	0.02	<i>Stirena</i>	90
			<i>Stirena</i> ; Benzene, ethenyl- (CAS); Ethenylbenzene; Styrol; Styrole; Styrolene; Cinnamene; Styropol SO; Vinylbenzol; Phenylethene; Phenethylene; Vinylbenzene; Phenylethylene; Bulstren K-525-19; Styrol (German); Cinnaminol; Cinnamol; Benzene, vinyl-; Cinnamene	90
			<i>Stirena</i> ; Benzene, ethenyl-; Bulstren K-525-19; Cinnamene; Phenethylene; Phenylethene; Phenylethylene; Styrol (German); Styrole; Styrolene; Styropol SO; Vinylbenzene; Vinylbenzol; Ethenylbenzene; Cinnaminol; Cinnamol; Styrol; Benzene,	90

Tabel 4.6 Data Kandungan Monomer Stirena Pada Sampel C Dengan Analisa GC/MS

Peak	RT	Area %	Library/ID	Quality
16	11.447	0.01	Stirena; Benzene, ethenyl- (CAS); Ethenylbenzene; Styrol; Styrole; Styrolene; Cinnamene; Styropol SO; Vinylbenzol; Phenylethene; Phenethylene; Vinylbenzene; Phenylethylene; Bulstren K-525-19; Styrol (German); Cinnaminol; Cinnamol; Benzene, vinyl-; Cinnamene	43
			Hexylene Glycol	38
			2,4-Pentanediol, 2-methyl- (CAS); 2-Methyl-2,4-pentanediol; MPD; Iso; Diolane; Hexylene glycol; 2-Methyl-2,4-pentandiol; 4-Methyl-2,4-pentanediol; 2,4-Dihydroxy-2-methylpentane; 1,1,3-Trimethyltrimethylenediol; .alpha.,.alpha.,.alpha.'-Trimethyltrimethy	38

5. Hasil Analisa GM/MS terhadap Komposisi Monomer Stirena pada Tiap Sampel Uji

Komposisi Monomer Stirena yang ada pada *Styrofoam*. Perlu diketahui, pada setiap proses polimerisasi, akan terdapat monomer tersisa yang tidak ikut bereaksi. Monomer ini adalah *impurities* pada *Styrofoam*.

Kandungan Monomer Stirena inilah yang menjadi *concern* dalam pemakaian polystirena/ *Styrofoam* sebagai kemasan pangan.

Pada sampel Monomer Stirena, molekul ini terdeteksi pada RT 11,1 min. Setelah *Styrofoam* dilarutkan dalam *Chloroform* atau pada sampel A, Monomer Stirena terdeteksi pada RT 10,9 min dengan komposisi 0,57%. Dalam sampel B, yaitu sampel pelumeran *Styrofoam* dengan minyak atsiri terdeteksi pada RT 11,2 min dengan komposisi 0,02%. Sedangkan, pada

sampel C, yaitu komposit *Sansevieria* terdeteksi pada RT 11,4 min dengan komposisi 0,01%.

Artinya Monomer Stirena, secara konsisten terdeteksi pada berbagai perlakuan, dan ada penurunan komposisinya.

E. Hasil Produk Serat Papan Styvera



Gambar 4.11 Papan Styvera

Tabel 4.7 Ciri-ciri Papan Styvera

Jenis Papan	Ketebalan Papan	Besarnya Tegangan Papan (Newton)	Jumlah Kadar Styrena Monomer (Area %)
Styvera	10 mm	115	0,01

Hasil produk papan Styvera merupakan papan yang berbahan dasar *Styrofoam* sehat. Kandungan komponen zat Monomer Stirena yang dimiliki sedikit, yaitu sebesar 0,01 % Area. Sehingga papan Styvera tidak menimbulkan dampak bahaya yang besar bagi lingkungan. Kualitas papan pun tidak berbeda dengan kualitas papan sintetik yang digunakan masyarakat di pasaran. Hal ini dibuktikan dengan besarnya tegangan pada rata-rata papan styvera 115 N, yaitu dengan ketebalan 10 mm/produk.

F. Hasil Data Perbandingan Kekuatan Tegangan Jatuh Papan

Dalam pengujian kali ini, bertujuan untuk mengetahui perbandingan kualitas kekuatan tegangan jatuh dari beberapa papan Styvera yang paling baik dengan membandingkan kualitas daya renggang papan sintetik, yaitu papan plastik (sebagai kontrol). Dalam mengetahui kekuatan tegangan jatuh papan, percobaan menggunakan alat DDI Tester. Perbandingan kualitas kekuatan tegangan jatuh didasarkan pada penilaian besarnya kekuatan daya dengan satuan Newton (N).



Gambar 4.12 Papan Styvera Dengan Berbagai Variasi Ketebalan

Tabel 4.8 Uji Tahap Pertama Perbandingan Tegangan Papan

No.	Sampel (Satuan gram & ml)	Tahap 1 Kekuatan (N)	Tahap 2 Kekuatan (N)	Rata-rata (N)
1	Styrofoam (20 g) + M.Atsiri (400 ml)	20	20	20
2	Styrofoam (40 g)+ M.Atsiri (800 ml)	30	40	35
3	Styrofoam (60 g) + M.Atsiri (1200 ml)	40	50	45
4	Styrofoam (80 g) + M.Atsiri (1600 ml)	60	60	60
5	Styrofoam (100 g) + M.Atsiri (2000 ml)	80	90	85

Pada percobaan pertama, menggunakan jenis papan Styvera dengan jumlah sampel styrofoam dan minyak asiri yang memiliki diameter papan 20 cm, massa papan dan ketebalan yang bervariasi, dan memiliki tegangan papan maksimal sebesar 85 Newton.

Tabel 4.9 Uji Tahap Kedua Perbandingan Tegangan Papan

No.	Sampel	Tahap 1 Kekuatan (N)	Tahap 2 Kekuatan (N)	Rata-rata (N)
1	Styrofoam (20 g) + M.Atsiri (400 ml) + Sansevieria (800 g)	40	40	40
2	Styrofoam (40 g)+ M.Atsiri (800 ml) + Sansevieria (1200 g)	50	60	55
3	Styrofoam (60 g) + M.Atsiri (1200 ml) + Sansevieria (1600 g)	70	70	70
4	Styrofoam (80 g) + M.Atsiri (1600 ml) + Sansevieria (2000 g)	90	100	90
5	Styrofoam (100 g) + M.Atsiri (2000 ml) + Sansevieria (2400 g)	110	120	115

Pada percobaan kedua, menggunakan jenis papan Styvera dengan jumlah sampel styrofoam dan minyak asiri dengan ditambahkan bahan serat Sansevieria yang memiliki diameter papan 20 cm, massa papan dan ketebalan yang bervariasi, dan memiliki tegangan papan maksimal pada sebesar 115 Newton.

Tabel 4.10 Uji Tahap Ketiga Perbandingan Tegangan Papan

No.	Sampel (Papan semi sintetik)	Rata-rata (N)	Sampel Plastik (N)	Ketebalan
1	Styrofoam (20 g) + M.Atsiri (400 ml) + Sansevieria (800 g)	40	60	2 mm
2	Styrofoam (40 g)+ M.Atsiri (800 ml) + Sansevieria (1200 g)	55	80	4 mm
3	Styrofoam (60 g) + M.Atsiri (1200 ml) + Sansevieria (1600 g)	70	100	6 mm
4	Styrofoam (80 g) + M.Atsiri (1600 ml) + Sansevieria (2000 g)	90	120	8 mm
5	Styrofoam (100 g) + M.Atsiri (2000 ml) + Sansevieria (2400 g)	115	140	10 mm

Pada percobaan ketiga, menggunakan jenis papan Styvera dengan jumlah sampel styrofoam dan minyak asiri dengan ditambahkan bahan serat Sansevieria yang memiliki diameter papan 20 cm, massa papan dan ketebalan yang bervariasi, dan memiliki tegangan papan semi sintetis maksimal sebesar 115 Newton, sedangkan pada papan sintetis (papan plastik) sebesar 120 Newton. Dalam hal ini besarnya tegangan papan sintetis merupakan sebagai kontrol pembandingan terhadap tegangan papan-papan Styvera.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan data hasil pembuatan papan sintetik Styvera dan pengujian pereduksian kandungan Monomer Stirena pada sampel *Styrofoam*, maka dapat disimpulkan :

1. *Styrofoam* yang dilumerkan dengan minyak atsiri kayu putih dan dicampurkan dengan serat *Sansevieria* dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan papan semi sintetik Styvera dengan komposisi perbandingan *Styrofoam* : minyak atsiri : serat *Sansiviera*, 0,5 g : 10 ml : 20 g. Pengaruh bertambahnya dan berkurangnya komposisi minyak atsiri akan mempengaruhi pada kecepatan proses pelumeran *Styrofoam* dan kecepatan pengeringan papan semi sintetik Styvera.
2. Berdasarkan hasil uji FTIR (Analisa Spektroskopi Infra Merah) dan GC/MS (Gas Chromatography / Mass Spectrometry) memperlihatkan adanya reduksi kadar Monomer Stirena pada sampel (*Styrofoam* dan minyak atsiri) secara signifikan, dari awal kandungan Monomer Stirena pada sampel *Styrofoam* sebesar 0,57% area menjadi 0,02% area. Hal ini disebabkan peran Alfa Pinena yang terkandung pada minyak atsiri kayu putih membantu mereduksi kadar Monomer Stirena pada *Styrofoam*. Pada sampel (*Styrofoam*, minyak atsiri, dan serat *Sansevieria*) terdapat penurunan kadar Monomer Stirena pada angka 0,01% area, hal ini disebabkan peran Glikosida dalam *Sansevieria* yang membantu menurunkan kadar Monomer Stirena. Dari kedua pengujian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Alfa Pinena dan Glikosida berperan dalam dalam mereduksi kadar Monomer Stirena pada *Styrofoam*.
3. Berdasarkan uji ketahanan jatuh dengan alat DDI Tester didapatkan hasil bahwa dengan Perbandingan rataaan kualitas kekuatan papan,

yaitu pada rata-rata papan styvera 115 N (ketebalan 10 mm) yang dibandingkan dengan kontrol papan plastik diperoleh 120 N (ketebalan 8 mm). Hal ini menggambarkan bahwa kualitas kekuatan papan Styvera tidak berbeda jauh dengan kualitas kekuatan papan sintetik di pasaran.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka kami sebagai peneliti mencoba untuk memberi saran :

1. Pengembangan lebih lanjut terhadap penyempurnaan papan Styvera mutlak diperlukan dari segi komposisi bahan dasar agar kedepannya papan Styvera dapat diproduksi secara masal (scale up).
2. Papan Styvera adalah alternatif produk dari proses *recycle* sehat *Styrofoam*. Kedepannya bahan dasar *Styrofoam* yang dilumerkan dengan minyak atsiri kayu putih dan serat *Sansevieria* dapat dikembangkan dengan berbagai macam produk.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, *all4chemistry* , (www.blogspot.com/2010/06/polistirenaa) di akses pada 6 Juni 2013.
- _____, *Bahaya Styrofoam Bagi Kesehatan*. (<http://www.blog.mfajri.net>). diakses pada 6 Juni 2013)
- _____, *Glikosid*, (<http://www.nadjeeb.wordpress.com>) diakses pada 30 Juni 2013.
- _____, *Kenali Polystirene Bahan Kandungan Styrofoam*, (<http://fitandfresh-rusdyeko.blogspot.com>) diakses pada 6 Juni 2013.
- _____, *Sansevieria Dan Daya Tariknya*, (<http://www.kipsaint.com>) diakses pada 3 Juni 2013.
- _____, *Struktur Kristal dan Nonkristal*, (<http://www.biomed.ee.itb.ac.id>), diakses 1 Juni 2013.
- Abidin, Zainal. 2004. *Membuat Aneka Kreasi Styrofoam*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Agusta, Andria. 2000. *Minyak Asiri Tumbuhan Tropika Indonesia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Alwi, Hasan. 2007. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Anies. 2009. *Bahaya “Kresek” dan Kemasan Styrofoam*. Jakarta: Suara Merdeka.
- Aprianti. 2008. *Sansivieria di Puncak Takhta*. Jakarta : Trubus.
- Gunawan, Didik. 2004. *Ilmu Obat Alam (Farmakognosi)*, Jilid 1. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Hani. *Mengapa-Styrofoam-Berbahaya*, (<http://www.infoekologi.com>) diakses pada 6 Juni 2013.
- Jamal, Y. 1995. *Identifikasi Komponen Kimia MInyak Atsiri Kayu Putih*, Prosiding Seminar Ilmiah FMIPA. Bogor: Universitas Pakuan.

- Javna, Jhon. 1990. *50 Simple Things Kids Can Do to Save The Earth*. Andrews McMeel Publishing.
- Kardian, Agus. 2005. *Tanaman Penghasil Minyak Atsiri, Komoditas Wangi Penuh Potensi*. Jakarta: Agromedia Pustaka
- Koswara, Sutrisno. 2006. *Bahaya di balik Kemasan Plastik*. Jogjakarta: LKIS.
- M. Chanda. 2006. *Plastic Technology Handbook*. London: CRC Press.
- Mulyani. 1992. *Karsinogenik dan Antineoplastik*. Jogjakarta: Universitas Pangan dan Gizi UGM.
- Odum. J. R. Hoffmann. 1996. *Gas/particle partitioning and secondary organic aerosol yields*. Environmental Science and Technology.
- Poedjiadi, Anna. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Pres` s.
- POM RI, Badan. 2008. *InfoPOM*.
- Rusli, Meika Syahbana. 2010. *Sukses Memproduksi Minyak Atsiri*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- S, Riawan. 2007. *Kimia Organik Jilid 1*. Jakarta : Bina Rupa Aksara.
- Simonsen, J. L. 1957. *The Terpenes (2nd edition)* Vol. 2. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tim Dosen. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Makasar: UNHAS.
- Woebcken. 1995. *Internasional Plastics Handbook, Third Edision*. Hanser Publication.

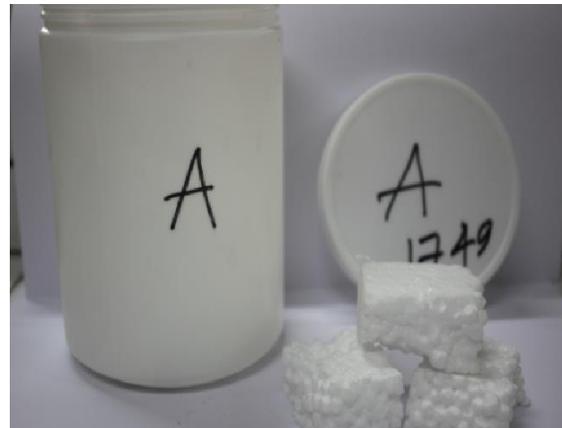
LAMPIRAN



Laboratorium Persiapan Sampel Uji GC/MS dan FTIR



Sampel Standar Monomer Stirena



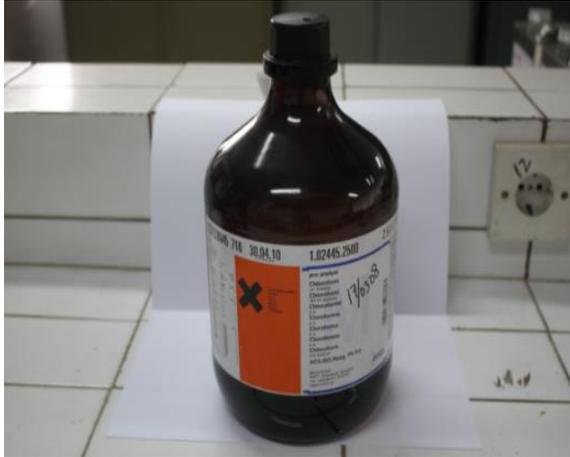
Sampel *Styrofoam* Kemasan Barang



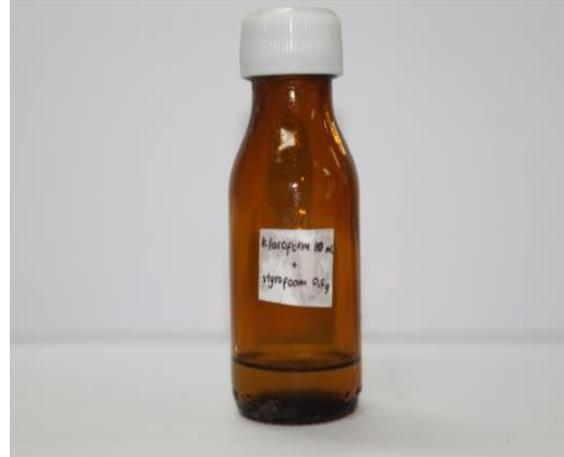
Proses Penimbangan Sampel *Styrofoam*



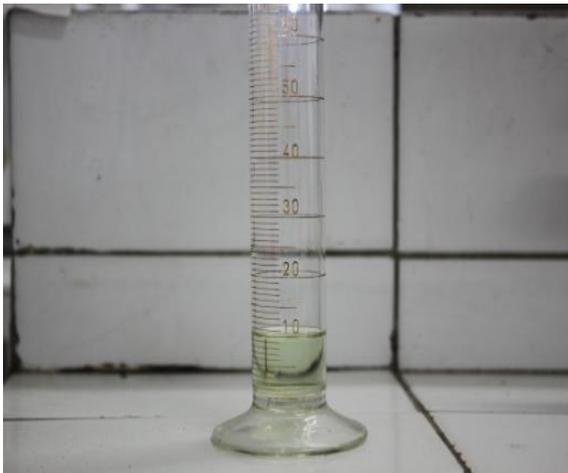
Styrofoam 0,5 g pada Sampel A



Chloroform



Sampel A (*Styrofoam* + Chloroform)



Minyak Atsiri Kayu Putih 10 ml



Styrofoam 0,5 g pada Sampel B



Pencampuran *Styrofoam* dengan Minyak Atsiri



Sampel B (*Styrofoam* + Minyak Atsiri)



Pembuatan Serat *Sansevieria*



Sampel Serat *Sansevieria*



Pencampuran *Styrofoam* Cair dengan *Sansevieria*



Sample C (*Styrofoam* + Serat *Sansevieria*)



Laboratorium GC/MS



Mesin GC/MS



Pengujian Sampel dengan mesin GC/MS



Mengamati Hasil Analisa Uji GC/MS



Laboratorium FTIR



Preparasi Sampel Uji Analisa Spektroskopi FTIR



Mesin FTIR



Pengujian Sampel dengan mesin FTIR



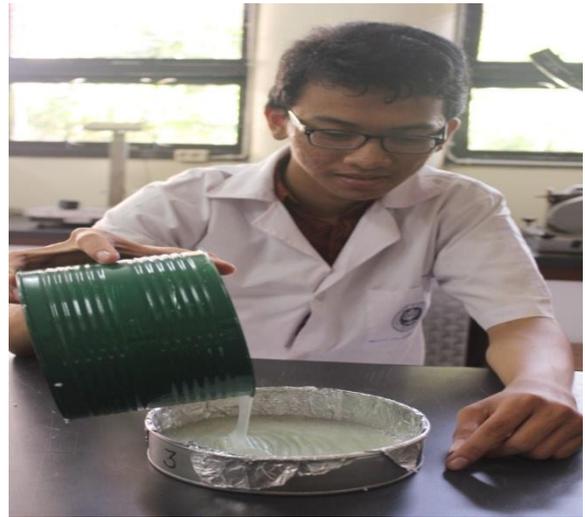
Produk Papan Semi Sintetik



Proses Pembuatan Papan Semi Sintetik



Penjemuran Produk Papan Stivera

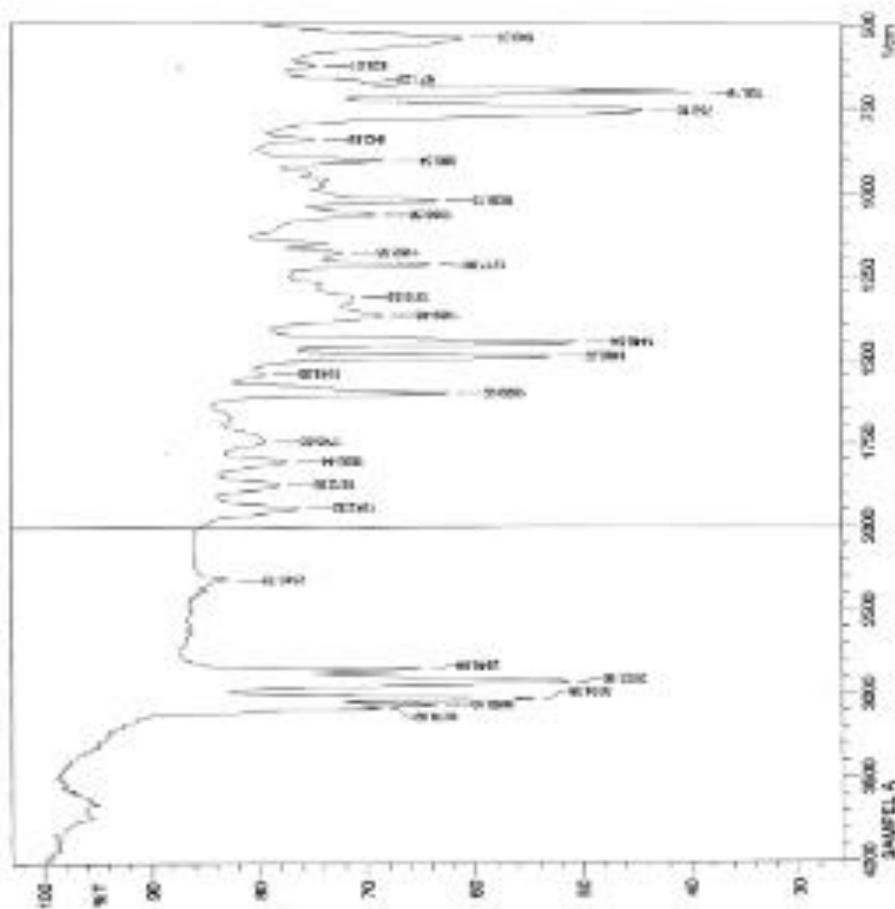


Penambahan Serat Pembuatan Papan Semi Sintetik

Lampiran Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel A (*Styrofoam + Chlorofoam*)

SHIMADZU

Peak	Intensity	Corr. Inte	Base (I)	Base (A)	Area	Corr. Are
1	542.07	17.000	627.38	607.63	14.782	6.746
2	623.04	74.751	643.37	627.58	2.888	0.21
3	671.23	76.402	673.16	642.37	4.111	0.326
4	703.16	35.777	719.45	675.64	16.868	4.486
5	758.1	44.463	801.07	721.38	21.041	0.376
6	842.88	74.823	4.744	871.82	4.853	0.447
7	908.54	68.369	10.481	925.83	6.365	1.074
8	1026.13	63.488	11.878	1043.43	7.273	1.415
9	1068.95	62.250	7.075	1130.21	10.45	1.307
10	1132.36	72.26	3.68	1189.72	1199.93	4.289
11	1217.08	84.186	11.241	1208.32	1201.68	1.033
12	1333.82	71.281	1.003	1321.24	1280.36	4.26
13	1365.46	68.684	6.662	1406.11	1342.46	2.071
14	1448.64	90.918	26.773	1408.9	1420.04	8.816
15	1492.07	53.071	24.578	1527.62	1473.62	8.269
16	1543.05	78.546	1.727	1568.2	1520.66	3.433
17	1600.92	62.45	21.059	1635.84	1588.13	8.188
18	1743.65	78.434	3.666	1778.32	1691.67	7.807
19	1823.64	77.626	8.088	1842.02	1780.3	8.718
20	1872.89	78.213	5.008	1907.6	1843.92	5.814
21	1942.32	76.402	8.212	2007.18	1909.63	9.719
22	2910.72	62.914	2.259	2358.8	2274.07	4.614
23	2848.89	64.045	12.236	2868.15	2793.14	10.028
24	2822.16	51.266	37.417	2881.84	2870.08	20.071
25	3024.36	64.539	23.932	3041.74	2983.68	9.726
26	3050.1	63.85	7.842	3073.63	3043.67	4.647
27	3070.36	68.731	3.3	3143.8	3072.6	8.162

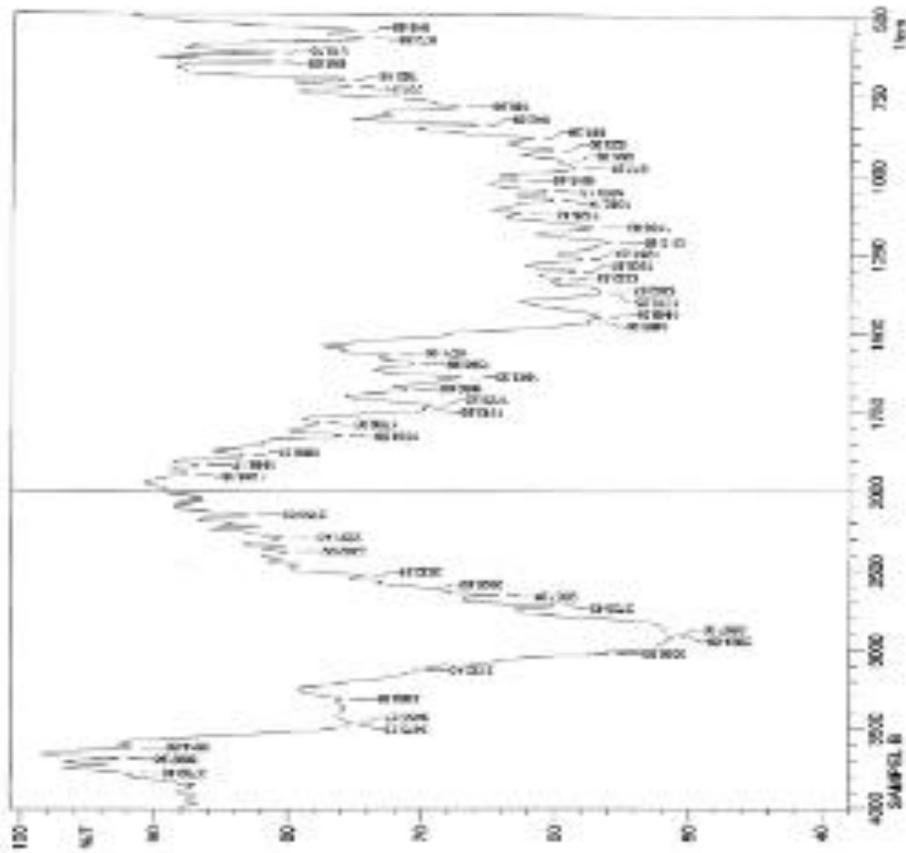


Instrument: JAMPUL_A
 Date/Time: 10/25/2010 01:44:00 PM
 No. of Scans:
 Resolution:
 Apodization:
 User: master

Lampiran Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel B (*Styrofoam + Minyak Atsiri Kayu Putih*)



Peak	Intensity	Cont. Inten	Wave (cm ⁻¹)	Area (A)	Area	Cont. Area
1	542.85	75.563	5151	537.43	407.63	0.473
2	372.86	74.966	5072	533.72	326.36	0.371
3	618.15	81.21	7332	632.65	603.72	0.530
4	648.06	81.33	813	665.44	602.95	0.650
5	703.16	75.976	5325	739.8	693.87	0.426
6	723.31	75.558	4316	733.8	733.8	0.313
7	735.06	67.511	7306	654.47	637.46	0.372
8	842.86	66.028	8437	854.47	837.46	0.372
9	887.26	81.267	403	903.76	866.39	0.334
10	933.9	90.312	2794	937.4	932.60	0.336
11	954.78	90.670	0.664	963.96	930.33	0.667
12	877.91	58.683	3163	1002.96	962.48	0.647
13	1015.69	62.681	1787	1320.55	1034.81	0.152
14	1053.19	60.84	2269	1364.71	1031.92	0.334
15	1083.14	60.384	2263	1111	1068.44	0.305
16	1128.45	62.671	1.631	1126.67	1112.33	0.465
17	1165.93	57.357	5159	1198.79	1130	11.179
18	1215.15	58.336	2762	1228.35	1160.03	0.159
19	1267.23	58.185	2907	1265.52	1251.8	7.763
20	1305.67	58.946	3206	1317.38	1266.46	6.357
21	1369.81	60.701	1346	1343.53	1310.31	4.653
22	1383.67	55.318	3264	1393.8	1342.46	5.41
23	1376.22	55.721	1749	1422.25	1355.6	6.43
24	1446.54	55.621	1.967	1453.16	1436.18	13.343
25	1465.6	67.499	1.7	1504.48	1463.11	6.443
26	1571.99	72.435	2075	1581.63	1566.48	3.266
27	1666.89	70.755	2754	1619.38	1591.63	3.264
28	1643.35	67.127	5373	1670.38	1622.21	7.8
29	1650	71.245	1.66	1701.22	1672.23	4.960
30	1728.22	66.546	2371	1726.53	1703.14	4.991
31	1743.65	66.851	1.73	1772.58	1737.84	4.644
32	1788.06	77.874	1.635	1836.23	1774.91	3.632
33	1824.05	75.281	4.846	1843.86	1803.23	3.022
34	1853.31	63.332	3.663	1937.6	1872.06	2.42
35	1913.17	65.776	1.846	1932.87	1927.6	0.117
36	1646.16	67.661	1.89	1973.11	1933.67	2.149
37	2150.63	63.039	4.36	2179.56	2162.41	5.154
38	2091.43	63.375	2.746	2333.67	2289.28	2.934
39	2092.03	63.017	1.861	2439.08	2364.73	4.597
40	2832.54	74.312	2.666	2859.68	2400.75	6.433
41	2933.65	63.666	0.978	2813.55	2502.68	4.607



Comment: SAMPLE B
 Date/Time: 10/25/2010 01:48:42 PM
 No. of Scans:
 Resolution:
 Aperture:
 User: rumar



42	2657.91	64.227	3.289	2677.2	2640.55	6.612	0.36
43	2725.42	60.005	4.372	2742.78	2692.63	10.142	0.765
44	2897.08	51.553	0.828	2906.73	2760.14	38.301	2.43
45	2924.09	51.181	0.671	2974.23	2908.65	18.787	0.193
46	3020.53	56.002	0.823	3128.61	3014.74	21.901	0.083
47	3132.4	70.456	0.342	3240.41	3128.54	14.779	0.569
48	3309.85	75.881	0.943	3319.49	3259.7	6.641	0.114
49	3458.37	75.23	0.411	3468.01	3429.43	4.669	0.039
50	3475.73	75.363	0.894	3593.38	3469.94	9.994	0.603
51	3614.6	91.672	0.627	3653.18	3610.74	1.004	0.055
52	3687.9	92.541	4.75	3709.11	3653.18	1.059	0.444
53	3780.48	91.977	0.497	3784.34	3745.76	1.063	0.093

Lampiran Data Analisa Spektroskopi FTIR Untuk Sampel C
(Styrofoam + Minyak Atsiri Kayu Putih + Serat *Sansevieria*)



Peak	Intensity	Corr. Int.	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	75.867	2.481	565.14	540.07	2.788	0.18
2	678.54	72.331	628.79	565.14	6.579	1.164
3	651.94	65.799	667.37	830.72	4.481	1.62
4	700.16	57.233	715.59	667.37	9.048	1.865
5	742.59	53.190	759.02	717.52	9.869	1.105
6	773.46	58.769	819.89	759.02	12.336	1.03
7	954.76	48.863	1012.63	839.03	42.733	7.854
8	1039.63	51.261	1049.28	1014.56	9.113	0.481
9	1072.42	44.990	1093.64	1051.2	13.072	1.639
10	1124.5	42.871	1184.29	1095.57	28.052	6.209
11	1278.81	38.881	1348.24	1186.22	54.592	12.001
12	1381.03	45.429	1415.75	1350.17	18.84	1.93
13	1482.04	44.418	1541.12	1417.68	32.717	6.576
14	1879.7	51.946	1889.34	1552.7	8.054	0.474
15	1998.09	52.326	1920.21	1591.27	7.194	0.367
16	1730.15	37.072	26.658	1824.86	1646.28	61.839
17	1836.23	64.15	1.343	1897.95	1826.59	12.115
18	1942.32	67.226	6.381	2015.81	1889.88	17.02
19	2096.88	74.376	1.849	2125.56	2046.47	9.794
20	2237.43	74.718	1.327	2277.93	2216.21	7.594
21	2308.79	74.783	1.55	2330.8	2279.85	6.861
22	2407.16	71.236	1.998	2470.81	2393.86	9.418
23	2803.9	67.573	3.742	2634.76	2472.74	22.518
24	2871.41	55.326	1.802	2686.94	2636.89	8.735
25	2733.13	60.212	3.215	2756.28	2688.77	13.603
26	2894.29	40.226	5.197	2885.51	2758.21	37.587
27	2927.84	38.727	1.488	2941.44	2887.44	21.466
28	2958.87	38.135	4.236	3045.6	2943.37	31.99
29	3058.75	57.681	6.174	3145.9	3047.53	17.788
30	3153.81	74.551	0.903	3264.77	3147.83	11.117
31	3317.56	82.804	2.935	3363.86	3284.77	1.91
32	3437.15	78.202	20.785	3496.94	3376.29	6.07
33	3464.45	92.962	4.442	3666.31	3506.59	1.747
34	3641.6	88.026	2.755	3655.11	3595.31	2.472
35	3687.9	66.225	4.853	3714.9	3670.54	2.18
36	3768.91	93.002	1.828	3801.7	3743.83	1.526
						0.203

