

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Pengelolaan yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan kesehatan. Diketahui bahwa akumulasi sampah organik terurai dan mengeluarkan bau tidak sedap. Salah satu cara mengolah limbah tersebut yaitu mengolahnya menjadi alkohol yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi.

Alkohol atau sering disebut dengan etanol dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai pelarut, bahan antiseptik dan bahan bakar alternatif pengganti bensin. Alkohol komersial diperoleh dari destilasi yang hanya menghasilkan 95% etanol karena etanol dan air dapat membentuk azeotrop yang mendidih pada temperatur $78,1^{\circ}\text{C}$, sedangkan kemurnian etanol sebagai bahan bakar harus 99% (Rakhmatullah, *dkk.*, 2007).

Alkohol sisa produksi bila dibiarkan dapat menjadi masalah lingkungan seperti polusi. Untuk mengatasi masalah tersebut alkohol sisa produksi dapat dimanfaatkan dengan cara memurnikannya kembali. Pada umumnya alkohol sisa produksi memiliki kadar berkisar antara 70-85%. Sehingga jika alkohol ingin digunakan kembali maka konsentrasinya harus ditingkatkan hingga mencapai kadar alkohol 96- 99%. Untuk meningkatkan kadar alkohol hingga mencapai 99% adalah dengan proses dehidrasi.

Teknik pemisahan alkohol yang biasa digunakan adalah destilasi, pervaporasi dengan membran dan adsorpsi. Beberapa metoda destilasi yang telah dikembangkan adalah destilasi azeotrop, destilasi reaktif dan destilasi ekstraktif.

Pada dasarnya prinsip ketiga metoda destilasi tersebut sama, yaitu menggunakan entrainer atau zat pemisah. Destilasi azeotrop etanol-air dengan penambahan toluena akan membentuk 3 campuran azeotrop, yaitu etanol-air, etanol-toluena dan air-toluena. Ravagnani *dkk.*,(2010) telah melakukan produksi etanol anhidrat dengan destilasi ekstraktif menggunakan etilen-glikol dan tetraetilen-glikol diperoleh kadar etanol berturut-turut adalah 99,08% dan 99,14%.

Proses adsorpsi pada pemurnian alkohol dapat dilakukan secara tunggal dan bisa juga merupakan kelanjutan dari destilasi. Pengambilan bioetanol hasil fermentasi dengan metoda adsorpsi hidrofob diperoleh adsorben yang paling baik menyerap etanol adalah magnesium silikat. Pemisahan komponen tertentu dari larutan dengan metoda adsorpsi telah dilakukan Zhang *dkk.*,(2008) yang menunjukkan bahwa lebih dari 95,6% vanillin dapat teradsorp dari larutan berair menggunakan adsorben polimer makropori yang telah dilakukan crosslinking dengan polistirena. Adsorben polimer juga digunakan untuk memisahkan benzalkonium klorida dari air diperoleh persentase benzalkonium klorida sebesar 98,9% (Iriana dan Tuomo. 2009). Biazon *dkk.* (2009) menggunakan adsorben silika yang dikombinasikan dengan SPME (Solid Phase Microextraction) dalam ekstraksi bir.

Teknik lain yang dapat dijadikan solusi efektif pemisahan alkohol adalah destilasi adsorptif, yaitu metoda destilasi dan adsorpsi dilakukan secara simultan. Salah satu aplikasi destilasi adsorptif adalah pengambilan air dari sistem isopropil alkohol-air yang dilakukan oleh Mujiburohman *dkk.* (2006) diperoleh kemurnian isopropil alkohol sebesar 99,5%.

Adsorben merupakan bahan berpori yang digunakan untuk menyerap komponen dari campuran yang akan dipisahkan. Berdasarkan sifatnya terhadap air, adsorben dibagi menjadi 2, yaitu adsorben hidrofob dan hidrofil. Zeolit alam dan silika gel merupakan adsorben hidrofil karena mempunyai kemampuan menyerap air (Robert and Green, 1999).

Silika gel ini merupakan bahan penting karena sifatnya yang inert, hidrofilik, dan mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang tinggi serta reaktif tidak mengembang pada pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan resin polimer organik (Ke dan Stroeve, 2005).

Silika gel berbentuk silika amorf yang memiliki karakteristik pertukaran massa yang tinggi, porositas dan luas permukaan spesifik serta memiliki daya tahan tinggi terhadap panas (Buhani dan Suharso, 2012). Kemudian silika gel tersebut dimodifikasi dengan difenilkarbazon yang merupakan molekul yang bersifat polidentat dan sifatnya tidak larut dalam air dan asam mineral encer (Sudiarta, *dkk.*, 2013).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah dan lama proses refluks pada daur ulang etanol sisa produksi pektin dari kulit buah jeruk peras.

1.3 Kegunaan Penelitian

1. Untuk memperoleh data sebagai bahan penulisan skripsi
2. Bahan informasi bagi pengguna ethanol

1.4 Hipotesis Penelitian

1. Diduga ada pengaruh jumlah adsorben yang berbeda terhadap daur ulang etanol sisa produksi pektin dari kulit buah jeruk.
2. Diduga ada pengaruh lama proses refluks terhadap daur ulang etanol sisa produksi pektin dari kulit buah jeruk.
3. Diduga ada pengaruh interaksi jumlah dan lama proses refluks terhadap daur ulang etanol sisa produksi pektin dari kulit buah jeruk.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alkohol

Alkohol adalah senyawa hidrokarbon berupa gugus hidroksil (-OH) dengan 2 atom karbon (C). Spesies alkohol yang banyak digunakan adalah $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ yang disebut metil alkohol (metanol), $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ yang diberi nama etilalkohol (etanol), dan $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ yang disebut isopropil alkohol (IPA) atau propanol-2. Dalam dunia perdagangan yang disebut alkohol adalah etanol atau etil alkohol atau metil karbinol dengan rumus kimia $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (Rama, 2018).

Etanol disebut juga etil alkohol dengan rumus kimia $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ atau $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ dengan titik didihnya $78,4^\circ\text{C}$. Etanol memiliki sifat tidak berwarna, volatil dan dapat bercampur dengan air (Kartika *dkk.*, 2013). Ada 2 jenis etanol menurut Rama, *dkk.*, (2018), etanol sintetik sering disebut metanol atau metil alcohol atau alkohol kayu, terbuat dari etilen, salah satu derivat minyak bumi atau batubara. Bahan ini diperoleh dari sintesis kimia yang disebut hidrasi, sedangkan bioetanol direkayasa dari biomassa (tanaman) melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi).

Mengingat pemanfaatan bioetanol/ etanol beraneka ragam, sehingga *grade* etanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Untuk etanol yang mempunyai *grade* 90-96,5% dapat digunakan pada industri, sedangkan etanol yang mempunyai *grade* 96-99,5% dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Besarnya *grade* etanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan sebesar 99,5-100%. Perbedaan besarnya *grade* akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air (Indyah, 2017).

2.2 Tanaman Jeruk (*Citrus sinensis*)

Tanaman jeruk merupakan tanaman asli Indonesia. Buah jeruk dapat dimakan sebagai buah segar atau produk olahan. Limbah buah jeruk berupa ampas, kulit dan biji jeruk dari pabrik minuman jus di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal. Selain bisa dibuat permen dari kulit jeruk, pektin juga bisa diekstrak. Kandungan pektin pada jeruk cukup tinggi, sekitar 30%.

Klasifikasi yang terdapat pada tanaman jeruk adalah :

Kerajaan : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Rutales

Famili : Rutaceae

Bangsa : Citreae

Genus : Citrus

Spesies : *Citrus sinensis* (Putra, 2013)



Gambar 2.1 Jeruk Peras

Kulit jeruk efektif melawan *Staphylococcus aureus* dan *E. coli* yang resistan terhadap berbagai obat dengan nilai tingkat pembunuhan (KBM) terendah, berturut-turut 6% dan 8%, masing-masing. Hasil ekstrak kulit jeruk

menunjukkan bahwa ekstrak etanol kulit jeruk mengandung flavonoid, Polivinil alkohol dan saponin. Senyawa dengan aktivitas antibakteri adalah Flavonoid (Wijiastuti, 2011.).

Kulit jeruk yang peras memiliki kandungan pektin yang lebih tinggi dibandingkan jeruk Bali dan lemon. Grapefruit memiliki kandungan limone tertinggi, diikuti oleh jeruk manis. Dari segi ketersediaan, jeruk mandarin paling banyak tersedia di pasar Indonesia dibandingkan dengan jeruk lainnya, jeruk peras mengandung 15-25% pektin (Regiandira, 2015).

2.3 Pektin

Pektin adalah polimer asam galactronic, turunan galaktosa dengan yang dihubungkan oleh ikatan $\alpha - 1,4 -$ glucosidic. Pektin ditemukan dalam buah-buahan dan sayuran baik dalam daging maupun dikulitnya. Buah-buahan yang dapat dijadikan sumber pektin adalah apel, jeruk, pisang, dan wortel. Pektin tersusun atas protopektin, asam pektinat dan asam pektat.

Asam pektat adalah asam poligalakturonat yang mengandung metil ester. Pektinat yang mengandung metil ester yang cukup yaitu lebih dari 50% dari total gugus karboksil disebut pektin. Pektin ini menyebar dalam air dan dapat membentuk garam disebut pektat. Dalam bentuk garam pektin berperan dalam pembuatan jelly dengan keberadaan gula dan asam (Winarno, F.G, 1997).

Pektin merupakan suatu zat yang banyak digunakan dalam berbagai industri baik makanan, minuman, farmasi, dan industri lain (Muhidin, 2001) :

1. Industri Makanan dan Minuman

Pada industri makanan dan minuman, pektin sering digunakan sebagai:

- Bahan pemberi tekstur yang baik pada roti dan keju.

- Bahan pengental dan stabilizer pada minuman sari buah.
- Bahan pokok pembuatan jelly, jam, dan marmalade.

2. Industri Farmasi

Pada industry farmasi, pektin sering digunakan sebagai :

- Emulsifier bagi preparat cair dan sirup.
- Obat diare (mencret) pada bayi dan anak-anak seperti maltose, kaopec, nipectin, intestisan.
- Obat penawar racun logam.
- Bahan penurun daya racun dan penambah daya larut obat-obatan sulfa.
- Bahan penyusut kecepatan penyerapan bermacam-macam obat.
- Bahan kombinasi untuk memperpanjang kerja hormone dan antibiotic.

3. Industri Lain

Selain makanan dan minuman dalam pengobatan pektin juga bisa digunakan dalam industri komestik dan industri lainnya seperti pasta gigi, sabun, lotion, dan krim, baja dan perunggu (quenching), karet (creaming and thickening agent), plastik, tekstil, bahan sintesis dan film nitropektin.

Dalam pemanfaatan pektin diklasifikasikan sebagai bahan tambahan makanan dan terjadi secara alami pada tumbuhan. Food and Drug Administration (FDA) menerima keamanannya sebagai bahan tambahan makanan. Sedangkan untuk pektin sendiri lebih banyak manfaatnya dalam industry pengolahan makanan misalnya dalam industri jelly, selai, dan industry permen.

2.4 Estraksi Pektin

Ekstraksi adalah proses permutasi zat atau zat terlarut dari larutan asli atau padatan dalam pelarut tertentu. Ekstraksi adalah proses pemisahan berdasarkan

perbedaan kelarutan komponen yang ada dalam campuran, secara garis besar ekstraksi dibagi menjadi dua jenis, yaitu ekstraksi padat-cair (*leaching*) dan ekstraksi cair-cair.(Fellows, 2002)

Ekstraksi padat-cair atau *leaching* adalah proses pemisahan zat terlarut dari padatan yang tidak larut disebut *inertness*. Dua langkah utama dalam proses ekstraksi padat-cair adalah kontak antara padatan dan pelarut dan pemisahan larutan dari padatan inert. Pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi terutama dituntut untuk dapat melarutkan zat terlarut yang terkandung dalam padatan inert.

Larutan ekstraksi yang dapat digunakan untuk mengekstraksi pektin dari buah antara lain air, alkohol, larutan asam, polifosfat. Alkohol yang biasa digunakan adalah etanol 96% sedangkan larutan asam yang biasa digunakan adalah HCL, H₂SO₄ dan CH₃C00H.Larutan asam lainnya yang dapat digunakan adalah asam sitrat, asam laktat dan asam tartarat (Fellows, 2002).

Kisaran pH untuk ekstraksi pektin bervariasi tergantung pada bahan yang di ekstraksi. Misalnya, ekstraksi pektin dari kulit lemon dilakukan pada pH 1,5-3,0 (Winarno, F.G, 1997) dan ekstraksi pektin pulp apel bervariasi antara 1,2-3,0 (Geankoplis, 1997).

Tingkatkan suhu untuk menghasilkan kecepatan ekstraksi tinggi juga koefisien difusi meningkat tinggi dengan meningkatnya suhu, yang meningkatkan laju ekstraksi.Untuk menghindari kerusakan material, batas suhu ditentukan.Pada umumnya suhu ekstraksi pektin adalah 60-90° C.Penggunaan suhu yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan degradasi pektin (Treybal, 1981).

Semakin lama waktu yang dibutuhkan rendemen yang diperoleh untuk ekstraksi pelarut lebih tinggi.Namun, penambahan waktu ekstraksi tidak

sebanding dengan rendemen yang dicapai. Oleh karena itu ekstraksi dilakukan pada waktu yang optimal. Ekstraksi dilakukan asalkan pelarut yang digunakan tidak jenuh. Pelarut penuh tidak dapat lagi menghilangkannya atau kinerja ekstraksinya buruk karena gaya penggerak menjadi semakin kecil (Treybal, 1981). Ini meningkatkan waktu ekstraksi dan hasil yang dihasilkan tidak lagi meningkat cukup (Treybal, 1981).

2.5 Refluks

Refluks adalah teknik distilasi yang melibatkan kondensasi uap dan berbaliknya kondensat ini ke dalam sistem asalnya. Ini digunakan dalam distilasi industri dan laboratorium. Refluks juga digunakan dalam bidang kimia untuk memasok energi pada reaksi untuk waktu yang panjang (Erich, 2002).

Istilah refluks banyak digunakan dalam industri yang menggunakan kolom distilasi dan fraksionator berskala besar seperti pengilangan minyak bumi, petrokimia dan pabrik kimia, serta pabrik pemrosesan gas alam (Kister 2012).

Dalam konteks ini, refluks merujuk pada produk cairan bagian atas dari kolom distilasi atau fraksionator yang berbalik kembali ke bagian atas kolom seperti ditunjukkan dalam skema kolom distilasi industri. Di dalam kolom, cairan refluks yang mengalir ke bawah memberikan pendinginan dan kondensasi uap yang mengalir ke atas sehingga meningkatkan efisiensi kolom distilasi.

Semakin banyak refluks yang menyediakan jumlah pelat teoretis, semakin baik pemisahan kolom untuk bahan-bahan dengan titik didih rendah dari bahan-bahan bertitik didih yang lebih tinggi. Sebaliknya, untuk pemisahan yang diinginkan, semakin banyak refluks yang dihasilkan, semakin sedikit pelat teoretis yang diperlukan (Gafin and Sinnott, 2007)

Refluks untuk mengatur energi dalam reaksi kimia adalah suatu campuran cairan reaksi dimasukkan ke dalam bejana yang terbuka bagian atasnya. Bejana ini dihubungkan dengan pendingin Liebig atau Vigreux, sehingga semua uap yang dihasilkan akan didinginkan dan kembali jatuh ke dalam bejana reaksi. Bejana kemudian dipanaskan dengan api besar agar reaksi dapat berjalan. Ini berfungsi untuk mengakselerasi reaksi secara termal dengan melakukannya pada temperatur tinggi (yaitu titik didih pelarut), (Perry and Green, 2004).

Keuntungan teknik ini adalah proses ini dapat ditinggal dalam waktu lama tanpa perlu penambahan pelarut atau kekhawatiran bejana reaksi mendidih hingga kering karena uapnya segera terkondensasi di dalam pendingin. Sebagai tambahan, karena pelarut akan selalu mendidih pada temperature tertentu, dapat dipastikan bahwa reaksi akan berlangsung pada temperature konstan. Kehatihatian dalam pemilihan pelarut diperlukan untuk mengendalikan temperatur dalam rentang yang sempit. Pendidihan pada temperatur konstan juga diperlukan larutan terus bercampur, meskipun mekanisme batang pengaduk magnetik sering kali digunakan untuk memperoleh larutan homogen. Teknik ini berguna untuk menjalankan reaksi kimia di bawah kondisi terkendali yang memerlukan waktu penyelesaian tertentu.

2.6 Daur Ulang Alkohol

Daur ulang (pemurnian) alkohol dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya *extractive distillation*, *pressure swing distillation*, teknologi membran, dan distilasi adsorptif (Jannah, 2016). Kelemahan dari metode *extractive distillation* yaitu membutuhkan *entrainer* yang berperan dalam mengubah tingkat asiri komponen. *Entrainer* memiliki harga yang mahal, biaya

modal dan konsumsi energi yang tinggi, serta ketergantungan pada bahan kimia beracun (Tadayon *dkk*, 2014). Metode *pressure swing distillation* dilakukan pada tekanan yang berbeda untuk memurnikan suatu campuran dengan kadar melewati titik azeotropnya. Metode ini relatif kurang efektif dan memiliki resiko tinggi (Kumar *dkk*, 2010).

Teknologi membran didefinisikan sebagai selaput tipis semi permeabel yang bersifat selektif diantara 2 fasa, sehingga hanya komponen tertentu yang dapat menembus membran sedangkan komponen lainnya akan tertahan. Kelemahan dengan menggunakan teknologi membran adalah mahal dan tidak cocok untuk diaplikasikan pada pemisahan yang melibatkan konsentrasi yang tinggi (Al-Asheh, *dkk* 2004). Metode distilasi adsorptif merupakan metode untuk memurnikan campuran yang secara simultan uap campuran hasil distilasi diadsorpsi menggunakan *molecular* (Saidi, 2014). Taufanny *dkk.*, (2015) menggunakan adsorben dalam proses distilasi adsorptif sehingga kadar etanol dapat meningkat dari 92% v/v menjadi 99,5% v/v. Metode distilasi adsorpsi efektif dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan beberapa metode lainnya. Pada metode distilasi adsorptif, fase uap campuran etanol-air dilakukan terintegrasi dengan distilasinya, jadi tidak perlu melakukan pemanasan dari awal untuk melakukan distilasi lanjut.

2.7 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses dimana zat terlarut dalam larutan terakumulasi pada permukaan bahan penyerap, setelah itu bahan diserap dan terakumulasi di dalamnya. Keduanya sering terjadi bersamaan dalam suatu proses yang disebut penyerapan. Adsorpsi memiliki apa yang disebut adsorben dan adsorbat.

Adsorben adalah zat yang menyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008).

Adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari fase cair. Adsorben biasanya menggunakan bahan yang berpori, sehingga proses adsorpsi berlangsung di dalam pori atau pada titik tertentu di dalam partikel. Pada umumnya pori-pori adsorben biasanya sangat kecil, sehingga permukaan dalam menjadi lebih besar dari permukaan luar. Pemisahan disebabkan oleh perbedaan berat molekul atau perbedaan polaritas, menyebabkan beberapa molekul menempel pada permukaan lebih rapat daripada yang lain (Saragih, 2008).

2.7.1 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat terjadi ketika molekul padat atau gas atau cair bersentuhan dengan molekul adsorbat, dalam hal ini gaya kohesif atau hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen terjadi didalam molekul dari seluruh bahan. Gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan konsentrasi molekul pada antarmuka padat-cair. Molekul cairan yang menyerap tetapi tidak menumpuk atau melekat pada permukaan adsorben disebut adsorptive, sedangkan yang menumpuk atau menempel disebut adsorbat (Ginting,2008). Proses adsorpsi menunjukkan dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan adsorben karena reaksi kimia dan fisika. Proses adsorpsi tergantung pada sifat padatan adsorben, sifat antar molekul yang teradsorpsi, konsentrasi, suhu dan banyak lagi (Khairunisa, 2008).

2.7.2 Jenis Adsorpsi

Berdasarkan kekuatan interaksinya, adsorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

- a. Adsorpsi fisik terjadi ketika gaya antarmolekul lebih besar daripada gaya tarik menarik antarmolekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dan permukaan yang menyerap. Gaya ini disebut gaya Van der Waals, sehingga adsorbat dapat berpindah dari satu bagian permukaan ke bagian adsorpsi yang lain. Gaya antarmolekul adalah gaya tarik menarik antara molekul cairan dengan permukaan padat, sedangkan gaya antarmolekul adalah gaya tarik menarik antara molekul cairan itu sendiri (Sudirjo, 2005).
- b. Adsorpsi kimia dihasilkan dari pertukaran atau penggunaan bersama electron antara molekul adsorbat dan permukaan adsorpsi, sehingga terjadi reaksi kimia. Ikatan yang berbentuk antara adsorbat dan adsorben adalah ikatan kimia, dan ikatan tersebut lebih kuat dari adsorpsi fisika (Bansal,2005).

2.8 Silika Gel

Silika gel merupakan salah satu adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena silika mudah diperoleh dan sifat permukaan (struktur geometri pori dan sifat kimia pada permukaan) yang dapat dengan mudah dimodifikasi. Silika gel memiliki beberapa kelebihan, antara lain sangat inert, hidrofilik, dan biaya sintesis yang cukup rendah. Di samping itu, bahan ini memiliki kestabilan termal dan mekanik yang cukup tinggi, relatif tidak mengembang dalam pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan polimer organik (Sulastri,2010).

Silika gel merupakan silika amorf yang tersusun dari tetrahedral SiO_4 . Ukuran pori gel silika yaitu antara 3-4 Å, sehingga mampu menyerap molekul air yang memiliki diameter 2,8 Å (Silviana, 2008). Silika gel dapat menyerap kelembaban udara hingga 40% dari beratnya. Ketika silika dalam keadaan jenuh

dengan air, gel silika dapat di aktivasi dengan pemanasan pada suhu 150°C (Perry, 2008). Silika gel memiliki luas permukaan adsorpsi sebesar 400 - 800 m²/g (Grace Davison, 2010).

Silika gel dapat juga digunakan untuk menyerap ion-ion logam dengan prinsip pertukaran ion, namun kemampuannya untuk menyerap logam terbatas. Atom O sebagai situs aktif permukaan silika gel, dalam hal ini sebagai donor pasangan elektron, merupakan spesies yang mempunyai ukuran relatif kecil dan mempunyai polarisabilitas rendah atau bersifat basa keras (Hard), sehingga kecenderungannya untuk berinteraksi dengan logam berat yang pada umumnya memiliki ukuran yang besar dan mempunyai polarisabilitas tinggi atau asam lunak (Soft) secara teoritis relatif tidak begitu kuat (Atkins, 1990). Oleh karena itu, modifikasi permukaan aktif silika gel perlu dilakukan.

Silika gel dapat disintesis melalui proses sol-gel dengan melakukan kondensasi larutan natrium silikat dalam suasana asam. Silika gel termodifikasi material anorganik dan juga gugus fungsional organik dewasa ini telah menjadi subyek penelitian yang menarik dengan berbagai kemungkinan aplikasinya. Kegunaan dari material sangat tergantung pada sifat permukaannya. Silika gel merupakan substrat yang menarik untuk organosilanisasi sebab permukaannya yang didominasi gugus hidroksil dapat bereaksi cepat dengan agen organosilan. (Cestari *dkk.*, 2000).