

4. PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan proses ekstraksi pektin yang berasal dari ampas jeruk keprok sebagai bahan baku yang nantinya akan dimasukkan ke dalam produk *cupcake*. Buah jeruk merupakan salah satu buah yang kaya akan kandungan pektin, terutama pada bagian ampasnya. Sampel buah jeruk yang digunakan berasal dari satu peti yang sama dan memiliki tingkat kematangan rendah. Kandungan pektin dalam buah tergantung oleh derajat kematangannya. Umumnya pada buah-buahan yang belum matang terdapat lebih banyak pektin (Hariyati, 2006).

Menurut Hariyati (2006), pektin terdiri dari gugus-gugus fungsional yaitu karboksil, hidroksil, amida dan metoksil. Keempat gugus tersebut ikut berperan dalam proses penyerapan logam berat, terutama gugus karboksil yang memiliki kemampuan paling besar berikatan dengan logam. Gugus karboksil dapat bereaksi dengan ion logam berat untuk membentuk senyawa kompleks yang tidak larut air. Pektin dapat mengikat logam karena adanya gugus-gugus aktif yang memiliki pasangan elektron bebas terhadap kation logam (seperti gugus karboksilat dan hidroksil) sehingga kation logam tertarik dan berikatan membentuk kompleks pektin dan logam (Ina *et al*, 2014). Derajat esterifikasi juga sangat mempengaruhi reaktivitas pektin terhadap ion logam berat. Pektin didalam larutan akan berkumpul dan membentuk kantung-kantung dimana kantung tersebut dapat membentuk kompleks dengan kation logam. Kantung-kantung tersebut memiliki muatan negatif sehingga memiliki daya tarik yang kuat terhadap muatan positif dari kation logam (Eliaz *et al*, 2007).

Pektin yang ingin dihasilkan dalam penelitian ini adalah jenis *low methoxyl pectin* (LMP) dengan kadar metoksil lebih rendah dari 7%. Pektin ini memiliki derajat esterifikasi kurang dari 50% sedangkan pektin jenis *high methoxyl pectin* (HMP) memiliki derajat esterifikasi lebih dari 50%. Jenis *low methoxyl pectin* ini memiliki kemampuan pengikatan lebih baik bila dibandingkan dengan *high methoxyl pectin* (HMP) (Kurniasari *et al*, 2014). Pektin dengan kadar metoksil kurang dari 7% mampu membentuk gel bila terdapat ion-ion logam bivalen dan tanpa adanya keberadaan gula. Ion logam bivalen dapat bereaksi dengan gugus-gugus karboksil dari dua molekul asam

pektat dan membentuk jembatan yang akan mengikat ion-ion logam berat dalam suatu larutan (Constenla dan Lozano, 2003).

Pada penelitian ini dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan konsentrasi pektin yang disubstitusikan ke dalam produk *cupcake* sehingga tidak mengubah karakteristik produk *cupcake* dari pandangan konsumen. Bentuk pektin yang disubstitusikan ke dalam *cupcake* berupa gel pektin. Pada penelitian pendahuluan dilakukan uji sensori dengan parameter yang berhubungan dengan karakteristik dari *cupcake* yaitu rasa, tekstur, *aftertaste* dan *overall*. Penentuan konsentrasi pektin ini dibagi menjadi lima tingkat konsentrasi berbeda dengan rentang 10-50%.

Adanya substitusi gel pektin ke dalam produk *cupcake* akan sangat berpengaruh terhadap ukuran, ketebalan, warna dan tekstur dari *cupcake*. Penambahan gel pektin yang semakin meningkat ke dalam produk *cupcake* akan menyebabkan diameter dan tinggi dari produk *cupcake* akan menyusut. Efek lain yang berimbas pada karakteristik *cupcake* adalah warna dari produk akan semakin cerah karena kandungan total protein semakin menurun sehingga reaksi Maillard ikut menurun (Prihatin, 2015).

Hasil dari uji sensori menunjukkan bahwa adanya substitusi gel pektin pada *cupcake* sangat mempengaruhi karakteristik tekstur dari *cupcake*, bila dibandingkan dengan rasa serta *aftertaste* yang hasilnya sama atau tidak terlalu berpengaruh. Hasil dari uji sensori menunjukkan dimana semakin tinggi konsentrasi gel pektin pada *cupcake* maka tingkat kesukaan konsumen semakin menurun. Nilai rata-rata tertinggi kesukaan konsumen berdasarkan tekstur *cupcake* berada pada tingkat konsentrasi gel pektin 10%, sedangkan nilai rata-rata terendah didapatkan pada konsentrasi 50%. Berdasarkan hasil uji signifikansi Mann-Whitney, *cupcake* dengan konsentrasi gel pektin 10% memiliki hubungan tidak berbeda nyata dengan *cupcake* konsentrasi gel pektin 20% yang berada pada tingkat kepercayaan 95%.

Hasil keseluruhan juga dilihat dari rata-rata tertinggi pada parameter *overall*. Pada parameter ini didapatkan hasil rata-rata tertinggi pada *cupcake* dengan konsentrasi gel pektin 20% diikuti dengan konsentrasi gel pektin 10%. Berdasarkan hasil uji sensori ini

maka disimpulkan bahwa konsumen lebih menyukai *cupcake* dengan substitusi gel pektin dengan rentang 10-20%. Konsentrasi yang dipilih ini digunakan lebih lanjut dalam penelitian utama.

4.1. Penyerapan Logam Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan untuk menguji penyerapan logam dengan pektin yang telah diekstrak dari ampas jeruk keprok dan ditambahkan ke dalam produk *cupcake*. Jumlah pektin yang ditambahkan ke dalam produk *cupcake* dibagi menjadi tiga tingkatan konsentrasi yang berbeda yaitu 10%, 15% dan 20%. Hal ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi paling optimum untuk menyerap logam Cd dan Cu dalam sistem *in vitro*.

Hasil penelitian utama menunjukkan pada fase terlarut (*soluble*) massa logam Cd dan Cu yang terserap dengan baik terdapat pada *cupcake* dengan tingkat konsentrasi pektin 20% berturut-turut adalah $184,091 \pm 29,805 \mu\text{g}$ dan $164,112 \pm 7,057 \mu\text{g}$. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin meningkat jumlah konsentrasi pektin yang disubstitusikan ke dalam produk *cupcake* maka logam yang terserap juga semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan teori Sarce Bana *et al.* (2015) bahwa semakin banyaknya permukaan sel pektin sebagai sorben maka semakin banyak permukaan sel menjadi aktif dan melakukan pengikatan terhadap logam. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah konsentrasi pektin berbanding lurus dengan peningkatan pengikatan logam.

Pada fase tidak terlarut (*insoluble*), massa logam Cd dan Cu terserap dengan baik pada *cupcake* dengan konsentrasi pektin 10% berturut-turut $64,818 \pm 19,609 \mu\text{g}$ dan $45,584 \pm 2,682 \mu\text{g}$. Hasil dari fase tidak terlarut ini tidak sesuai dengan teori yang sebelumnya dijelaskan. Menurut Suryaningtyaset *al.* (2014), penyerapan logam (adsorpsi) terjadi dipermukaan sorben sebelum mencapai titik jenuh. Setiap sorben memiliki kemampuan untuk mengikat ion-ion logam hingga maksimum, jika melebihi batas maksimum, maka permukaan sorben menjadi terlalu jenuh untuk terus mengadsorpsi ion logam. Hasil penelitian utama yang didapat dari fase tidak terlarut ini terjadi karena gugus aktif pektin mengalami kondisi terlampaui jenuh maka permukaan sorben sudah tidak kuat mengikat kation logam yang tersisa dalam larutan sehingga pektin tidak mampu lagi

untuk menyerap logam baik kadmium maupun tembaga. Selain itu, kemampuan daya serap dapat menurun karena adanya pengadukan yang lama yang memungkinkan ion logam yang telah terikat kembali terlepas karena pengaruh tabrakan antar molekul dalam larutan dengan ikatan ion logam.

Hasil total penyerapan logam Cd dan Cu pada fase *soluble* menunjukkan penyerapan secara maksimal pada tingkat konsentrasi pektin gel 20% secara berturut-turut $46,023 \pm 7,451\%$ dan $82,056 \pm 3,528\%$. Hal ini sesuai dengan teori sebelumnya, dimana semakin banyak jumlah pektin yang ada maka pektin akan aktif mengikat ion logam (Sarce Bana *et al.*, 2015). Peningkatan tingkat konsentrasi pektin berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah logam yang terserap. Pada fase *insoluble* total penyerapan logam Cd dan Cu paling tinggi ditunjukkan pada tingkat konsentrasi pektin 10% berturut-turut adalah $16,204 \pm 4,902\%$ dan $22,792 \pm 1,341\%$.

Pada penelitian utama, fase terlarut menyerap logam lebih baik dibandingkan dengan fase tidak terlarut. Hal ini tidak sesuai dengan teori Rao *et al.* (2010) dimana fraksi tidak terlarut mengandung banyak serat yang terdiri dari gugus fungsional (karboksil dan hidroksil) yang berperan dalam proses pengikatan logam berat lebih baik. Hal ini dapat disebabkan karena adanya sampel fase tidak terlarut yang mengandung logam baik Cd maupun Cu tertinggal ditabung sentrifuge atau di alat ketika sampel dipindahkan. Pada penelitian ini diketahui efektivitas pektin yang diekstrak dari ampas jeruk keprok dapat mengikat logam dengan kekuatan ikatan yang berbeda-beda pada setiap logam. Perbedaan ini terjadi karena perbedaan afinitas pektin terhadap logam. Total penyerapan logam Cu lebih besar bila dibandingkan dengan total penyerapan logam Cd.

Berdasarkan afinitas pektin terhadap pengikatan kation logam maka logam yang mudah diserap oleh pektin adalah $\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$. Hal ini juga dapat dikarenakan oleh perbedaan kekuatan interaksi antar logam terhadap gugus hidroksil yang terdapat pada pektin (Wong *et al.*, 2008). Tingkat keelektronegatifitas ion Cu lebih tinggi dari Cd sehingga kestabilan pengikatan pektin dengan ion logam Cu lebih tinggi bila dibandingkan ion logam Cd. Menurut Ina *et al.* (2014), besarnya jumlah pengikatan logam bergantung pada sifat kestabilan kompleks yang terjadi pada pektin dengan

logam, dimana energi penstabil ion mempengaruhi kecenderungan pembentukan senyawa kompleks dari suatu senyawa logam.

4.2. Simulasi Konsumsi untuk Pengikatan Logam dalam Darah

Simulasi pengikatan logam dalam darah bertujuan untuk mengetahui waktu menuju konsentrasi aman logam dalam tubuh ketika seseorang terkontaminasi logam Cd ataupun Cu. Waktu ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi pektin dalam *cupcake*, laju pengikatan logam, jumlah konsumsi *cupcake* per harinya. Pada simulasi ini diasumsikan terdapat seorang laki-laki dan wanita telah terkontaminasi logam beracun, seorang laki-laki terkontaminasi logam Cd dan wanita terkontaminasi logam Cu. Dua orang ini diasumsikan memiliki volume darah sebesar 5,3 L, dan tidak ada asupan logam Cd dan Cu lebih lanjut. Kadar kontaminasi Cd dalam darah laki-laki sebesar 3,8 µg sedangkan batas aman Cd dalam darah adalah 2 µg/L (Mayo Clinic, 2017). Pada wanita, kadar kontaminasi Cu dalam darah sebesar 23055 µg sedangkan batas aman Cu dalam darah adalah 1450 µg/L (Mayo Clinic, 2017). Pengikatan terjadi sekali dalam waktu 30 menit. Waktu paruh menunjukkan kondisi Cd dan Cu dalam simulasi tiga kali lebih tinggi dari konsentrasi dalam darah.

Hasil yang didapatkan pada kedua orang yang terkontaminasi baik logam Cd atau Cu sama dimana semakin banyak asupan *cupcake* maka waktu menuju konsentrasi aman serta waktu paruh akan berlangsung lebih cepat. Hal ini dipengaruhi oleh laju pengikatan yang didasarkan pada tingkat *recovery* dari konsentrasi gel pektin dalam *cupcake*. Semakin tinggi tingkat *recovery* dari suatu konsentrasi gel pektin maka laju pengikatan juga makin meningkat diikuti makin banyaknya asupan *cupcake*.

Pada laki-laki yang terkontaminasi Cd mengonsumsi 3 buah *cupcake* per harinya dengan tingkat konsentrasi gel pektin 20% menunjukkan waktu menuju konsentrasi aman dan waktu paruh tercepat yaitu 770 hari dan 486 hari. Hal ini dikarenakan tingkat *recovery* konsentrasi gel pektin tertinggi dan jumlah asupan *cupcake* yang makin banyak akan meningkatkan laju pengikatan terhadap logam. Pada konsentrasi gel pektin 20% didapatkan tingkat *recovery* Cd tertinggi sebesar 61,742% dan laju pengikatan pada konsentrasi tersebut 0,00143 per hari dengan asupan *cupcake* 3 buah per hari.

Pada wanita yang terkontaminasi Cu hasil terbaik ditunjukkan dengan mengonsumsi 3 buah *cupcake* per hari dimana tingkat konsentrasi gel pektin 20%. Hasil yang didapatkan dengan mengonsumsi *cupcake* tersebut menunjukkan waktu menuju konsentrasi aman dan waktu paruh yaitu 487 hari dan 307 hari. Hal ini terjadi karena tingkat *recovery* yang tinggi dan jumlah asupan *cupcake* yang banyak meningkatkan laju pengikatan. Pada konsentrasi gel pektin 20% didapatkan tingkat *recovery* terhadap Cu sebesar 97,682% dan laju pengikatan sebesar 0,0026 per hari dengan asupan *cupcake* 3 buah per hari.

