

www.itk.ac.id
BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan hal-hal yang berkaitan dengan biji salak, hidrolisis secara kimiawi, pengujian kromatografi lapis tipis, dan penelitian sebelumnya.

2.1 Biji Salak

Tanaman salak merupakan salah satu tanaman khas Indonesia. Tanaman salak merupakan tanaman yang dapat berbuah sepanjang tahun. Daerah-daerah di Indonesia banyak yang tercatat sebagai sentra produksi buah salak, umumnya daerah-daerah itu memproduksi buah salak yang khas. Salah satu daerah yang menghasilkan salak dengan rasa khas dalam jumlah besar adalah Kalimantan Timur (Putri, 2019). Berikut merupakan klasifikasi morfologi dari salak.

Kingdom	:	<i>Plantae</i>
Kelas	:	<i>Liliopsida</i>
Famili	:	<i>Arecaceae</i>
Genus	:	<i>Salacca</i>
Species	:	<i>Salacca Zalacca</i> (Gaertn.) Voss

Banyaknya industri olahan salak tentunya memberikan satu dampak yang tidak bisa dihindarkan, yaitu bertambahnya limbah buah salak yang terdiri atas kulit dan biji salak (Sujatmiko, 2012). Limbah salak yang bersifat kasar dan keras cukup menyulitkan untuk dapat diolah menjadi bahan yang dapat dimakan sehingga kebanyakan limbah dari salak hanya dibuang begitu saja. Menurut Supriyadi (2002), bagian buah salak yang bisa dimakan adalah sekitar 56-65%, sedangkan limbahnya adalah sebesar 35-44%, sehingga limbah salak dapat mencapai 35-44% dari jumlah salak yang diolah atau dikonsumsi.

Biji salak merupakan limbah dari buah salak yang memiliki porsi yang lebih besar daripada kulit salak. Biji salak porsinya sebesar 25-30% dari buah salak utuh, sedangkan kulit salak 10-14% (Supriyadi, 2002). Berdasarkan perbandingan

tersebut, biji salak memiliki potensi yang lebih besar untuk dimanfaatkan. Tabel 2.1 menunjukkan komposisi dari biji salak. Dari komposisi tersebut, terlihat bahwa biji salak mengandung 54,84% air dan 38,90% karbohidrat. Sehingga biji salak merupakan salah satu limbah dari buah salak yang memiliki kandungan kimia utama berupa karbohidrat (Anggraeni dkk., 2017).

Tabel 2.1 Komposisi Biji Salak

No	Zat Gizi	Kadar
1	Kadar Air	54,84 %
2	Kadar Abu	1,56%
3	Lemak	0,48%
4	Protein	4,22%
5	Karbohidrat	38,90%
6	Polifenol	0,18(mg/100g)
7	Antioksidan	0,46%

*) Kusumo, 2012



(a)



(b)

Gambar 2.1 Buah Salak (a) dan Biji Salak (b) (Rukmana, 1999)

2.2 Skarifikasi

Skarifikasi adalah sebuah metode pelunakkan biji tanpa mengurangi kualitas dari biji tersebut (Dittus dan Muir, 2010). Pada umumnya, ada dua jenis metode skarifikasi yang umum digunakan, yaitu skarifikasi termal dan skarifikasi asam. Skarifikasi termal adalah metode skarifikasi yang memanfaatkan suhu tinggi untuk memecah lapisan terluar dari biji (Tomer dan Maguire, 1989). Skarifikasi

asam adalah metode skarifikasi yang menggunakan bahan kimia berupa asam untuk melelehkan bagian terluar biji dan melunakkan biji tersebut (Can dkk., 2009).

Menurut Kimura (2012), skarifikasi dengan asam merupakan cara yang efektif untuk melunakkan biji. Efektifitas dari penggunaan asam bergantung kepada beberapa hal seperti konsentrasi asam, waktu perendaman, serta spesies bahan (Martin and De La Cuadra, 2004).

Pada penelitian ini akan digunakan air dan asam asetat untuk metode skarifikasi dengan konsentrasi asam asetat sebesar 0,5 M dan lama perendaman 24 jam.

2.3 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa organik yang terdiri atas karbon, hidrogen, dan oksigen baik dalam bentuk molekul sederhana maupun kompleks (Christian dan Vaclavik, 2003). Karbohidrat yang penting dalam ilmu gizi dibagi menjadi dua golongan yaitu karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks. Karbohidrat sederhana terdiri atas monosakarida yang merupakan molekul dasar dari karbohidrat, dan oligosakarida yang terdiri atas dua sampai sepuluh monosakarida dan saling bergabung atau terikat. Karbohidrat kompleks adalah polisakarida yang terdiri atas lebih dari dua ikatan monosakarida dan serat yang dinamakan juga polisakarida nonpati (Sari,2014).

Karbohidrat biasanya digolongkan menurut strukturnya sebagai monosakarida, oligosakarida, atau polisakarida. Istilah *sakarida* berasal dari kata Latin (*sakarum*, gula) dan merujuk pada rasa manis dari beberapa karbohidrat sederhana. Ketiga golongan karbohidrat ini berkaitan satu dengan lainnya lewat hidrolisis.



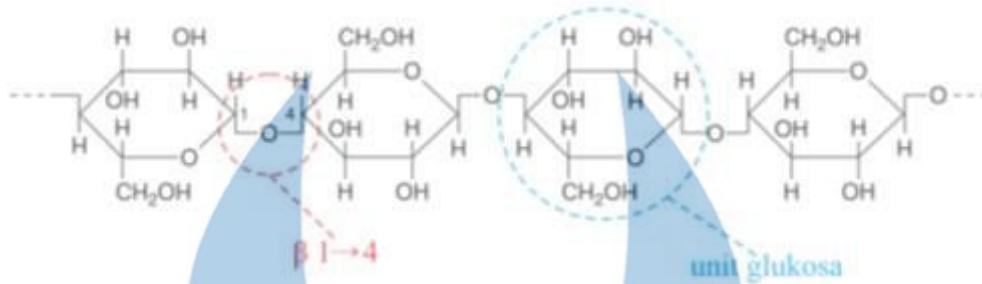
(Hart, 2003)

2.4 Selulosa

Selulosa adalah polimer organik yang paling melimpah di bumi, biasanya ditemukan pada semua tumbuhan darat dan bahkan pada banyak jenis tumbuhan air seperti contohnya alga (Xu, 2010). Selulosa adalah komponen utama penyusun

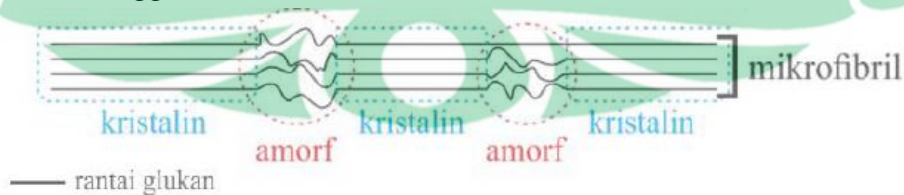
dinding sel yang berupa susunan *poliglukan* (homopolimer glukosa) (Ren dan Sun, 2010).

www.itk.ac.id



Gambar 2.2 Potongan Struktur Selulosa (Nugroho,2014)

Selulosa secara alami teratur sebagai mikrofibril dengan bobot molekul, kristalinitas, ukuran, dan bentuk yang tertentu. Mikrofibril tersebut saling berpadu dan membentuk struktur dinding sel yang kokoh (Kondo,2005). Walaupun begitu, selulosa biasanya hanya terhitung kurang dari separuh bagian dalam bobot kering dinding sel (Fry, 2011). Sebagai penyusun utama dinding sel, selulosa umumnya lebih banyak berada pada dinding sel sekunder. Pada dinding sel primer, selulosa hanya terdiri dari sekitar 6.000 unit glukosa, sedangkan pada dinding sel sekunder, jumlah glukosa penyusunnya naik mencapai 13.000-16.000 unit (Liu dan Sun, 2010). Dinding sel primer adalah dinding sel yang terbentuk pertama kali saat sel berkembang, hingga mencapai ukuran dan bentuk tertentu. Setelah itu, dinding sel sekunder akan dibentuk untuk melapisi dinding sel primer. Dinding sel sekunder utamanya disusun oleh selulosa yang mikrofibrinya beraturan sebagai lapisan-lapisan (Heldt dan Piechulla, 2011). Sebuah mikrofibril dibentuk oleh sekitar 36 rantai selulosa yang bergabung menjadi struktur kristalin berbentuk jeruji yang antar rantainya dihubungkan oleh ikatan hidrogen (Heldt dan Piechulla, 2011). Ikatan hidrogen terjadi di antara gugus hidroksil pada unit glukosil yang berdampingan, dan cukup kuat untuk membentuk kristal mikrofibril berdiameter hingga 25 nm (Lineback, 1999).



Gambar 2.3 Konformasi Rantai Glukan pada Mikrofibril Selulosa (Nugroho,2014)

www.itk.ac.id

Adanya ikatan hidrogen tersebut menjadikan mikrofibril sangat resisten terhadap degradasi kimiawi dan biologis, memiliki kelarutan yang sangat rendah, dan menyebabkannya sangat sulit untuk dihidrolisis (Lineback, 1999; Heldt dan Piechulla, 2011). Namun demikian, di dalam mikrofibril selulosa juga terdapat bagian yang kurang teratur yang disebut sebagai daerah amorf (Xu, 2010), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. Bagian amorf tersebut hanya memiliki porsi antara 10-15% dari total bobot selulosa, dan merupakan bagian yang lebih mudah terhidrolisis oleh asam (Lineback, 1999).

2.5 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan biopolimer yang paling melimpah kedua dalam tanaman setelah selulosa (Ren dan Sun, 2010). Hemiselulosa merupakan salah satu polimer karbohidrat utama penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa dan pektin (Spiridon dan Popa, 2005). Hemiselulosa dapat membentuk ikatan hidrogen dengan mikrofibril selulosa, yakni dapat melapisi mikrofibril tersebut atau juga dapat merentang di antara mikrofibril dan menghubungkan mikrofibril-mikrofibril tersebut untuk membentuk jaringan (McCann dan Knox, 2011). Selain membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa, hemiselulosa juga dapat membentuk ikatan kovalen dengan lignin (terutama ikatan eter α -benzil) dan ikatan ester dengan unit asetil dan asam hidroksisinamat (Ren dan Sun, 2010). Hemiselulosa juga dapat berasosiasi dengan beberapa macam protein dan fenolik dalam pembangunan dinding sel (Waldron et al., 2003).

Hemiselulosa dibedakan dengan selulosa karena hemiselulosa merupakan jenis heteropolisakarida yang kompleks (Ren dan Sun, 2010). Jenis hemiselulosa sangat beragam, sehingga secara umum diklasifikasikan berdasarkan unit gula penyusun rantai utamanya, seperti xilan, mannan, dan glukukan (Wyman et al., 2005). Kestabilan kimia dan termal dari hemiselulosa pada umumnya lebih rendah dibandingkan dengan selulosa, hal tersebut dimungkinkan karena derajat polimerisasinya yang lebih rendah (Spiridon dan Popa, 2005). Hemiselulosa merupakan polimer yang terkadang bercabang dengan bobot molekul yang rendah dengan derajat polimerisasi berkisar 80-200 (Ren dan Sun, 2010), sementara

selulosa merupakan homopolimer linear yang berbentuk kristal dan teratur sebagai fibril (Xu, 2010) dan memiliki derajat polimerisasi antara 1.000-30.000 bergantung pada asalnya (Schubert et al., 2011). Selain itu struktur hemiselulosa yang amorf juga menjadikannya lebih mudah terdepolimerisasi dibandingkan selulosa (Wyman et al., 2005).

Hemiselulosa yang paling sering muncul dalam biji adalah dalam bentuk mannan, yakni polimer manosa rantai panjang dengan kemungkinan kecil terdapat sedikit rantai samping berupa gula lain yang utamanya adalah galaktosa (Bewley et al., 2013). Jumlah rantai cabang galaktosa yang sangat sedikit pada mannan atau dapat disebut sebagai mannan murni dalam biji, menyebabkan mannan tersebut tidak larut dalam air (Buckeridge et al., 2000).

2.6 Oligosakarida

Oligosakarida merupakan gula rantai pendek dari polisakarida yang terdiri atas 2 hingga 20 unit sakarida. Oligosakarida banyak terdapat dalam biji-bijian, kacang-kacangan dan ubi-ubian yang memiliki karakteristik senyawa oligosakarida terdiri atas susunan monosakarida antara lain glukosa, galaktosa, xylosa, dan fruktosa. Oligosakarida memiliki berat molekul lebih rendah dibawah polisakarida (Manning dan Gibson, 2004). Sebagian besar oligosakarida berfungsi sebagai bahan pangan prebiotik.

Menurut Aiyer (2005), terdapat beberapa oligosakarida turunan pati yang memiliki banyak manfaat di bidang pangan, misalnya maltosa banyak digunakan sebagai pemanis, suplemen gula pada intravena. Sirup maltotetraosa dijadikan sebagai pengganti sukrosa yaitu dapat mengurangi manisnya makanan tanpa mempengaruhi rasa dan aroma, serta dapat menjaga kelembaban dalam pangan. Selain itu, oligosakarida juga dapat digunakan sebagai pangan fungsional yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas bahan makanan, modifikasi rasa makanan, dan karakter fisikokimia yang menguntungkan bagi kesehatan konsumen.

Oligosakarida ditemukan secara alami dalam buah-buahan, sayuran, susu, dan madu. Oligosakarida banyak digunakan dalam minuman, susu bubuk balita,

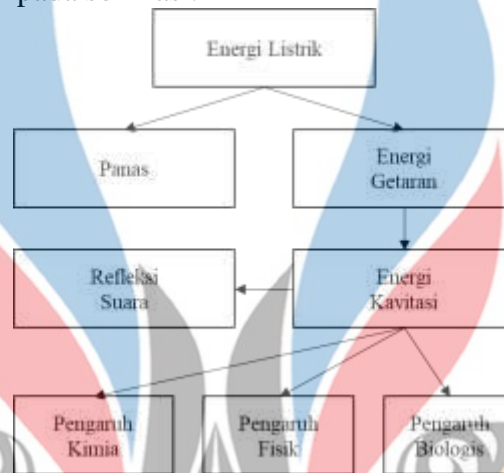
permen, roti, *yoghurt*, dan produk turunan susu (Marlis, 2008). Oligosakarida juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan prebiotik. Prebiotik didefinisikan sebagai komponen pangan yang tidak tercerna dan memberikan keuntungan pada inang melalui modulasi mikroflora (FAO, 2007). Prebiotik menyebabkan mikroflora yang bermanfaat bagi kesehatan dapat tumbuh lebih baik dibandingkan mikroflora patogen. Mikroflora tersebut terdapat di dalam usus besar dan bermanfaat untuk pencernaan misalnya *Bifidobacterium spp.*, *Eubacterium spp.*, dan *Lactobacilus spp.* Mikroflora tersebut akan bersaing dengan mikroflora patogen yang terbawa masuk ke saluran pencernaan melalui makanan (Ruberfroid, 2007).

2.7 Sonikasi

Gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanik dengan frekuensi yang lebih tinggi dari 20.000 Hz, yang tidak dapat dideteksi oleh pendengaran manusia. Teknologi ultrasonik telah berhasil digunakan dalam banyak proses perpindahan massa dalam makanan, seperti dalam pengeringan, ekstraksi, dehidrasi osmotik, *desalting* dan hidrasi. Selama beberapa tahun terakhir, gelombang ultrasonik juga banyak diterapkan sebagai teknik yang efisien untuk mematahkan dormansi benih dan meningkatkan karakteristik perkecambahan. Sonikasi (UAE) memanfaatkan energi gelombang ultrasonik untuk mengekstrak bahan alam (Toma,2001).

UAAH merupakan bentuk modifikasi dari *ultrasound-assisted extraction* (UAE) dengan hidrolisis asam. Penggunaan UAAH tergolong lebih sederhana, murah, hemat energi, dan cocok untuk pengolahan makanan. UAAH dapat digunakan sebagai metode depolimerisasi. Ketika diaplikasikan pada larutan polimer seperti polisakarida, gelombang ultrasonik menghasilkan gelombang tekanan yang menyebabkan kavitasi yang terdiri dari nukleasi, pertumbuhan, dan pecahnya gelembung mikro. Monomer di sekitar gelembung yang pecah bergerak dengan kecepatan jauh lebih tinggi daripada monomer yang letaknya lebih jauh (Saleh, 2016).

Menurut Wood (2017), ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi di dalam *Ultrasonic Bath*. Beberapa faktor tersebut diantaranya daya ultrasonik, suhu, frekuensi, dan waktu. Dari hasil penelitian Dandan (2011), daya ultrasonik dapat meningkatkan hasil ekstraksi. Hal ini dikarenakan daya ultrasonik dipercaya sebagai *driving force* dalam proses penguraian dari suatu padatan (Dandan,2011). Berikut merupakan diagram alir konversi energi listrik pada sonikasi.



Gambar 2.4 Diagram Alir Konversi Energi Listrik (Kasaai, 2013)

Pada penelitian ini, proses UAAH akan dimanfaatkan untuk proses hidrolisis asam dengan variabel daya dan waktu tertentu serta variabel daya dan konsentrasi tertentu.

2.8 Asam

Asam dapat dengan mudah kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Dalam makanan, minuman, buah-buahan, air hujan bahkan di dalam tubuh kita. Berdasarkan asalnya, asam dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu asam organik dan asam mineral. Asam organik berasal dari sumber alami (tumbuhan dan hewan), umumnya bersifat asam lemah. Contoh asam organik adalah asam sitrat terdapat dalam buah jeruk, asam format terdapat dalam gigitan/sengatan semut dan sengatan lebah dan asam asetat yang terdapat dalam cuka makan. Asam mineral adalah senyawa asam seperti asam klorida (asam lambung) terdapat dalam sistem pencernaan manusia dan hewan. Asam mineral banyak juga dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dan umumnya bersifat asam kuat. Contoh asam mineral adalah asam klorida yang digunakan secara luas dalam

industri, asam sulfat untuk aki mobil dan asam fluorida yang biasanya digunakan pada pabrik kaca. (Rintayati, 2016).

2.9 Suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis dan hasil hidrolisis yang diperoleh. Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius dimana semakin tinggi suhu, maka semakin cepat jalannya reaksi. Kecepatan reaksi hidrolisis akan meningkat hampir 2 kali untuk setiap kenaikan suhu 10°C (Groggins, 1958).

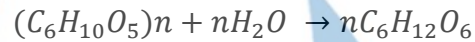
Berdasarkan data MSDS, asam asetat memiliki titik didih sebesar 118°C sedangkan larutan asam sitrat memiliki titik didih 175°C (LabChem, 2012 ; Merck, 2006). Sehingga pada penelitian ini akan digunakan variasi suhu $<70^{\circ}\text{C}$.

2.10 Hidrolisis Kimiawi

Proses hidrolisis karbohidrat adalah pemutusan rantai polimer (polisakarida) menjadi unit-unit oligosakarida dan monosakarida. Secara sederhana, arti hidrolisis yaitu proses pembelahan ikatan kimia dengan penambahan air. Sehingga hidrolisis adalah reaksi kimia antara air dengan rantai polimer yang panjang untuk menghasilkan polimer yang baru (Sylvia, 2015). Hidrolisis karbohidrat dapat dilakukan dengan bantuan asam atau enzim pada suhu, pH dan waktu tertentu. Penggunaan asam untuk hidrolisis polisakarida diketahui telah ditemukan sejak awal abad ke-20 (Binod et al., 2011). Proses hidrolisis menggunakan senyawa asam, baik asam lemah maupun asam kuat, dapat menginversi atau memotong polisakarida karbohidrat dengan baik dibandingkan menggunakan basa. Penggunaan basa untuk hidrolisis akan mengakibatkan karamelisasi pada struktur polisakarida yang akan diteliti (Praptiningsih, 1999). Penambahan asam dikarenakan reaksi menggunakan air berlangsung sangat lambat, sehingga perlu penambahan katalis. Asam digunakan dikarenakan cepat menguap dan tidak berbahaya dalam konsentrasi kecil (Yunaiwati, 2011). Dalam hidrolisis asam, tingkat pemecahan polimer atau depolimerisasi sangat bergantung pada lama waktu proses, suhu proses, dan kekuatan asam (BeMiller dan Whistler, 1996).

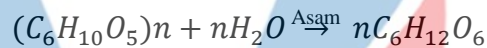
Reaksi hidrolisis yang terjadi tanpa penambahan asam dan setelah penambahan asam adalah sebagai berikut.

1. Berikut adalah reaksi kimia secara umum yang terjadi dalam proses hidrolisis pada karbohidrat.



(Hart, 2003)

2. Berikut adalah reaksi kimia yang terjadi dalam proses hidrolisis kimiawi pada karbohidrat. Hidrolisis kimiawi pada karbohidrat adalah reaksi pemutusan rantai dari polisakarida menjadi oligosakarida dan monosakarida dengan menggunakan asam yang bertindak sebagai katalis.



(Yunaiwati,2011)

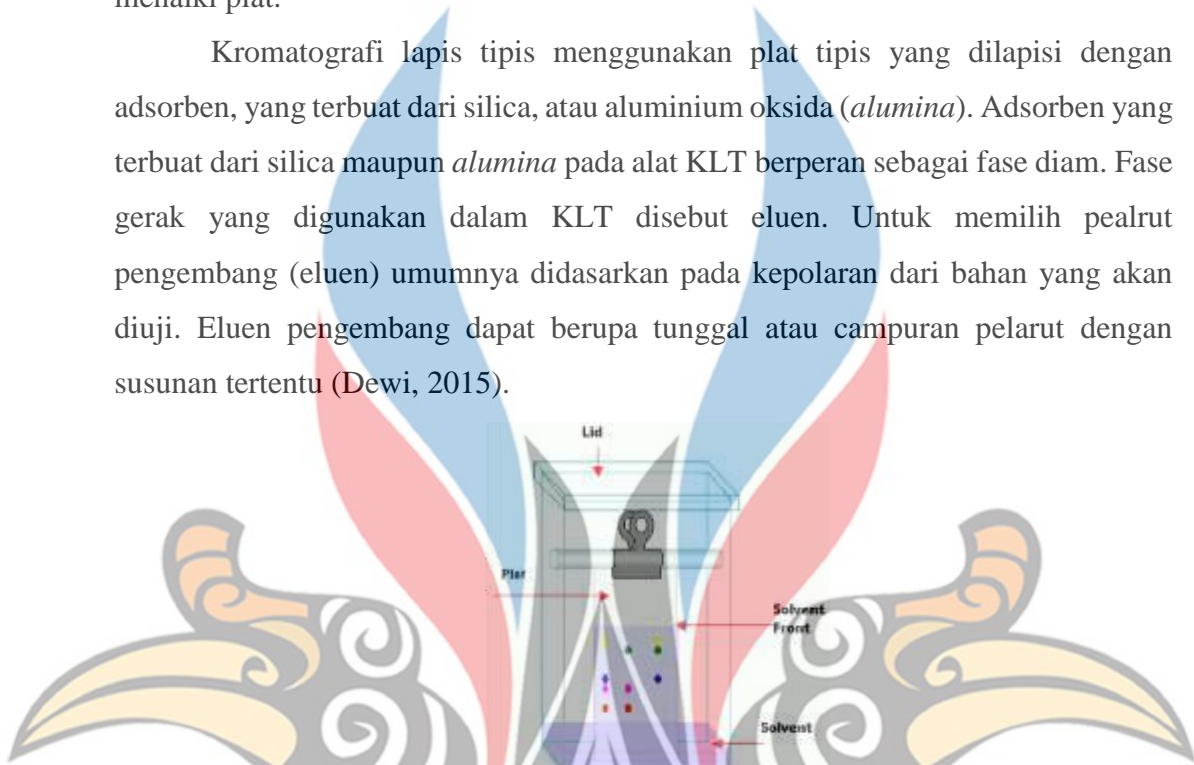
Berdasarkan penelitian sebelumnya, hidrolisis dengan menggunakan asam lemah (asam asetat dan asam sitrat) menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan asam kuat (HCL, H₃PO₄, dll). Sehingga pada penelitian ini pelarut yang digunakan dalam menghidrolisis polisakarida untuk memproduksi oligosakarida adalah asam sitrat dengan konsentrasi tertentu.

2.11 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Kromatografi adalah teknik pemisahan campuran zat yang berdasarkan atas perbedaan migrasi dari masing-masing komponennya pada fase diam dibawah pengaruh suatu pelarut (eluen) yang bergerak atau yang disebut fase gerak. Kromatografi lapis tipis (KLT) adalah salah satu bentuk atau model dari kromatografi padat-cair dimana sampel diaplikasikan sebagai noda atau *spot* (Fried, B and Sherma J, 1996). Standar yang digunakan pada kromatografi lapis tipis untuk menentukan oligosakarida biasanya ialah glukosa, maltosa, maltotriosa, dan maltopentosa. (Lestyo W,2011). Prinsip dari KLT adalah dimana suatu analit bergerak melintasi lapisan fase diam di bawah pengaruh fase gerak, yang bergerak melalui fase diam sehingga kepolaran dalam senyawa fase gerak sangat penting dengan pengaruh pada jarak tempuh senyawa tersebut pada fase diam. Apabila semakin dekat kepolaran antara sampel dengan eluen maka sampel akan semakin

terbawa oleh fase gerak. Watson (2005) menyatakan bahwa semakin polar suatu senyawa fase gerak, semakin sedikit waktu yang dibutuhkan fase gerak untuk bergerak menyusuri plat sehingga semakin pendek jarak tempuh senyawa tersebut menaiki plat.

Kromatografi lapis tipis menggunakan plat tipis yang dilapisi dengan adsorben, yang terbuat dari silica, atau aluminium oksida (*alumina*). Adsorben yang terbuat dari silica maupun *alumina* pada alat KLT berperan sebagai fase diam. Fase gerak yang digunakan dalam KLT disebut eluen. Untuk memilih pelarut pengembang (eluen) umumnya didasarkan pada kepolaran dari bahan yang akan diuji. Eluen pengembang dapat berupa tunggal atau campuran pelarut dengan susunan tertentu (Dewi, 2015).



Gambar 2.5 Kromatografi Lapis Tipis (Dewi, 2015)

Kepolaran eluen sangat berpengaruh terhadap faktor retensi (R_f) yang diperoleh. Faktor retensi adalah jarak tempuh komponen dibagi dengan jarak yang ditempuh larutan eluen. Rumus faktor retensi ialah sebagai berikut :

$$R_f = \frac{\text{Jarak Tempuh Komponen}}{\text{Jarak Tempuh Eluen}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Beberapa alasan digunakannya KLT diantaranya adalah penggunaan yang mudah, dapat digunakan secara luas pada sampel yang berbeda, dapat dilihat pemisahan sampel dengan mata normal dan biaya relatif murah (Touchstone, J. C dan Dobbins, M.F, 1983). KLT dapat digunakan untuk :

1. Mengetahui kemurniaan suatu senyawa
2. Memisahkan dan mengidentifikasi komponen dalam suatu campuran
3. Mengetahui analisis kualitatif dari satu sampel atau lebih yang terdapat pada sampel

2.12 Penelitian Terdahulu

Di bawah ini adalah tabel dari penelitian yang telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir :

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul dan Hasil
1	Astrid Indrajati E, 2006	Judul: Produksi Sirup FOS (Fruktooligosakarida) Dari Tepung Inulin Secara Hidrolisis Asam Hasil: Fruktooligosakarida menggunakan asam klorida dengan konsentrasi 0,1 M dan 0,5 M. Waktu hidrolisis 5 menit 10 menit dan 15 menit. Derajat Polimerisasi berkisar dari 2,24 sampai 5,49
2	Murni Y, dkk, 2011	Judul: Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Pisang Tanduk Dengan Katalisator Asam Klorida Hasil: Glukosa, dengan menggunakan asam klorida dengan konsnetrasi 2,5 N. dengan kondisi suhu 90 ⁰ C dengan lama waktu hidrolisis selama 10 menit.
3	Irma Susanti, dkk 2012	Judul: Studi Kandungan Oligosakarida Berbagai Jenis Ubi Jalar dan Aplikasinya sebagai Minuman Fungsional. Hasil: Hidrolisis oligosakarida dengan etanol 70% dengan waktu 20 jam Standar KLT: stakiosa

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul dan Hasil
		(0,65), rafinosa (0,42). Kandungan oligosakarida pada ubi jalar tertinggi rafinosa 0,15%, stakiosa sebesar 0,02%.
4	Larhipah H Lubis, 2017	Judul: Proses Hidrolisis Ampas Singkong Menjadi Glukosa: Pengaruh Asam encer (HCl) Dan Konsentrasi Substrat. Hasil: Glukosa, dengan konsentrasi HCl 0,33 M dan 0,66 M menggunakan waktu 90 menit. Hasil pH setiap konsentrasi HCl 0,33 M memiliki nilai pH 4,3 sedangkan untuk konsentrasi HCl 0,66 M 3,9. Derajat Polimerisasi 0 sampai 1,99
5	Sasongko, A, dkk. 2019	Judul : Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong untuk Produksi Oligosakarida melalui Hidrolisis Kimiawi Hasil : Oligosakarida, dengan konsentrasi 0,4 M sampai 0,7 M. Didapatkan derajat polimerisasi sebesar 2-9 pada hidrolisis oligosakarida menggunakan jenis asam fosfat, asam asetat, dan asam sitrat