

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Jeruk manis (*Citrus sinensis*)

Indonesia terdapat berbagaimacam varietas jeruk. Keragaman jeruk sangat tinggi yang ditunjukkan oleh banyaknya anggota pada marga *Citrus* (Karsinah, dkk., 2002). Meskipun demikian, yang dianggap sebagai jeruk yang asli hanya 3 kelompok yaitu mandarin, jeruk besar dan sitron, sedangkan yang lainnya hasil persilangan dari ketiga kelompok tersebut. Kelompok mandarin sendiri terdiri dari banyak spesies yang secara fenotipik berbeda jauh (Barret dan Rhodes, 1976 dalam Hajrah, 2009).

Penyebaran beberapa species jeruk khususnya di Indonesia, sangat cepat dan luas, hal ini ditandai dengan banyaknya bermunculan varietas-varietas jeruk local komersil dari beberapa spesies seperti jeruk keprok garut (Jawa Barat), Tawangmangu (Jawa Tengah), Blinyu (Jawa Timur), Batu 55 (Jawa Timur), Pulung (Ponorogo), siam Pontianak (Kalimantan Barat), siam madu (Sumatera Utara) dan siam banjar (Kalimantan Selatan), sedangkan untuk jeruk manis antara lain jeruk manis pacitan (Jawa Timur) dan jeruk manis punten (Jawa Timur) (Hardiyanto, dkk., 2004). Kehadiran jeruk varietas local ini kemungkinan sebagai variasi dalam populasi dari berbagai daerah (Hajrah, 2009). Beberapa varietas jeruk manis yang telah beradaptasi baik di berbagai daerah, salah satu diantaranya adalah jeruk manis pacitan.

Kedudukan taksonomi tanaman jeruk manis sebagai berikut (Steenis, 1992) :

Kerajaan : Plantae
 Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
 Sub-divisi : Angiospermae (berbiji tertutup)
 Kelas : Dicotyledonae (biji berkeping dua)
 Bangsa : Rutales
 Famili : Rutaceae
 Marga : Citrus
 Jenis : *Citrus sinensis*

Jeruk manis (*Citrus sinensis*), yang mempunyai ciri tanaman perdu dengan ketinggian 3- 10 meter, ranting berduri; duri pendek berbentuk paku. Tangkai daun panjang 0,5 – 3,5 cm. helaian daun bulat telur, elliptis atau memanjang, dengan ujung tumpul atau meruncing tumpul. Mahkota bunga putih atau putih kekuningan. Buah bentuk bola, atau bentuk bola tertekan berwarna kuning, oranye atau hijau dengan kuning. Daging buah kuning muda, oranye kuning atau kemerah-merahan dengan gelembung yang bersatu dengan yang lain (Steenis, 1992)

Jeruk manis mempunyai rasa yang manis, kandungan air yang banyak dan memiliki kandungan vitamin C yang tinggi (berkisar 27-49 mg/100 gram daging buah). Vitamin C bermanfaat sebagai antioksidan dalam tubuh, yang dapat mencegah kerusakan sel akibat aktivitas molekul radikal bebas (Kusuma retno dkk, 2013). Sari buah jeruk manis mengandung 40-70 mg vitamin C per 100 ml, tergantung jenis jeruknya. Makin tua buah jeruk, umumnya kandungan vitamin C semakin berkurang, tetapi rasanya semakin manis (Anonim, 2007).

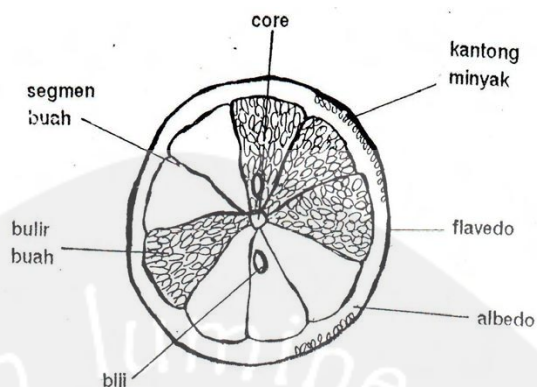
Jeruk manis pacitan berkulit hijau dengan sedikit semburat kuning. Jeruk manis pacitan memiliki rasa paling manis, bahkan sudah terasa manis sebelum

matang sehingga sering diberikan kepada bayi dan mendapat julukan jeruk “baby” (Sutopo, 2011). Buah jeruk manis pacitan memiliki bentuk bulat dengan bagian atas hampir meruncing dan bagian bawah mendatar (gambar 1). Kulitnya lebih tebal dibandingkan dengan jeruk siam. Daging buahnya berwarna kuning atau merah oranye, rasanya manis, kandungan air dalam dagingnya banyak dan buahnya sangat rapat satu sama lain.



Gambar 1. Jeruk manis pacitan dan daging buah jeruk manis pacitan (sumber : Nurserry, 2011)

Bagian dalam kulit buah jeruk manis (gambar 2) yang berwarna putih (albedo) dapat dijadikan makanan, seperti manisan, selain itu dapat dibuat menjadi alkohol dan gula tetes serta dapat diekstrak kandungan pektin di dalamnya. Kulit dari berbagai macam jenis jeruk mengandung pektin dalam konsentrasi tinggi (Kenastino, 2003).



Gambar 2. Penampang buah jeruk

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). Kulit jeruk secara fisik dapat dibagi menjadi dua bagian utama yaitu flavedo dan albedo (kulit bagian dalam yang berupa jaringan busa). Flavedo dicirikan dengan adanya warna hijau, kuning atau orange. Pigmen yang terdapat pada flavedo adalah kloroplas dan karetenoid (Albrigo dan Carter, 1977).

Albedo merupakan jaringan seperti spon berwarna putih yang berhubungan dengan *core* ditengah-tengah buah. Albedo mempunyai fungsi mensuplai air dan nutrisi dari pohon untuk pertumbuhan dan perkembangan buah. Pada albedo tidak terdapat kloroplas ataupun kromoplas sehingga bagian ini berwarna putih. Bagian albedo mengandung banyak selulosa, hemiselulosa, lignin, senyawa pektat dan fenol. Albedo banyak mengandung senyawa flavon hesperidoides seperti hesperitin dan naringin serta senyawa-senyawa limonin yang lebih banyak dari flavedo maupun membran buah. Senyawa-senyawa tersebut

menyebabkan timbulnya rasa pahit pada produk sari buah jeruk. Senyawa pektin dan enzim-enzim yang bekerja pada pektin, enzim oksidase dan peroksidase sebagian besar ada pada kulit bagian dalam (Albrigo dan Carter, 1997).

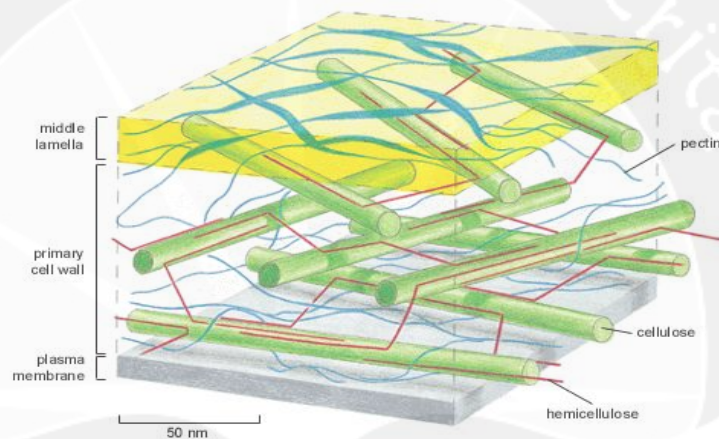
B. Pektin

1. Senyawa Pektin dan Turunannya

Menurut Imeson (1992), Vauquelin menemukan senyawa pektin untuk pertama kalinya. Namun istilah pektin pertama kali digunakan oleh Braconot pada tahun 1825 untuk menggambarkan komponen utama pembentuk gel pada buah-buahan. Kata pektin berasal dari bahasa Latin "*pectos*" yang berarti pengental atau yang membuat sesuatu menjadi keras/padat. Braconnot melanjutkan penelitian yang dirintis oleh Vauquelin dan menyebut substansi pembentuk gel tersebut sebagai asam pektat (Herbstreith dan Fox, 2005).

Menurut Rouse (1977, dalam Fitriana 2003), pektin merupakan senyawa polisakarida kompleks yang komposisinya bergantung dari sumber dan kondisi yang dipakai dalam cara isolasinya. Komponen utama dari senyawa pektin adalah asam D-galakturonat tetapi terdapat D-galaktosa, L-arabinosa dan L-rhamnosa dalam jumlah bervariasi dan kadang-kadang terdapat gula-gula lain dalam jumlah kecil. Pektin merupakan senyawa-senyawa unit asam anhidrogalakturonat yang dihubungkan dengan ikatan α -1,4 glikosidik. Beberapa gugus karboksilnya dapat teresterifikasikan dengan methanol, beberapa ternetralisasi oleh kation dan lainnya berupa asam-asam bebas. Polimer asam anhidrogalakturonat tersebut merupakan rantai lurus atau tidak bercabang. Komponen utama dan rantai utama pektin.

Pektin adalah suatu senyawa heteropolisakarida yang secara umum terdapat pada dinding sel primer tanaman, khususnya pada sel-sela selulosa dan hemilulosa. Senyawa pektin tersebut dapat berfungsi sebagai perekat antara dinding sel yang satu dengan yang lainnya. Bagian antara dua dinding yang berdekatan tersebut dinamakan lamella tengah (Winarno,1997). senyawa pektin pada dinding sel tanaman (gambar 4) (IPPA, 2002 dalam Nur Harianti 2006).



Gambar 3. Struktur dinding sel tanaman

Kandungan pektin pada tanaman sangat bervariasi, baik berdasarkan jenis tanamannya maupun dari bagian-bagian jaringannya. Bagian kulit dan albedo buah jeruk lebih banyak mengandung pektin daripada jaringan parenkimnya (Winarno,1997)

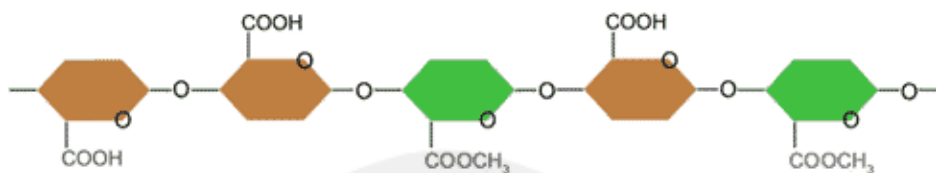
Kelompok-kelompok senyawa pektin secara umum disebut substansi pektat (*pectic substance*) yang meliputi protopektin, asam pektinat dan asam pektat. Menurut Klavons, Benner dan Vanner (1995 dalam Fitriani 2003) propektin adalah substansi pektat yang tidak larut dalam air, terdapat dalam tanaman, jika dipisahkan secara hidrolisis akan menghasilkan asam pektinat.

Asam pektinat adalah asam poligalakturonat yang bersifat koloid dan mengatur sejumlah metal ester. Asam pektinat pada kondisi yang sesuai dapat membentuk gel dengan gula dan asam. Pektin merupakan asam pektinat dengan kandungan metil ester dan derajat netralisasi yang berbeda-beda. Sedangkan asam pektat ditunjukkan sebagai senyawa asam poligalakturonat yang bersifat koloid dan pada dasarnya bebas dari kandungan metil ester. Komposisi kandungan propektin, pektin dan asam pektat dalam buah sangat bervariasi dan tergantung pada derajat kematangan buah. Pada umumnya protopektin yang bersifat tidak larut dalam air dan lebih banyak terdapat buah-buahan yang belum matang (Winarno, 1986).

Menurut Winarno (1992) berdasarkan kadar metoksilnya pektin dibedakan atas dua macam yaitu pektin bermetoksil tinggi (HMP) yang mengandung 7-12 metil ester dan pektin bermetoksil rendah yang mengandung 3-7 metil ester. Pektin bermetoksil rendah adalah asam pektinat yang sebagian besar gugus karboksilnya bebas tidak terseterkan. Pektin bermetoksil rendah ini dapat membentuk gel dengan adanya kationpolivalen serta tidak memerlukan gula dan asam.



Gambar 4. Rumus molekul pektin bermetoksil tinggi
(sumber. IPPA, 2002)



Gambar 5. Rumus molekul pektin bermetoksil rendah
(sumber. IPPA, 2002)

Pektin berkadar metoksil rendah memerlukan adanya ion-ion kalsium untuk pembentukan gel. Mekanisme yang terjadi adalah hubungan antara molekul-molekul pektin yang berdekatan oleh kation divalent membentuk struktur tiga dimensi melalui pembentukan garam dengan gugus karboksil dari pektin (Winarno, 1992).

Penggunaan pektin saat ini cukup luas, banyak dibutuhkan dalam industri pangan dan industri non pangan. Pektin metoksil tinggi digunakan untuk pembuatan selai dan *jelly* dari buah-buahan, kembang gula, pengental minuman dan sirup buah-buahan berkalori rendah dan digunakan juga dalam emulsi-emulsi flavor dan saus salad sebagai penstabil. Pektin berkadar metoksil rendah biasanya digunakan dalam pembuatan saus salad, pudding, gel buah dalam es krim, selai dan jeli berkalori rendah dan untuk orang yang menghindari gula, serta pektin bermetoksil rendah dapat digunakan sebagai biosorben logam berat (Kurniasari dkk, 2012).

2. Ekstraksi Pektin

Pektin dapat diperoleh dari jaringan tanaman dengan cara ekstraksi. Proses pembuatan pektin kering meliputi beberapa tahap, yaitu preparasi, ekstraksi, pemisahan, pencucian dan pengeringan. Cara yang digunakan untuk mengekstrak pektin dari jaringan tanaman sangat beragam. Ekstraksi pektin pada dasarnya

adalah proses pengeluaran pektin dari jaringan tanaman (Braverman 1963 dalam Octaviana 2012). Pengeluaran pektin dari jaringan tanaman biasanya menggunakan pelarut antara lain air dingin, air panas atau larutan bersifat asam yang dipanaskan. Ekstraksi dengan larutan asam yang dipanaskan merupakan ekstraksi yang menguntungkan, karena lama ekstraksi dapat diperpendek (Braverman 1963 dalam Octaviana 2012). Ekstraksi pektin dilakukan menggunakan ekstraksi asam, baik asam mineral (asam sulfat, asam klorida, asam fosfat dan asam nitrat) maupun asam organik. Menurut Baker (1984) efisiensi ekstraksi pektin dipengaruhi oleh tiga faktor seperti, suhu ekstraksi, lama ekstraksi dan pH larutan.

Proses ekstraksi pektin meliputi preparasi (perlakuan pendahuluan) meliputi penghalusan bahan karena ekstraksi dapat berjalan dengan baik apabila bahan apabila bahan dihaluskan terlebih dahulu. Perbandingan jumlah bahan yang diekstrak dengan larutan pengestrak akan mempengaruhi jumlah pektin yang dihasilkan. Rasio pelarut bahan kira-kira 3:1 untuk bahan basah atau 12:1 untuk bahan kering (Braverman 1963 dalam Octaviana 2012).

Proses pengendapan pektin merupakan suatu proses pemisahan pektin dari larutannya. Pektin adalah koloid hidrofilik yang bermuatan negatif (dari gugus karboksil bebas yang terionisasi) dan tidak mempunyai titik isoelektrik seperti kebanyakan koloidal hidrofilik. Pektin lebih utama distabilkan oleh hidrasi pertikelnya daripada oleh muatannya. Penambahan etanol dapat mendehidrasi pektin sehingga mengganggu stabilitas larutan koloidalnya dan akibatnya pektin akan terkoagulasi (Rouse, 1997 dalam Nur Hariyanti 2006).

Pemisahan (pengendapan) pektin dapat dilakukan menggunakan bahan-bahan seperti alkohol, aseton atau ion polivalen (Braverman, 1963 dalam Octaviana 2012). Ranganna (1977) menggunakan etanol 95% sebanyak dua kali volume filtrat untuk mengendapkan pektin kulit jeruk. Dewan Ilmu pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatra Barat (2004) mengendapkan pektin dengan menggunakan etanol 95% yang mengandung 2 ml asam khlorida pekat setiap satu liter etanol sebanyak 1,5 kali volume filtrat. Proses pemisahan pektin dapat dilakukan dengan penambahan alkohol atau aseton. Penggunaan aseton mempunyai titik didih yang rendah, sehingga lebih mudah diuapkan (Kertesz, 1951).

Pencucian (pemurnian) berfungsi untuk membebaskan pektin dari senyawa yang tidak diinginkan, biasanya pencucian dilakukan 2-3 kali. Pada tahap pemurnian pektin Suradi (1984) melakukan pencucian pektin dari kulit jeruk menggunakan alkohol 80% sampai bebas khlorida. Salah satu tujuan pencucian pektin adalah untuk menghilangkan khlorida yang ada pada pektin.

Menurut Shi dkk (1996 dalam Lubis 2003) menyatakan bahwa pencucian endapan pektin perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya pencoklatanselama proses pengeringan dan mengurangi keasaman pada produk yang dihasilkan. Untuk mengetahui masih ada tidaknya khlorida di dalam endapan pektin, maka dapat ditambahkan perak nitrat pada larutan bekas pencucian endapan pektin yang akan membentuk endapan putih (AgCl) apabila bereaksi dengan khlorida.

Pektin kering yang murni berupa Kristal berwarna putih. Kelarutan pektin berbeda-beda sesuai dengan kadar metoksilnya. Pektin yang mempunyai

kadarmetoksil rendah sifat terbentuknya gel kurang. Daya terbentuknya gel maksimum pada pektin yang berkadar metoksil tinggi (Fitriani, 2003).

Pengeringan adalah tahap akhir dalam produksi pektin. Pengeringan pektin dilakukan pada suhu kamar, dengan sinar matahari atau oven. Ranganna (1997) menganjurkan pengeringan dilakukan pada tekanan rendah agar pektin tidak terdegradasi. McCready (1965) menggunakan suhu 60°C dibawah tekanan selama 16 jam untuk pengeringan pektin kulit jeruk. Sunarmani dkk (1999) melakukan pengeringan pektin pada suhu 50°-60°C selama 6-7 jam dengan menggunakan pengeringan vakum, sedangkan Laga dkk(2000 dalam Lubis 2003) mengeringkan pektin menggunakan oven dengan suhu 50°C selama 24 jam. Menurut Graves dkk (1994 dalam Lubis 2003), endapan pektin dikeringkan sampai stabil kadar airnya (kurang dari 8%) dengan berbagai macam teknik pengeringan konvensional seperti *vacuum drying*, *freeze drying*, *spray drying*, *oven drying* dan sebagainya.

3. Kegunaan Pektin

Kemampuan pektin membuat gel menjadikannya salah satu bahan tambahan makanan yang sangat penting dalam industri selai, *jelly*, dan kembang gula. Selain sebagai bahan pembentuk gel, pektin telah dimanfaatkan sebagai pengental, penstabil dan pengemulsi dalam industri minuman ringan, makanan beku dan produk-produk susu (Glicksman, 1986 dalam Lubis 2003).

Pektin dalam bidang farmasi dimanfaatkan sebagai antidiare, detoksikan menurunkan tingkat kolesterol darah, anemia dan pencampuran bahan obat-obatan. Hal tersebut disebabkan pektin memiliki efek haemostatic dan anti

fibrinolitik yang dapat meningkatkan laju sedimentasi eritrosit (Pilknik dan Voragen, 1971 dalam Lubis 2003). Menurut Muhidin (1999), pektin telah digunakan pada berbagai aplikasi industri seperti industri kosmetika (pasta gigi, sabun, *lotion* dan krim) , baja dan perunggu (*quenching*), plastic, bahan sintesis serta film *nitropectin*. Dalam produksi kertas dan tekstil pektin digunakan sebagai bahan pengisi karena dapat membentuk lapisan yang baik serta digunakan sebagai pengental pada industri karet (Towle dan Christensen, 1973).

Pektin bekerja sebagai adsorbent dalam usus dan juga digunakan untuk obat luka sebagai hemostatik agent. Selain itu pektin digunakan sebagai anti koagulan yang memiliki efek heparin dan juga dapat digunakan untuk menurunkan kolestrol darah pada diet kolesterol. Pektin juga telah diteliti dapat digunakan sebagai antidotum yang efektif terhadap keracunan logam berat, melalui pembentukan garam-garam yang tidak larut (Kirk dan Othmer, 1967).

C. Teori Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu peristiwa terkontakannya partikel padatan dan cairan, pada kondisi tertentu sebagian cairan terjerap di permukaan padatan dan konsentrasi cairan yang tidak terjerap mengalami perubahan konsentrasi (Brown, 195) atau peristiwa penyerapan suatu zat (cairan) pada permukaan zat lain (padatan) sehingga terjadi perubahan konsentrasi pada permukaan. Adsorpsi akan terjadi karena adanya perbedaan energi potensial antara permukaan adsorben dan zat yang terserap (Ketaren, 2008). Adsorpsi menggunakan istilah adsorbat dan adsorben. Zat yang berfungsi sebagai penyerap disebut adsorben sedangkan ion,

atom atau molekul yang diserap tersebut sebagai adsorbat (Kriswiyanti dan Danarto, 2007).

Berdasarkan sifatnya, adsorpsi dapat digolongkan menjadi adsorpsi fisik dan kimia. Adsorpsi fisik adalah adsorpsi yang melibatkan gaya intermolekul (gaya van der Waals dan ikatan hidrogen) antar adsorbat dan substrat (adsorben) (Atkins, 1999). Pada adsorpsi ini adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga dapat bergerak dari satu bagian ke bagian lain dalam adsorben. Sifat adsorpsinya adalah *reversible* yaitu dapat dilepaskan kembali dengan adanya penurunan konsentrasi larutan dan membentuk lapisan *multilayer* (Lilik, 2008).

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang melibatkan ikatan kovalen. ikatan tersebut terjadi sebagai hasil dari pemakaian bersama elektron oleh adsorben dan adsorbat. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yaitu ikatan kovalen. sifat adsorpsinya adalah *irreversible* dan membentuk lapisan *monolayer* (Atkins, 1999)

Proses adsorpsi melibatkan beberapa macam gaya yaitu gaya Van der Waals, ikatan hidrogen dan ikatan kovalen. gaya Van der Waals timbul dari pergerakan awan elektron dari molekul-molekul atau atom-atom yang berdekatan. Pergerakan ini menimbulkan dipole-dipol yang muatannya berlawanan dalam atom yang menyebabkan adanya tarikan lemah antara atom atau molekul satu sama lain (Khoirunnisa, 2005).

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi menurut Putro dan Ardhiyanti (2010) :

1. Jenis adsorbent

Tiap jenis adsorbent memiliki karakteristik dan kemampuan sendiri. Adsorbent yang baik untuk menyerap suatu zat yang satu belum tentu mampu mengadsorpsi baik zat yang lain.

2. Jenis zat yang diadsorpsi (adsorbat)

Zat dengan sifat asam akan lebih mudah diserap dengan zat yang memiliki sifat basa, begitu pula sebaliknya, karena asam dan basa akan saling tarik-menarik.

3. Konsentrasi zat adsorbat

Semakin tinggi konsentrasi adsorbat, maka semakin besar solute yang teradsorpsi

4. Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin besar kemampuannya untuk menarik solute

5. Daya larut solven terhadap solute

Jika daya larut solven terhadap solute tinggi, maka proses adsorpsi akan terhambat, sebab gaya untuk melarutkan solute berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap solute.

Untuk adsorben dengan luas permukaan dan berat tertentu, zat yang teradsorpsi tergantung pada konsentrasi solute di sekitar solvent. Makin tinggi konsentrasinya, makin besar pula zat yang diadsorpsi. Proses adsorpsi adalah

keadaan setimbang. Apabila kecepatan suatu zat ditambah atau dikurangi maka akan terjadi keadaan setimbang yang baru (Putro dan Ardhiyany, 2010).

Syarat-syarat adsorben yang baik menurut Putro dan Ardhiyany (2010), antara lain :

1. Mempunyai daya serap yang baik
2. Berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar
3. Tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi
4. Tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan
5. Dapat diregenerasikan kembali dengan mudah
6. Tidak beracun
7. Tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau
8. Mudah didapat dan harganya murah.

D. Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Pektin

Menurut Kupchik dkk (2005), gugus karboksilat dari pektin mampu bereaksi dengan ion-ion logam berat untuk membentuk senyawa kompleks yang tidak larut dalam air dan dapat bereaksi melalui feses. Derajat esterifikasi sangat mempengaruhi reaktivitas pektin terhadap ion logam berat. Pektin di dalam larutan berkumpul dan membentuk kantung-kantung yang dapat membentuk kompleks dengan kation logam.

Setiap kantung tersebut memiliki muatan negatif sehingga mampu menarik atau menyerap kuat kation logam yang memiliki muatan positif. Namun pada

logam yang beracun, terutama raksa, cadmium dan logam radioaktif memiliki afinitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan logam esensial. Serat pektin yang telah berikatan dengan logam ini dapat dengan mudah diekskresikan dari tubuh melalui feses (Eliaz dkk, 2007 dalam Syah 2010).

E. Daya Serap Pektin

Pektin memiliki kemampuan sebagai antidotum untuk pertama kali ditemukan pada tahun 1951, dan pada tahun 1952 yang dibuktikan secara *in vivo* terhadap penyerapan strontium dalam jaringan gastrointestinal. Strontium 0,1% yang terdapat dalam darah terjadi pengurangan kadar setelah diberikan pektin dalam waktu 24 jam. Pengikatan logam oleh pektin karena adanya gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas terhadap kation logam seperti gugus karboksilat dan hidroksi yang terdapat pada polimer pektin, sehingga kation logam dapat tertarik dan berikatan membentuk kompleks pektin dan logam (Endress, 1991).

Menurut penelitian Wong dkk (2008), daya serap pektin dapat ditingkatkan dengan cara memodifikasi pektin tersebut. Wong memodifikasi pektin dari kulit durian dan kulit buah jeruk membentuk rantai yang lebih pendek dan lebih larut.

Tabel 2. Persentase penghilangan ion logam berat dengan jenis pektin yang berbeda pada penelitian Wong dkk (2008)

Jenis pektin	Ion logam				
	Cd (II)	Cu(II)	Zn(II)	Pb(II)	Ni(II)
Pektin citrus	38,43	80,01	41,56	67,06	52,43
Pektin citrus termodifikasi	93,96	98,40	94,41	97,89	92,72
Pektin kulit durian	10,52	54,94	8,46	38,57	26,12
Pektin kulit durian termodifikasi	40,04	81,24	42,5	57,86	53,58

Kelarutan pektin akan meningkat dengan derajat esterifikasi dan turunnya berat molekul dan semakin mudah pektin larut dalam air maka akan semakin mudah untuk mengendapkannya dengan suatu elektrolit. Kupchik dkk (2005) melakukan modifikasi dengan cara mengurangi gugus metoksil dari pektin, sehingga jumlah gugus karboksilat yang mengikat logam menjadi lebih besar dibandingkan jumlah logam yang terikat pada pektin yang tidak dimodifikasi (Cruess, 1988 dalam Syah 2010).

F. Logam Kromium (Cr)

Logam berasal dari kerak bumi berupa bahan-bahan murni organik dan anorganik. Secara alami siklus perputaran logam adalah dari kerak bumi ke lapisan tanah, ke makhluk hidup, ke dalam air, selanjutnya mengendap dan akhirnya ke kerak bumi (Darmono, 1995). Logam berat adalah istilah yang digunakan secara umum untuk kelompok logam dan metaloid dengan densitas lebih besar dari 5 g/cm^3 , terutama pada unsur seperti Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, dan Zn. Unsur-unsur ini biasanya erat kaitannya dengan masalah pencemaran dan toksisitas. Logam berat secara alami ditemukan pada batu-batuan dan mineral lainnya, maka dari itu logam berat secara normal merupakan unsur dari tanah, sedimen, air dan organism hidup serta akan menyebabkan pencemaran bila konsentrasinya telah melebihi batas normal (Alloway dan Ayres, 1993).

Kromium adalah salah satu logam berat yang bernomor atom 24, berat atom 51,996, titik didih 2665°C , dan massa jenis $7,19 \text{ gr/cm}^3$ (Reilly, 1991). Kromium merupakan logam yang keras, tahan panas, elektropositif, dan merupakan penghantar panas yang baik. Di alam unsur ini tidak ada dalam bentuk

logam murni. Sumber alami krom sangat sedikit, yaitu batuan *chromite* ($FeCr_2O_4$) dan *chromic oxide* (Cr_2O_3) (Novotny dan Olem, 1994).

Kromium merupakan unsur yang berwarna perak atau abu-abu baja, berkilau, dan keras. Kromium tidak ditemukan bebas di alam, tetapi kromium ditemukan dalam bentuk bijih kromium khususnya dalam senyawa $PbCrO_4$ (timbal kromat) yang berwarna merah. $PbCrO_4$ di gunakan sebagai pigmen merah untuk cat minyak. Senyawa krom dapat dikatakan beracun, tetapi kromium banyak digunakan dalam berbagai bidang, misalnya krom digunakan sebagai katalis seperti $K_2Cr_2O_7$ yang merupakan agen oksidasi dan digunakan dalam analisis kuantitatif. Dalam industri tekstil, kromium digunakan sebagai mordan atau penguat warna (Anonim, 2012), industri tekstil, konsentrasi kimia ataupun pelapisan krom dalam industri (Subandiyono, 2003).

Limbah industri ini dapat mencemari dan mempengaruhi semua ekosistem dan kesehatan manusia secara langsung atau melalui rantai makanan (Yilmaz, 2010). Kromium dijumpai dalam kondisi oksida antara Cr (II) sampai Cr (VI), tetapi hanya kromium bervalensi (III) dan (VI) yang memiliki kesamaan sifat biologi. Krom (III) merupakan materi esensial dan memiliki sifat racun yang rendah dibandingkan dengan kromium enam valensi yang merupakan pengoksidasi tinggi (Yefrida, 2007).

Logam krom dapat masuk ke dalam lingkungan, perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Kromium yang masuk kedalam lingkungan bermacam-macam bentuk. Kromium di dalam udara ditemukan dalam bentuk debu atau partikulat, dalam bentuk perairan Cr dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara

alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan mineral. Masuknya Cr secara non alamiah lebih merupakan dampak atau efek dari aktivitas yang dilakukan manusia, kegiatan industry (Palar, 1994).

Kromium masuk kedalam tubuh manusia melalui makanan (tumbuhan maupun hewan) dan kulit. Tumbuhan tercemar kromium yang berasal dari dalam tanah dan udara sedangkan hewan tercemar kromium melalui air, misalnya ikan (Effendi, 2003). Di perairan alami kromium jarang ditemukan dan biasanya dalam bentuk kromium trivalent (Cr^{3+}) dan kromium heksavalent (Cr^{6+}) yang berasal dari industri pelapisan logam dan produksi pigmen, keramik gelas dan dari kegiatan penyamakan kulit. Organisme akuatik dapat terpapar oleh Cr melalui media itu sendiri, sedimen maupun makanan (Effendi, 2003).

Menurut Palar (1994), daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ion-ionnya. Sebenarnya kromium dalam bentuk ion trivalent tidak begitu berbahaya dibandingkan dengan bentuk heksavalen, akan tetapi apabila bertemu dengan oksidator dan kondisinya memungkinkan untuk Cr^{3+} tersebut akan berubah menjadi sama berbahanya dengan (Cr^{6+}) (Asmadi, 2009). Ion Cr (VI) merupakan logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunya, bila dibandingkan dengan krom (III) dan krom (II). Sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Palar, 1994).

Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif kromium akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologi atau metabolisme tubuh, sehingga

rangkaian metabolisme terputus. Krom (VI) dalam proses metabolisme tubuh akan menghambat kerja dari enzim, yang akibatnya terjadi perubahan dalam pertumbuhan sel, sehingga sel-sel tumbuh secara liar atau dikenal dengan istilah kanker. Hal inilah yang menjadi dasar dari penggolongan Cr ke dalam kelompok logam yang bersifat karsinogenik (Palar, 1994).

G. Hipotesis

1. Pektin kulit buah jeruk manis (*Citrus sinensis*) memiliki kemampuan yang cukup tinggi dalam menyerap logam krom (VI)
2. Berat pektin kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dan lama waktu remediasi berhubungan dalam penurunan kadar logam Krom (VI).