



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA VIII
"Peningkatan Profesionalisme Pendidik dan Periset Sains Kimia di
Era Masyarakat Ekonomi Asean (MEA)"
Program Studi Pendidikan FKIP UNS
Surakarta, 14 Mei 2016



**MAKALAH
PENDAMPING**

PARALEL D

ISBN : 978-602-73159-1-4

**PEKTIN DAN MODIFIKASINYA UNTUK MENINGKATKAN
KARAKTERISTIK SEBAGAI ADSORBEN**

Budi Hastuti*

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas
Maret, Surakarta, Indonesia

ABSTRAK

Pektin, merupakan sebuah polisakarida yang terjadi secara alami, dalam beberapa tahun terakhir diketahui bahwa pektin semakin banyak kegunaannya. Pektin alami memiliki banyak manfaat baik untuk para ilmuwan ataupun konsumen karena sifatnya yang biodegradabel. Pektin adalah ester alkohol asam polygalacturonic. Pektin secara komersial diekstrak dari kulit jeruk dan apel pomace dalam kondisi agak asam. Berdasarkan derajat esterifikasi nya Pektin dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu pektin metoksil tinggi dan pektin metoksil rendah. Hubungan antara rantai pektin akan menyebabkan pembentukan jaringan tiga dimensi yaitu melalui pembentukan gel. Pektin maupun gel pektin dapat diaplikasikan dibidang industri farmasi, bidang kesehatan, pengobatan dan penanganan pencemaran lingkungan. Potensi pektin sebagai adsorben untuk mengikat logam berat telah dilaporkan. Ulasan ini akan membahas sifat kimia penting dari pektin dan sifat umumnya, serta metode modifikasi pektin dan mekanismenya sebagai adsorben logam berat.

Kata kunci : *pektin, derajat esterifikasi(DE), adsorben*

PENDAHULUAN

Pektin merupakan segolongan polimer heterosakarida kompleks yang terdapat pada midel lamela atau dinding sel primer pada hampir semua tanaman tingkat tinggi. Pertama kali diisolasi oleh Henri Bracannot tahun 1825. Wujud pektin yang diekstrak adalah bubuk putih hingga coklat terang. Pektin pada sel tumbuhan merupakan penyusun lamela tengah,

lapisan penyusun awal dinding sel. Sel-sel tertentu seperti buah cenderung mengumpulkan lebih banyak pektin. Pektinlah yang biasanya bertanggung jawab atas sifat "lekat" apabila seseorang mengupas buah. Pektin banyak terkandung pada kulit buah jeruk, apel, coklat dan sebagainya. Selain itu juga terdapat pada daun jambu biji.

Penyusun utama pektin biasanya asam D-galakturonat, yang terikat dengan α 1,4- glikosidik baik yang berupa asam bebas maupun yang teresterifikasi oleh gugus metil. Monomer-monomer ini berikatan membentuk suatu rantai utama yang disebut smooth region. Pektin dapat juga mengandung gugus asetil yang terikat pada atom C2 dan atau C3 dari asam anhidrogalakturonat, sedangkan logam-logam seperti kalsium, natrium atau amonium dapat berikatan dengan gugus karboksilnya (Jhonson dan Peterson,1974). Struktur molekul dari pektin dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Pektin merupakan serbuk halus atau sedikit kasar, berwarna putih dan hampir tidak berbau. Bobot molekul pektin bervariasi antara 30.000-300.000. Kelarutan pektin berbeda-beda, sesuai dengan kadar metoksilnya. Pektin dengan kadar metoksil tinggi larut dalam air dingin, pektin dengan kadar metoksil rendah larut dalam larutan alkali atau oksalat. Pektin tak larut dalam aseton dan alkohol. Kandungan pektin di dalam tanaman berbeda-beda tergantung pada sumber dan metode ekstraksi yang dilakukan.

Pektin diklasifikasikan berdasarkan derajat esterifikasinya. Tingkat methoxylation (DM) digunakan untuk mengklasifikasikan pektin tinggi methoxyl (DM > 50) dan pektin methoxyl rendah (DM < 50). Pektin mempunyai kemampuan sebagai pembentuk gel, pengental dan stabilisator sehingga banyak digunakan dalam berbagai industri makanan dan farmasi. Pektin MT biasa digunakan dalam industri selai, jeli, jus/sari buah, buah

kalengan, susu dan gula-gula. Sedangkan pektin metoksil rendah (MR kecil) tidak terlalu dipengaruhi oleh pH dalam aplikasinya dapat terbentuk pada interval pH yang cukup lebar. Pektin MR sensitif terhadap kation bivalen, sehingga pektin MR bisa diaplikasikan sebagai adsorben logam berat. Di dalam industri farmasi, pektin digunakan sebagai salah satu campuran obat anti diare, dapat mengurangi kolesterol darah dan kadar gula penderita diabetes serta untuk mempertahankan viskositas obat sirup.

Pektin merupakan biopolimer alami yang saat ini aplikasinya dibidang lingkungan, industri, farmasi dan bioteknologi semakin meningkat. Pektin telah digunakan di industri makanan dan minuman sebagai agen pengental, pembentuk gel dan zat penstabil koloid selama bertahun-tahun. Pektin juga memiliki beberapa sifat unik yang memungkinkannya digunakan sebagai matriks untuk dan penyerap logam di bidang lingkungan hidup. Ulasan ini pertama akan menjelaskan sumber dan produksi, struktur kimia dan sifat umum dari pektin. Kemudian akan membahas beberapa metode modifikasi pektin untuk meningkatkan potensinya sebagai adsorben.

Kimia Pektin

Sumber dan produksi

Pektin merupakan golongan polimer heterosakarida kompleks yang terdapat pada midel lamela atau dinding sel primer pada hampir semua tanaman tingkat tinggi. Pertama kali diisolasi oleh Henri Bracannot tahun 1825. Wujud pektin yang

diekstrak adalah bubuk putih hingga coklat terang. Pektin pada sel tumbuhan merupakan penyusun lamela tengah, lapisan penyusun awal dinding sel. Sel-sel tertentu seperti buah cenderung mengumpulkan lebih banyak pektin. Pektinlah yang biasanya bertanggung jawab atas sifat “lekat” apabila seseorang mengupas buah. Pektin banyak terkandung pada kulit buah jeruk, apel, coklat dan banyak lagi. Selain itu juga terdapat pada daun jambu biji.

Pektin merupakan serbuk halus atau sedikit kasar, berwarna putih dan hampir tidak berbau. Bobot molekul pektin bervariasi antara 30.000-300.000. Kelarutan pektin berbeda-beda, sesuai dengan kadar metoksilnya. Pektin dengan kadar metoksil tinggi larut dalam air dingin, pektin dengan kadar metoksil rendah larut dalam larutan alkali atau oksalat. Pektin tak larut dalam aseton dan alkohol. Kandungan pektin di dalam tanaman berbeda-beda tergantung pada sumber dan metode ekstraksi yang dilakukan.

Pektin merupakan campuran kompleks dari polisakarida yang membentuk sekitar sepertiga dari zat dinding sel kering tanaman tingkat tinggi. Kandungan pektin yang lebih kecil ditemukan dalam dinding sel rumput. Konsentrasi tertinggi pektin ditemukan dalam lamella tengah dinding sel, kemudian menurun secara bertahap mulai dari dinding utama menuju membran plasma (Kertesz, 1951). Meskipun pektin terjadi umumnya pada sebagian besar jaringan tanaman, tetapi sumber yang dapat digunakan untuk pembuatan pektin

komersial sangat terbatas. Karena kemampuan pektin untuk membentuk gel tergantung pada ukuran molekul dan derajat esterifikasi (DE), pektin dari sumber yang berbeda tidak memiliki kemampuan pembentuk gel yang sama karena DE yang berbeda. Oleh karena itu, deteksi jumlah besar pektin dalam buah saja tidak dengan sendirinya cukup untuk memenuhi syarat buah yang sebagai sumber pektin komersial (Thakur et al, 1997). Saat ini, pektin komersial diambil secara khusus dari kulit jeruk atau apel pomace, baik oleh-produk dari industri jus (atau sari). Apel pomace mengandung 10-15% dari pektin dari massa kering. Kulit jeruk mengandung 20-30% (Mei, 1990). Dari sudut pandang aplikasi, pektin dari jeruk dan apel biasanya setara. Pektin jeruk biasanya berbentuk krim yang berwarna coklat menyala; apel pektin biasanya berwarna coklat lebih gelap. Sumber alternatif pektin berasal dari limbah gula bit dari industri gula, pektin juga dibuat dari mahkota bunga matahari (sedangkan biji digunakan untuk membuat minyak untuk makan), dan limbah mangga (Rolin, 1993).

Secara komersial, pektin yang diekstrak dari bahan baku dengan asam mineral encer panas pada pH sekitar 2. Lama waktu ekstraksi untuk setiap bahan baku bervariasi tergantung dari jenis pektin yang diinginkan, juga bervariasi antara satu produsen dengan produsen yang lain. Ekstrak panas pektin dipisahkan dari residu padat dengan cara sangat efisien. Proses ekstraksi ini tidak mudah karena zat padat yang telah lembut dan fase cair yang kental. Viskositas meningkat dengan meningkatnya konsentrasi pektin dan berat molekul. Ada

kompromi antara efisiensi ekstraksi dan pemisahan padatan dan biaya operasional. Ekstrak pektin dimurnikan dengan penyaringan melalui bantuan filter. Ekstrak pektin yang sudah dimurnikan selanjutnya dipisahkan melalui vakum. Bubuk Pektin dapat diproduksi dengan mencampur cairan pekat baik dari apel atau jeruk dengan alkohol (biasanya isopropanol). Pektin dipisahkan sebagai massa gelatin (agar-agar berserabut), yang ditekan dan dicuci untuk menghilangkan larutan induk, kemudian dikeringkan dengan dijemur.

Proses ini menghasilkan pektin dengan derajat esterifikasi (methoxilasi) sekitar 70%. Untuk menghasilkan jenis lain, beberapa kelompok ester harus dihidrolisis. Hidrolisis ester umumnya dilakukan dengan meraksikan asam, baik sebelum maupun selama ekstraksi, dalam cairan pekat, atau dalam bubur beralkohol sebelum pemisahan dan pengeringan. Proses ini dapat menghasilkan kalsium reaktif sehingga membentuk pektin methoxyl rendah. Hidrolisis menggunakan amonia hasil konversi beberapa kelompok ester menjadi kelompok-kelompok amida, menghasilkan amidated pektin methoxyl rendah' (Mei, 1990).

Pektin diklasifikasikan berdasarkan derajat esterifikasinya. Tingkat methoxylation (DM) digunakan untuk mengklasifikasikan pectins tinggi methoxyl pectins (DM > 50) dan pectins methoxyl rendah (DM < 50). Pektin mempunyai kemampuan sebagai pembentuk gel, pengental dan stabilisator sehingga banyak digunakan dalam berbagai industri makanan dan farmasi. Pektin MT biasa digunakan dalam

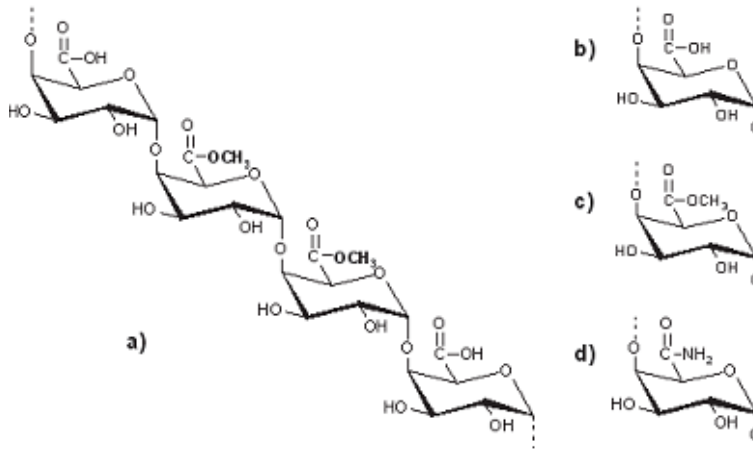
industri selai, jeli, jus/sari buah, buah kalengan, susu dan gula-gula. Sedangkan pektin metoksil rendah (MR kecil) tidak terlaui dipengaruhi oleh pH dalam aplikasinya dapat terbentuk pada interval pH yang cukup lebar. Pektin MR sensitif terhadap kation bivalen, sehingga pektin MR bisa diaplikasikan sebagai adsorben logam berat. Di dalam industri farmasi, pektin digunakan sebagai salah satu campuran obat anti diare, dapat mengurangi kolesterol darah dan kadar gula penderita diabetes serta untuk mempertahankan viskositas obat sirup.

Struktur Kimia Pektin

Pektin pada dasarnya merupakan polisakarida linier. Seperti kebanyakan polisakarida tanaman lainnya, baik polydisperse dan polymolecular dan variasi komposisinya dengan sumber dan kondisi diterapkan selama isolasi. Dalam beberapa contoh pektin, parameter seperti berat molekul atau kandungan dari sub unit tertentu akan berbeda antara molekul satu dengan molekul lainnya. Komposisi dan struktur pektin masih belum sepenuhnya dipahami meskipun pektin ditemukan lebih dari 200 tahun yang lalu. Struktur pektin sangat sulit untuk ditentukan karena pektin dapat berubah selama isolasi dari tanaman, penyimpanan, dan proses pengolahan dari bahan tanaman (Novosel'skaya et al., 2000). Selain itu, kotoran dapat menyertai komponen utama. Saat ini, pektin diperkirakan terutama terdiri dari unit asam D-galacturonic (Gal A) (Mukhiddinov et al, 2000.), Bergabung dalam rantai dengan cara α -(1-4) glikosidik linkage. Asam-asam

uronic ini memiliki gugus karboksil, beberapa di antaranya secara alami muncul sebagai metil ester dan lain-lain yang

secara komersial diperlakukan dengan amonia untuk menghasilkan kelompok karboksamida (Gambar 1).

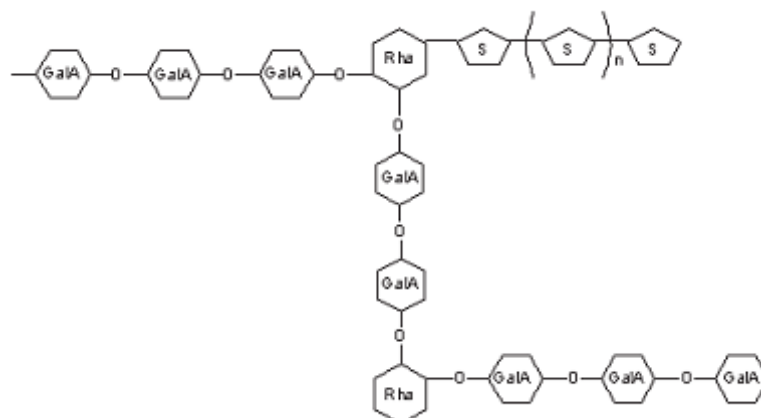


Gambar. 1 (a) Pengulangan bentuk molekul pektin dan gugus fungsinya; (b) gugus fungsi carboxyl; (c) ester; (d) amide dalam rantai pektin.

Pektin mengandung beberapa ratus sampai sekitar 1000 unit sakarida dalam konfigurasi seperti rantai, hal ini sesuai dengan berat molekul rata-rata dari sekitar 50.000 sampai 150.000 dalton. Perbedaan besar mungkin ada di antara sampel dan antara molekul dalam sampel, dan estimasi mungkin berbeda antara metode pengukuran.

juga ada. Rhamnosa (Rha) adalah komponen kecil dari struktur pektin dan menunjukkan belitan ke dalam rantai lurus (Gambar 2) dan gula netral lainnya seperti arabinosa, galaktosa dan xylose terjadi dalam rantai samping (Oakenful, 1991). Fragmen khasnya sebuah rantai dari beberapa ratus ikatan α -(1-4) unit GalA dengan DE yang bervariasi.

Selain segmen galacturonan yang ditunjukkan pada Gambar. 1, gula netral



Gambar 2. Diagram skema yang menunjukkan bagaimana rhamnosa(Rha) masuk menyebabkan belitan rantai-rantai asam galakturonik (GalA). S=gula netral (diambil dari Srimornsak, 2002).

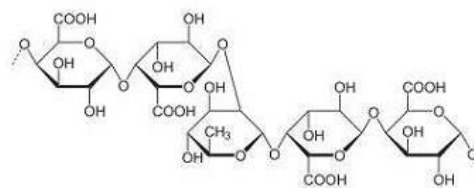
Penyusun utama pektin biasanya asam D-galakturonat, yang terikat dengan α 1,4- glikosidik baik yang berupa asam bebas maupun yang teresterifikasi oleh gugus metil. Monomer-monomer ini berikatan membentuk suatu rantai utama yang disebut smooth region. Pektin dapat juga mengandung gugus asetil yang terikat pada atom C2 dan atau C3 dari asam anhidrogalakturonat, sedangkan logam-logam seperti kalsium, natrium atau

Derajat Esterifikasi

Rantai asam polygalacturonic ini sebagian diesterifikasi dengan gugus metil dan gugus asam bebas yang sebagian atau seluruhnya dapat dinetralkan dengan ion natrium, kalium atau amonium. Derajat esterifikasi(DE) adalah esterifikasi Rasio kelompok GalA terhadap kelompok GalA total. Pektin awalnya dibentuk dalam bentuk esterifikasi tinggi, selanjutnya dideesterifikasi beberapa setelah mereka telah disisipkan ke dalam dinding sel atau lamella tengah. Ada berbagai tipe DE tergantung pada spesies, jaringan, dan kematangan. Secara umum, derajat esterifikasi(DE) pektin berkisar antara 60 sampai 90%. Distribusi gugus karboksil bebas sepanjang rantai pektin agak teratur, dan gugus karboksil bebas sebagian besar terisolasi satu sama lain (DeVries et al., 1986).

Penggolongan pektin didasarkan pada DE yaitu pektin metoksil tinggi (HM), dan pektin methoxyl rendah (LM) yang secara konvensional terdemetilasi atau molekuler amidated. Harga-harga DE untuk komersial berbagai pektin HM biasanya dari

amonium dapat berikatan dengan gugus karboksilnya (Jhonson dan Peterson,1974). Struktur molekul dari pektin dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Struktur Kimia Pektin

Gambar 3. Struktur pektin

60 sampai 75% dan untuk pektin LM berkisar dari 20 sampai 40%. Kedua kelompok pektin tersebut memiliki mekanisme yang berbeda. Pektin HM membutuhkan jumlah padatan minimum terlarut dan kisaran pH sekitar 3.0, untuk membentuk gel. Gel pektin HM reversibel dengan menjaga suhu. Secara umum, pektin HM larut dalam air panas dan biasanya mengandung agen dispersi seperti dekstrosa untuk mencegah gumpalan. Pektin LM menghasilkan gel-gel yang bebas dari kadar gula. Pektin LM juga tidak sensitif terhadap pH seperti pektin HM. Pektin LM membutuhkan adanya sejumlah kalsium atau kation divalen lainnya yang dikontrol untuk pembentukan gelatin.

Modifikasi Pektin

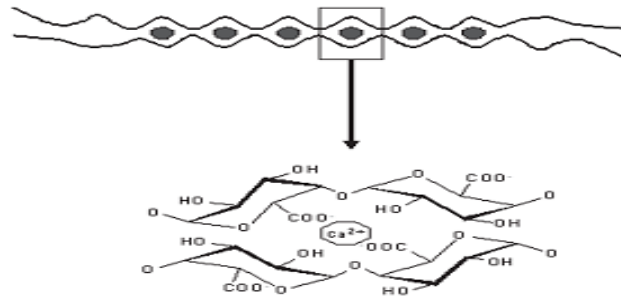
Modifikasi pektin dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain : modifikasi pektin dengan menurunkan derajat esterifikasinya(DE), Memodifikasi pektin dengan menyambung silang(crosslinking) pektin, memodifikasi pektin dengan mencangkokkan gugus aktif (grafting) dan memodifikasi dengan membuatnya menjadi komposit dengan

macromolekul lain seperti dengan amilosa, kitosan, selulosa dan lain sebagainya.

Modifikasi pektin dengan menurunkan derajat esterifikasi dapat dilakukan melalui modifikasi pH dan suhu dalam proses sintesis. Melalui modifikasi pH dan suhu mampu memecah rantai pektin menjadi lebih pendek. Isolasi pektin dari buah-buahan biasanya dilakukan adalah mengekstrak kulit buah pada pH 1 tanpa mengubah-ubah pH dan suhu. Menurut Platt dan Raz (1992), Nangia-Makker et al (2002) dan Weng wai et al (2009), modifikasi pektin dapat dilakukan dengan pengubah-ubahan pH dan suhu. Perubahan pH dilakukan dengan merubah pH dari pH asam kemudian dinaikkan sampai pH 10, selanjutnya diinkubasi dengan pemanasan pada suhu 50-60°C. Dengan modifikasi tersebut mampu menurunkan derajat esterifikasi (DE) pektin dari kulit jeruk dan kulit durian menjadi lebih rendah, dari 60,8 menjadi 22,33 pada pektin kulit jeruk dan 52,55 menjadi 42,07 pada pektin kulit durian. Dengan memodifikasi pH dan suhu tersebut, membuat rantai pektin menjadi lebih pendek, lebih mudah larut dalam air dan lebih mudah diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh daripada pektin rantai panjang. Kemampuan penghapusan logam berat oleh pektin dari jeruk yang dimodifikasi dalam aliran darah manusia telah dibuktikan oleh Eliaz dan Rode (2003). Kemampuan adsorpsi pektin dari kulit jeruk dan kulit durian termodifikasi yang memiliki DE lebih rendah terhadap logam berat mengalami peningkatan dibandingkan pektin dari kulit jeruk dan kulit durian yang

tidak dimodifikasi (Weng Wai, Wong et al. 2009).

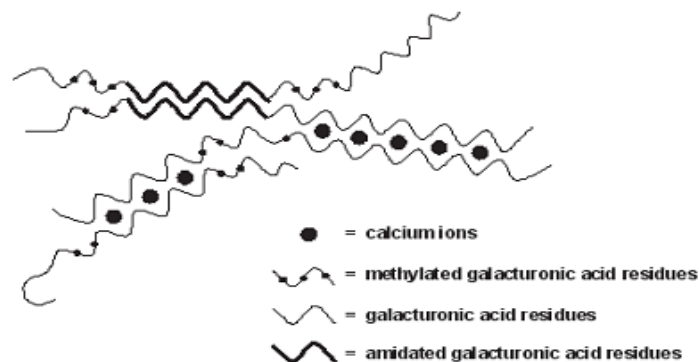
Modifikasi pektin juga dapat dilakukan dengan menyambung silang pektin dengan agen penyambung silang (crosslinking agent). Berbagai macam reagen pengikat silang (isosianat, epoksida, amina, asam unhydrides, dll) yang dikenal sampai saat ini. Kebanyakan hanya larut dalam pelarut organik. Selain itu, banyak dari reagen tersebut yang sensitif terhadap kelembaban dan sulit larut dalam pelarut air. Di sisi lain, pektin hanya larut dalam air. Jadi crosslinker yang cocok untuk pektin terbatas. Penggunaan crosslinker seperti CaCl_2 , ethylene glycol diglycidyl ether (EGE) dan Glutaraldehid (GA) larut dan stabil dalam air (Yoshimura, Thosio et al. 2005). Ca^{2+} mampu menginduksi gelasi pektin, Ketika CaCl_2 dimasukkan ke dalam larutan pektin, maka akan terbentuk gel. Struktur crosslinking pektin dengan Ca^{2+} dijelaskan dengan model "telur-kotak" yang didasarkan pada hubungan konformasi dari residu galacturonic (Grant et al., 1973 dan Voragen et al. 1995). Mekanisme pembentukan gel pektin Low Metoksil (LM) dengan model 'telur-kotak', melibatkan zona persimpangan yang terbentuk secara teratur sisi demi sisi dari galacturonan yang saling bertautan, dimana urutan tertentu monomer GalA terletak paralel atau rantai yang berdekatan dihubungkan melalui ikatan secara intermolecular melalui ikatan elektrostatik dan ikatan ionik dari gugus-gugus karboksil, seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Kalsium mengikat urutan polygalactoronat: dimer 'telur kotak' dan rongga 'telur-kotak' (diadaptasi dari Axelos & Thibault, 1991).

Penjelasan ini umumnya diterima bahwa persimpangan terdiri dari dimer pada 2 simetri heliks. Atom oksigen dari gugus hidroksil, cincin atom oksigen, dan jembatan atom oksigen dari komponen unit gula, berpartisipasi dalam proses pengikatan melalui pasangan elektron bebas mereka (Kohn, 1987). Terjadinya persimpangan tergantung pada kekuatan ikatan elektrostatik. Ikatan tersebut tersebut stabil ketika setidaknya ada tujuh kelompok karboksil berturut-turut pada interior setiap rantai yang berpartisipasi (Powell et al., 1982). Terjadinya gugus metil ester pada rantai utama membatasi luasnya zona persimpangan tersebut sehingga menyebabkan pembentukan gel.

Selanjutnya, amidasi meningkatkan kemampuan pembentuk gel dari LM-pektin: pektin teramidasi membutuhkan kalsium lebih sedikit untuk pembentukan gel dan kurang rentan terhadap pengendapan pada kadar kalsium tinggi (Mei, 1990). Racape dan kawan-kawannya (1989) menyebutkan bahwa pembentukan gel dari pektin teramidasi tidak dapat dijelaskan oleh model 'telur-kotak' saja, dengan adanya blok dari gugus amida sepanjang rantai mempromosikan hubungan melalui ikatan hidrogen. Seperti yang diharapkan untuk setiap polimer, berat molekul lebih rendah, pembentukan gel lebih lemah. Gambar. 5 menggambarkan model pembentukan gel dari pektin LM-teramidasi.



Gambar 5. Model pembentukan gel pektin LM-teramidasi yang menunjukkan hubungan ionik antara asam galacturonic dan ikatan hidrogen antara asam galacturonic teramidasi (diadaptasi dari Sriamornsak, 2002).

Penyambungan copolymerization dari poli asam akrilat ke kerangka pektin akan menciptakan gugus pada pektin lebih karboksil, sebagai akibatnya pektin mampu mengikat logam lebih optimal dibandingkan pektin murni pada proses pengolahan air.

Selektivitas pektin dalam mengikat logam dapat digunakan untuk mengembangkan proses adsorpsi efektif karena bentuknya sebagai garam tidak larut dengan ion logam berat. Pektin berinteraksi dengan ion-ion logam berat lunak. Penggunaan pektin dimodifikasi dengan ion logam seperti kalsium dan seng dalam aplikasi biomedis dapat menurunkan kolesterol darah (Davidson et al, 1998) dan usus besar dengan sistem pengiriman obat yang ditargetkan (Chaurasi, 2004 dan Faris et al, 2010). Selain sebagai perangkat pelepasan obat, pektin juga dapat berinteraksi dengan ion logam berat (Kartel et al, 1999), membentuk kompleks nitro-lignin- pektin dengan ion tembaga (Khvan, 2001), dan membentuk kompleks nitro-lignin- pektin dengan ion besi (III) (Kamnev et al, 1995). Selanjutnya, Kaley et al. Harel et al (1998) telah melaporkan pektin gel bead dari gula bit dapat menghilangkan kadmium dari larutan. Dronnet dan rekan kerjanya (1998) telah melaporkan bahwa pektin dari jeruk dan gula bead selektif dalam mengikat ion logam divalen.

Struktur gel seperti pembentukan jaring pada molekul pektin tercrosslink. Sambung silang terbentuk oleh ikatan ion antara karboksil, kuat dan agak rapuh, kurang elastis dibandingkan pektin biasa yang dibentuk oleh ikatan hidrogen. Dengan pektin yang memiliki DE yang lebih rendah,

meningkatkan kemungkinan untuk pembentukan cross-link dengan penambahan sejumlah kalsium. Karena jumlah gugus karboksil reaktif yang dapat membentuk jembatan garam meningkat, semakin besar kemungkinan untuk membentuk jembatan. Selanjutnya, karena jumlah dari gugus bermuatan banyak, molekul terdeesterifikasi memiliki rantai lebih lurus dibandingkan dengan pektin teresterifikasi, sehingga molekul terdeesterifikasi akan lebih suka membentuk ikatan dengan kalsium (Thibault & Rinaudo, 1985).

Jumlah pektin LM yang diperlukan untuk pembentukan gel tersebut menurun dengan DE. Kekuatan ikatan ionik gel sangat bergantung pada DE. Ion monovalen seperti natrium, yang juga dapat bereaksi dengan gugus karboksil bebas, dapat mempengaruhi pembentukan gel karena natrium mengurangi reaksi ikat silang pektin dengan kalsium dan meningkatkan kelarutan pektin LM terhadap kalsium (Axelos, 1990).

Modifikasi pektin dapat juga dilakukan dengan membuatnya menjadi komposit, misalnya dengan menyambung silang pektin dengan chitosan membentuk kompleks polielektrolit. Kitosan dapat bertindak sebagai crosslinker efektif terhadap jaringan-jaringan pektin pada pH 5,6. Karakteristik pembentukan gel tergantung pada derajat esterifikasi pektin, Dengan pektins DE relatif rendah (36%) mudah membentuk gel. Kekakuan gel meningkat dengan meningkatnya konsentrasi crosslinker. (Mariya Marudova, Alistair et al. 2004). Rashidova et al. 2004

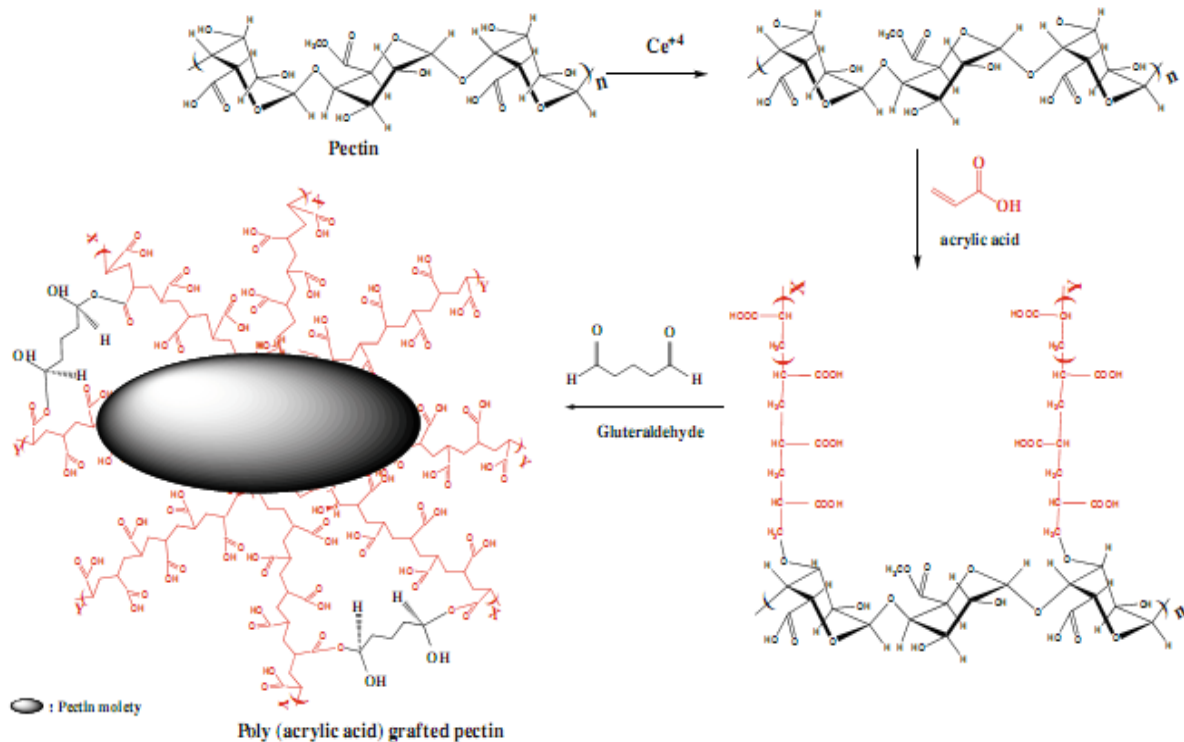
melaporkan tentang komposit pektin-kitosan, bahwa sistem pembentukan kompleks polielektrolit pektin kitosan secara umum didasarkan pada sistem pengikatan secara ikatan elektrostatik, ikatan hidrogen dan adanya interaksi hidrofobik sehingga kompleks polielektrolit yang terbentuk stabil.

Kontribusi hidrofobik atau interaksi lainnya dapat berbeda, tergantung pada struktur kimia dari komponen-komponen dari kompleks polimer dan sifat medium. Adapun reaksi pembentukan Polielektrolit pektin kitosan seperti pada reaksi berikut :



Proses modifikasi pektin selanjutnya adalah dengan cara grafting (mencangkok). Fares et al(2011), telah melaporkan bahwa pektin merupakan biosorben yang ramah lingkungan, tidak beracun dan biodegradable. Grafting copolymerization dari poli asam akrilat terhadap jaringan pektin akan menciptakan gugus karboksil pada pektin yang akan

menjadikan pektin sebagai adsorben yang mampu mengikat logam pada proses pengolahan air lebih baik. Hidrogel pektin yang tercrossling glutaraldehid dicangkok dengan poli (asam akrilat) dapat mengikat logam Cd dalam air secara optimal. Sintesis pektin yang dicangkok dengan poly acrilat tersambung silang glutaraldehid dapat dilihat seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Sintesis pektin tercangkok poli (asam akrilat) dan terikat silang melalui glutaraldehide

Adsorben Pektin

Pektin dan turunan pektin, dapat dimanfaatkan sebagai adsorbent berat logam untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan hidup. Pektin merupakan adsorben yang relatif murah yang mampu menggantikan metode pengolahan air limbah di industri dengan biaya yang tidak murah seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, elektro flotasi, membran pemisah, reverse osmosis, elektro dialisis, dan ekstraksi pelarut, dll (Namasivayam C dan Ranganathan K.1995). Adsorpsi adalah salah satu perlakuan proses fisiko kimia yang efektif dalam membuang logam berat dari larutan. Menurut Bailey et al. (1999), sebuah adsorben dianggap ekonomis, jika keberadaannya di alam berlimpah, serta biaya yang diperlukan untuk proses pengolahan murah atau biaya rendah, proses pengolahan tidak terlalu rumit dan merupakan produk sampingan dari bahan limbah atau dari industri limbah. Telah dilaporkan penggunaan hidrogel sebagai penyerap untuk ion logam. Bahwa pembentukan hidrogel pektin yang memiliki gugus aktif yang responsif, dan sambung silang mampu meningkatkan daya serap terhadap logam Cd (Fares, Muhammad et al 2011).

Pektin adalah heterogeneous polisakarida yang mengandung sejumlah besar asam poli (d-galacturonic) terikat melalui keterkaitan α -1,4-glikosidik, dimana sebagian gugus karboksil dalam bentuk metil ester. Pektin diekstrak dari bahan alami seperti pulp gula bit, apel pomace dan kulit jeruk, dan dari sumber karbohidrat lainnya yang tersedia berlimpah. Tingkat

esterifikasi (DE), yang dinyatakan sebagai persentase gugus karboksil esterifikasi, penting untuk mengklasifikasikan pektin. Seperti halnya kitin dan kitosan, pektin juga sangat efektif digunakan sebagai biosorpsi untuk mengikat logam berat di perairan untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Pektin adalah adsorben bermuatan negatif karena kaya akan gugus karboksil yang dapat menarik kation logam. Gugus karboksil merupakan salah satu gugus fungsi utama yang mampu menyerap logam secara efektif. (Volesky, 2003 dan Mehta, 2005). Modifikasi pektin baik melalui menurunkan DE pektin, sambung silang (crossling), mencangkok(grafting) dapat meningkatkan daya serap pektin terhadap logam-logam seperti Cu(II), Ni(II), Cd(II), Sr (II), Pb (II) dan logam-logam lainnya.

KESIMPULAN

Karakteristik kimia pektin dan modifikasinya telah dilaporkan sebagai biopolimer alami yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorbent logam berat untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan hidup. Kemampuan pektin sebagai biosorben logam berat disebabkan oleh adanya gugus aktif (gugus karboksil) yang dimilikinya. Sebagai biosorpsi, pektin tidak hanya untuk aplikasi sebagai adsorben untuk mengikat logam berat di lingkungan perairan, tetapi juga dapat dikembangkan untuk proses detoksifikasi, yang mampu mengikat logam berat secara *in vivo*. Dengan pemilihan jenis pektin yang sesuai, kondisi pembentukan gel, metode menyambung silang atau metode membuat komposit pektin dengan makropolimer yang

lain, maka berbagai morfologi dan karakteristik dapat dibuat. Dengan demikian, diharapkan penelitian tentang biosorpsi pektin dapat terus berkembang dan berkelanjutan, sehingga diharapkan semakin banyak aplikasi yang inovatif dari pektin dan turunannya yang menarik di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bernable, C. Peniche, W. Arguelles-Monal. 2005. Swelling behavior of Chitosan/Pectin Polyelectrolyte complex membranes. Effect of thermal crosslinking. *Polimer Bulletin*. Cuba
- [2] Dronnet VM, Renard CM, Axelos MA, Thibault JF (1999) *Carbohydr Polym* 30:253
- [3] Farahani, T.D., Farahani, E.V., and Mirzadeh, H, 2006, Swelling Behavior of Alginat-N,O-Carboxymethyl Chitosan Gel Beads Coated by Chitosan, Iran. *Polymer J.* 15(5), 405-415
- [4] L.A. Kupchik, N.T. Kartel, E.S. Bogdanov, O.V. Bogdanov and M.P. Kupchik. 2005. Chemical Modification of Pectin to Improve Its Sorption Properties. *J. Macromolecular Chemistry and Polymeric Material*
- [5] Mariya Marudova, Alistair J. MacDougall and Stephen G. Ring, 2004. Pectin–chitosan interactions and gel formation
- [6] Maher Z. Elsabee, Entsar S. Abdou, Khaled S. AN, Mohamed Eweis. 2007. Surface Modification of Polypropylene Films by Chitosan and Chitosan/ Pectin Multilayer. *J. Carbohydrate Polymer*.
- [7] Mohammad M. Fares, Yahya R.T., Samar T. K, Yousef M, Abdul Haija. 2011. Eco-Friendly, Vascular Shape and Interpenetrating Poly(Acrylic Acid) Grafted Pectin Hydrogels, Biosorption and Desorption Investigations. *J Polym Environ* (2011) 19:431–439
- [8] M. S. Rodríguez, M. S. Zalba, A. L. Debbaudt, E. Agullo. 2006. New chitosan–calcium pectinate pellets and their adsorption capacity. *Colloid Polym Sci* (2006) 285: 119–124.
- [9] Nangia-Makker, P., Hogan, V., Honjo, Y., Baccarini, S., Tait, L., Bresalier, R., et al. (2002). Inhibition of human cancer cell growth and metastasis in nude mice by oral intake of modified citrus pectin. *Journal of the National Cancer Institute*, (24), 1854–1862.
- [10] Peter D. Hoagland* and Nicholas Parris. 1996. Chitosan/Pectin Laminated Films. *J. Agric. Food Chem.* 1996, 44, 1915–1919
- [11] Platt, D., & Raz, A. (1992). Modulation of the lung colonization of B16-F1 melanoma cells by citrus pectin. *Journal of the National Cancer Institute*, 84(6), 438–442. Raz, A., & Loton, R. (1987). Endogeneous galactoside-binding lectins: A new class of functional cell surface molecules related to metastasis. *Cancer Metastasis Review*, 6, 433–452.
- [12] Po-Hui Chen, Ting-Yun Kuo, Jen Yun Kuo, Yen Po Tseng, Da Ming Wang. 2010. Novel chitosan Pectin Composite Membranes with Enhanced Strength, Hydrophilicity and Controllable

Disintegration. J.Carbohydrate
Polymer.

etanol pada suhu 80°C selama 6 jam,
rendemen hasil ekstraksi selanjutnya
dikeringkan

- [13] Toshio Yoshimura, Keiko Sengoku and
Rumiko Fujioka. 2005. Pectin-base
superabsorbent hydrogel crosslinked by
some chemicals :synthesis and
characterization. Polymer Bulletin 55,
123–129 Japan.
- [14] Silke Schiewer and Muhammad Iqbal.
2010. The Role of Pectin in Cd binding
by Orange peel Biosorbents : A
Comparison of Peels, Depectinated
Peels and Pectic Acid. . J.Hazardous
Materials.
- [15] S.Sh. Roshidova, R.Yu. Milusheva, L.N.
Semenova, M.Yu. Mukhamedjnova,
N.L. Voropaeva, S. Vasilyeva,
R.Faizieva, I.N. Ruban. 2004.
Characteristics of Interactions in the
Pectin-Chitosan System.
Chromatographia, 2004,59,
June(N0.11/12)
- [16] Wong Weng Wai, Abbas F.M. AlKarkhi,
Azhar Mat Easa.2010. Comparing
biosorbent ability of modified citrus and
durian rind pectin. Carbohydrate
Polymers 79 (2010) 584–589

TANYA JAWAB

Penanya : Lailatul Badriyah

Pertanyaan:

Bagaimana cara mensintesis pektin dari
material mentah?

Penjawab: Budi Hastuti

Jawaban:

Pektin disintesis dari material mentah
melalui proses ekstraksi menggunakan