

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekarang ini banyak terjadi pencemaran atau polusi yang terjadi disekitar lingkungan manusia dan membuat keadaan semakin memburuk. Pada umumnya, polutan ini bersifat racun atau toksik yang berbahaya bagi manusia. Salah satu polutan yang berbahaya adalah logam berat yaitu kadmium (Cd) dan tembaga (Cu). Bahan pangan seperti buah, sayuran, hasil laut berupa kerang dan ikan sudah mulai terpapar oleh logam berat. Bila bahan-bahan yang telah terpapar logam berat dikonsumsi oleh manusia maka paparan tersebut akan tersebar langsung ke tubuh. Paparan logam berat yang terus-menerus akan terakumulasi didalam tubuh baik hati dan ginjal. Efek toksik dari Cd dan Cu adalah gangguan sistem saraf, gangguan pada saluran pernafasan, kelumpuhan, gangguan kardiovaskuler, kerusakan hati dan ginjal yang dapat menyebabkan kematian dini.

Adanya efek toksik yang disebabkan oleh Cd maupun Cu menjadikan kedua logam ini digolongkan dalam logam berat beracun. Salah satu cara untuk mengurangi akumulasi logam berat beracun ini dengan menggunakan bahan pektin. Pektin merupakan senyawa alami yang memiliki kemampuan membentuk geldanbersifat selektifmereduksi dan mengikatlogam. Pektin banyak terdapat pada daun, kulit dan buah pada berbagai tanaman.

Pektin dapat ditemukan pada sayur-sayuran dan buah-buahan seperti tomat, wortel, jeruk, apel, dan pisang. Salah satu buah yang sering digunakan pada beberapa penelitian adalah jeruk. Bagian buah jeruk yang biasa digunakan pada penelitian adalah kulit maupun ampasnya yang dapat menghasilkan pektin. Maka dipilihlah buah jeruk sebagai bahan pembuatan pektin.

Pektin termasuk dalam *chelating agent* karena kemampuannya sebagai bisorben logam berat beracun seperti kadmium dan tembaga. *Chelating agent* akan mengikat logam dalam tubuh dan mengendalikan jumlah logam didalam tubuh sehingga kadar logam beracun dalam tubuh menurun. Hal ini terbukti pada penelitian yang sudah ada

sebelumnya, pektin mampu mengikat logam Cd dan Cu secara efektif dengan total recovery terhadap Cd dan Cu sebesar $82,916 \pm 1,825\%$ dan $130,130 \pm 3,039\%$.

Tanpa disadari sebenarnya manusia menghadapi berbagai paparan logam berat beracun, baik melalui makanan, udara dan pekerjaan. Kemampuan pektin dalam menurunkan akumulasi dari logam berat beracun dalam tubuh sangat perlu ditingkatkan. Maka pektinberpeluang untuk diaplikasikan dalam produk pangan. Pada beberapa penelitian pektin sudah terbukti dapat mengikat logam-logam beracun, karena kemampuannya ini pektin perlu dikembangkan pada beberapa produk pangan.

Saat ini orang tertarik untuk mengonsumsi produk *bakery* seperti *cupcake* dengan berbagai variasi. Penggunaan pektin dalam produk *bakery* juga jarang sekali ditemukan. Pemanfaatancupcake untuk aplikasi pektin sebagai biosorben ini sangat menarik untuk dilakukan. Bahan dasarcupcake berupa tepung mocaf digunakan sebagai variasi lain dari cupcakepada umumnya. Penggunaan tepung mocaf sebagai bahan dasar dikarenakan tepung mocaf ini memiliki karakteristik yang hampir sama dengan tepung terigu namun belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat.

Pengembangan kemampuan pektin pada produk *cupcake* ini diharapkan bisa menjadi suatu alat yang potensial ditinjau dari daya ikatnya terhadaplogam berat beracun.Selain untuk mengembangkan kemampuan pektin, makaperlu dicari konsentrasipektin terbaik yang mampu menghasilkan pengikatan logam Cd dan Cu terbesar.

1.2. Tinjauan Pustaka

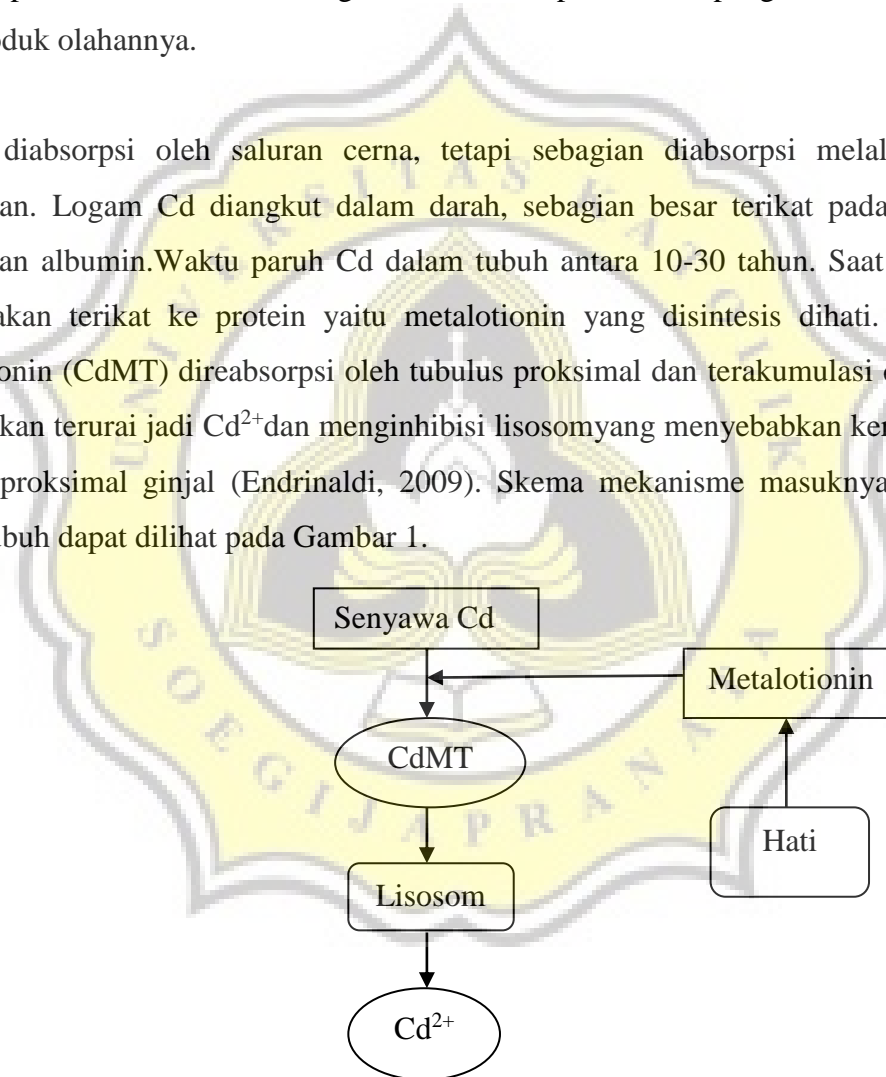
1.2.1. Logam Berat

Logam berat merupakan zat beracun yang bersifat karsinogenik atau logam yang menimbulkan toksisitas(Duffus, 2002). Paparan logam berat secara terus-menerus akan menyebabkan akumulasi yang berefek negatif terhadap kesehatan manusia. Logam berat terpapar ke lingkungan melalui limbah, sampah organik, pembakaran sampah, dan emisi transportasi. Logam berat tidak bisa dihancurkan, bila terbawa tanah atau air akan menetap dalam jangka waktu lama (Agarwal, 2009).

Kadmium (Cd)

Cd adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, dan mudah bereaksi. Cd memiliki nomor atom 40, berat atom 112,4, titik leleh 321°C , titik didih 767°C dan memiliki massa jenis $8,65 \text{ g/cm}^3$ (Istarani dan Pandebesie, 2014). Menurut Ridwan (2011), logam ini juga sering digunakan dalam industri baterai, plastik, dan pewarna industri tekstil. Cd tidak terdegradasi dan dapat masuk melalui rantai makanan (Kurniasari *et al*, 2014). Logam Cd berbahaya karena beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Cd seringkali ditemukan pada bahan pangan ikan dan kerang serta produk olahannya.

Cd sulit diabsorpsi oleh saluran cerna, tetapi sebagian diabsorpsi melalui saluran pernafasan. Logam Cd diangkut dalam darah, sebagian besar terikat pada sel darah merah dan albumin. Waktu paruh Cd dalam tubuh antara 10-30 tahun. Saat logam Cd masuk akan terikat ke protein yaitu metalotionin yang disintesis dihati. Kadmium metalotionin (CdMT) direabsorpsi oleh tubulus proksimal dan terakumulasi di lisosom. CdMT akan terurai jadi Cd^{2+} dan menghambat lisosom yang menyebabkan kerusakan sel tubulus proksimal ginjal (Endrinaldi, 2009). Skema mekanisme masuknya kadmium dalam tubuh dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme Toksisitas Senyawa Cd dalam Tubuh (Endrinaldi, 2009)

Tembaga (Cu)

Cu merupakan logam yang berwarna merah muda dan lunak sehingga mudah ditempa dan sifatnya liat. Cu memiliki nomor atom 29 dan berat atom 63,55 g/mol. Tembaga (Cu) memiliki titik lebur 1038°C, mudah larut dalam asam nitrat akan tetapi tidak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer. Tembaga sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) merupakan jenis tembaga yang digunakan dalam bidang industri pewarna tekstil, penyepuhan, dan pelapisan. Tembaga sulfat pentahidrat juga digunakan dalam bidang pertanian dan peternakan sebagai fungisida, dan pupuk Cu (Alloway, 1995). Kadar Cu dalam tanah dapat meningkat akibat pemakaian pupuk, pestisida maupun *growth regulator* yang berlebihan. Sifat dari Cu adalah stabil dan tidak mudah rusak sehingga logam Cu yang masuk dalam tanah akan terakumulasi dan meningkat terus-menerus (Hardiani, 2009).

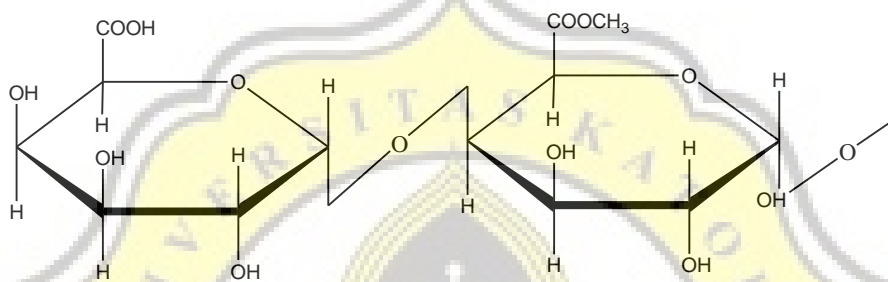
Absorpsi dari Cu terjadi dibagian perut dan duodenum. Metabolisme dari Cu didalam tubuh terpusat dibagian hati. Logam Cu akan terakumulasi didalam hati dan bergabung membentuk enzim dan dikeluarkan melalui ikatan plasma. Waktu paruh dari tembaga adalah 20 hari pada orang dewasa. Konsentrasi Cu yang tinggi dapat ditemukan dalam bagian hati dan otak (Schrenk, 2012)

1.2.2. Pektin

Pektin berasal dari bahasa Latin "*pectos*" yang berarti pengental (Herbstreith dan Fox, 2005). Pektin merupakan senyawa polisakarida dengan bobot molekul tinggi dan banyak terdapat pada dinding sel tumbuhan. Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan 1,4-glikosidik dan banyak terdapat pada lamella tengah dinding sel tumbuhan. Menurut Sharma *et al* (2006) dalam Kurniasari *et al* (2014) berdasarkan derajat esterifikasinya, maka pektin dapat diklasifikasikan menjadi *high methoxyl pectin* (HMP) dan *lowmethoxyl pectin* (LMP). HMP memiliki derajat esterifikasi lebih dari 50%, sedangkan LMP mempunyai derajat esterifikasi kurang dari 50%.

Pektin dengan jenis *lowmethoxyl pectin* (LMP) dapat menyerap logam lebih baik karena mengandung gugus karboksilat (COOH).Gugus karboksilat dari pektin yang bermuatan

negatif akan menarik kation logam berat sehingga terbentuk *cross-link*. Natrium, kalium dan ion monovalen dapat terikat pada rantai pektin sedangkan *divalentcation* diikat LMP dengan mekanisme egg-box (Brejnholt, 2010). Struktur kimia pektin dapat dilihat pada Gambar 1. Reaktivitas pektin terhadap ion logam berat sangat tergantung pada derajat esterifikasinya. Pektin yang digunakan sebagai biosorben ini harus memiliki kadar metoksil yang rendah (kurang dari 7 %). Semakin rendah kadar metoksil pektin maka sifat pembentukan jeli semakin berkurang, sehingga jenis pektin ini cocok sebagai biosorben adalah LMP (Kurniasari *et al*, 2012).



Gambar 2. Struktur Kimia Pektin (asam α -galakturonat) (Tarigan *et al*, 2012)

Pada beberapa penelitian mengenai pektin salah satu bahan yang paling sering digunakan adalah buah jeruk. Menurut Hariyati (2006), bagian utama buah jeruk dari luar sampai ke dalam adalah kulit (tersusun atas flavedo, kelenjar minyak, albedo dan ikatan pembuluh), segmen-segmen (dinding segmen, rongga cairan, biji), *core* (bagian tengah yang terdiri dari ikatan pembuluh dan jaringan parenkim). Juring atau lamella pada jeruk banyak mengandung pektin. Pektin pada buah jeruk yang bila dikonsumsi menjadi jus dengan dagingnya akan bermanfaat sebagai pembersih racun dari dalam tubuh.

Pektin termasuk dalam *chelating agent* atau senyawa pengkelat karena kemampuannya yang mampu mengikat logam. Proses pengkelatan dipengaruhi oleh konsentrasi senyawa yang ada, jenis pengkelat, kecepatan dan cara pengadukan, pH waktu kontak dan teknik penyaringan. Pektin sebagai senyawa pengkelat terdiri dari gugus fungsional dimana gugus tersebut akan bereaksi dengan ion logam berat untuk membentuk senyawa kompleks tidak larut air. Pektin mampu mengikat logam karena adanya gugus-gugus aktif yang memiliki pasangan elektron bebas terhadap kation logam sehingga

kation logam tertarik dan berikatan membentuk kompleks pektin-logam (Suryaningtyas, 2014).

Kemampuan pektin sebagai *chelating agent* telah dibuktikan dalam beberapa penelitian. Pada penelitian pektin dari ampas jeruk keprok mampu mengikat Cd dan Cu dengan total recovery sebesar $82,916 \pm 1,825\%$ dan $130,130 \pm 3,039\%$. Waktu kontak yang digunakan adalah 30 menit dan mampu menyerap Cd serta Cu secara efektif sehingga didapatkan hasil recovery tertinggi (Setiawan, 2012). Pada penelitian lain, pektin dari jeruk mampu mengikat Cd dan Cu sebesar $38,43 \pm 2,75\%$ dan $80,01 \pm 1,96\%$. Pada penelitian ini menunjukkan hasil *recovery* dari pektin buah jeruk lebih baik bila dibandingkan dengan pektin buah durian (Wong *et al*, 2008). Menurut Suryaningtyas *et al*. (2014), pektin dari kulit jeruk manis efektif mengikat logam berat, salah satunya logam Cr sebesar 51% dan lama waktu kontak 2 jam. Pada penelitian lain yang menggunakan pektin dari kulit jeruk siam menunjukkan kemampuan menyerap logam Cu sebesar 26,61% dengan waktu kontak 1 jam (Ina *et al*, 2014).

1.2.3. Produk Cupcake

Kemampuan pengikatan logam oleh pektin sangat perlu diaplikasikan dalam produk pangan. Aplikasi pektin pada produk *bakery* jarang ditemukan. Pada produk jelly, permen dan susu, bahan pektin sering digunakan dan berfungsi sebagai pengental. Beberapa penelitian menunjukkan sifat pektin yang terbukti mampu sebagai biosorben logam beracun, maka pemanfaatan *cupcake* ini bertujuan meningkatkan potensi pektin dilihat dari daya ikatnya terhadap logam. Bahan dasar dari *cupcake* ini menggunakan tepung mocaf, bukan tepung terigu seperti biasanya. Pemilihan bahan dasar tepung mocaf didasarkan untuk variasi lain dari *cupcake* pada umumnya dan keunggulannya.

Tepung mocaf dikenal sebagai "*modified cassava flour*" atau tepung singkong yang telah dimodifikasi. Tepung ini telah dimodifikasi dengan adanya perlakuan fermentasi sehingga dihasilkan tepung singkong dengan karakteristik yang mirip tepung terigu. Oleh karena karakteristik tepung mocaf yang mirip dengan tepung terigu maka dapat digunakan sebagai bahan pengganti terigu 100%. Tepung mocaf tidak memiliki kandungan protein tinggi seperti tepung terigu, akan tetapi kandungan patinya lebih

besar dibandingkan tepung terigu yaitu 87,3%. Kadar air tepung mocaf mencapai 6,9%, sedangkan tepung terigu 12%, sehingga tepung mocaf lebih tahan terhadap pertumbuhan jamur yang mampu merusak produk. Kadar air ini juga mempengaruhi daya simpan produk, dimana umur simpan tepung mocaf lebih lama dibandingkan terigu (Salim, 2011).

Tahap terpenting dalam pembuatan tepung mocaf adalah proses fermentasi yang menyebabkan teksturnya berbeda dengan tepung singkong biasa. Mikroba yang ada dalam proses fermentasi menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel singkong sehingga terjadi liberasi granula pati (pecahnya ikatan senyawa pati). Adanya proses liberasi ini menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yaitu derajat viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi dan kemudahan melarut lebih baik (Salim, 2011). Senyawa asam dari proses fermentasi akan menghasilkan aroma dan citarasa khas sehingga menutupi aroma singkong yang cenderung langu.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui efektivitas *cupcake* mocaf yang diperkaya dengan pektin jeruk keprok dalam mengikat logam Cd dan Cu dalam sistem *in vitro*.
- Menentukan konsentrasi pektin terbaik dalam *cupcake* mocaf, yang menghasilkan pengikatan logam Cd dan Cu terbesar.