

3. HASIL PENELITIAN

Pada penelitian pendahuluan dilakukan pengujian dengan menggunakan uji sensori. Tujuan dari penelitian pendahuluan yaitu mengetahui konsentrasi penambahan *pectin gel* dalam *cookies* yang masih dapat diterima oleh panelis. Konsentrasi *pectin gel* yang digunakan dalam penelitian pendahuluan yaitu 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Jumlah panelis yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 panelis yang merupakan mahasiswa fakultas teknologi pangan Unika Soegijapranata.

3.1. Pengujian Kontaminan Logam Cd dan Cu

Hasil pengujian sampel bebas kontaminan logam berat Cd dan Cu dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Kontaminan Logam Cd dan Cu dalam Sampel

Sampel	Logam Berat	
	Cd	Cu
<i>Cookies</i> konsentrasi 10%	TT	TT
<i>Cookies</i> konsentrasi 15%	TT	TT
<i>Cookies</i> konsentrasi 20%	TT	TT
Larutan <i>buffer</i>	TT	TT

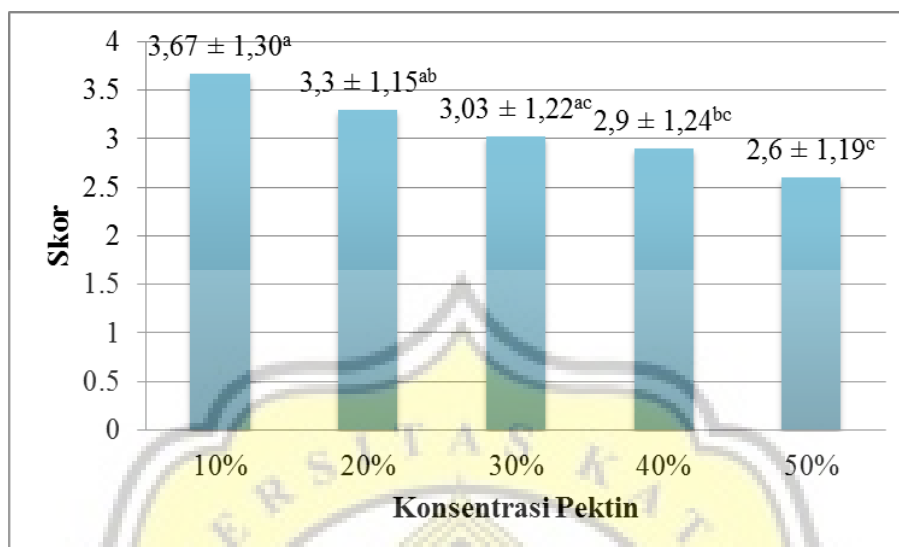
Keterangan:
TT: Tidak terdeteksi

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat hasil kontaminan logam Cd dan Cu menunjukkan tidak adanya kontaminasi logam berat pada sampel *cookies* maupun larutan *buffer*. Hasil SSA menunjukkan bahwa pada sampel dan larutan *buffer* tidak terdeteksi logam Cd dan Cu karena nilai absorbansinya dibawah larutan standar S_1 yaitu 0,1 ppm. Pada penelitian ini digunakan tiga konsentrasi larutan standar yaitu 0,1 ppm (S_1), 0,5 ppm (S_2) dan 1,0 ppm (S_3).

3.2. Penelitian Pendahuluan

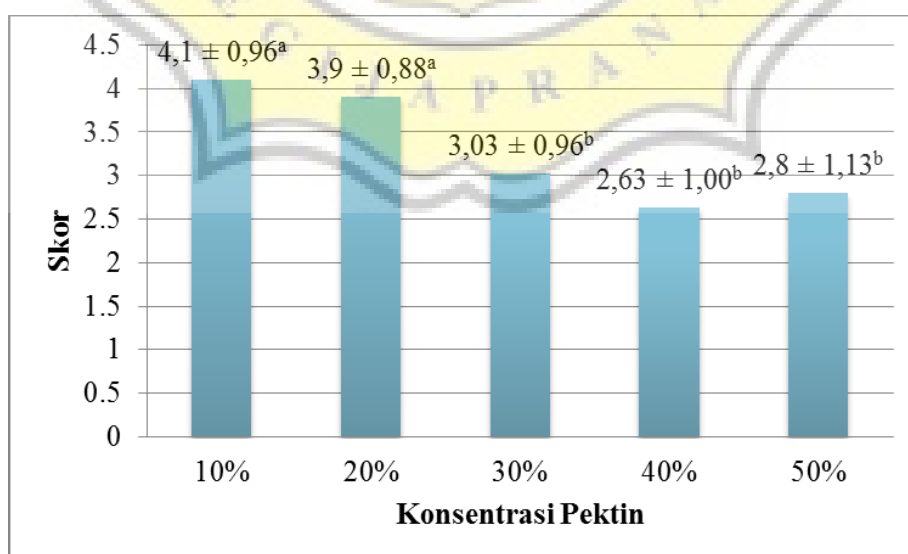
Pada pengujian sensori terdapat 4 parameter yang digunakan adalah tekstur, rasa, *aftertaste* dan *overall*. Setelah diperoleh hasil pada pengujian sensori, parameter yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan konsentrasi *pectin gel* yaitu tekstur dan *overall*. Hal ini disebabkan karena perbedaan tingkat konsentrasi *pectin gel*

menunjukkan pengaruh yang paling mencolok pada parameter tekstur dan *overall*. Berikut adalah gambar tingkat penerimaan panelis pada parameter tekstur dan *overall*.



Gambar 8. Tingkat Penerimaan Panelis Berdasarkan Tekstur

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 10% diperoleh skor yang paling tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tekstur *cookies* yang disukai oleh panelis yaitu *cookies* dengan penambahan *pectin gel* pada konsentrasi 10%. Sedangkan tekstur *cookies* yang paling tidak disukai oleh panelis yaitu penambahan *pectin gel* pada konsentrasi 50%.



Gambar 9. Tingkat Penerimaan Panelis Berdasarkan *Overall*

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa pada penambahan *pectin gel* dengan konsentrasi 10% dan 20% memperoleh skor yang tidak terlalu jauh. Pada gambar di atas dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, panelis lebih menyukai *cookies* dengan penambahan *pectin gel* pada konsentrasi 10% dan 20%. Berdasarkan uji Mann Whitney, tidak ada perbedaan nyata skor sensori *cookies* antar perlakuan pektin 10% dan 20%. Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan yang telah dilakukan maka digunakan konsentrasi *pectin gel* sebesar 10%, 15% dan 20%. Hal ini disebabkan karena penerimaan panelis pada konsentrasi 10% dan 20% tidak berbeda nyata dan rata-rata yang diperoleh tidak berbeda jauh. Kemudian 3 tingkat konsentrasi yang berbeda tersebut digunakan pada penelitian utama.

3.3. Penelitian Utama

Pada penelitian utama dilakukan uji penyerapan logam pada sistem *in vitro* dengan menggunakan pektin ampas jeruk keprok yang telah ditambahkan dalam produk *cookies* dan *buffer* yang ditambah dengan logam berat. Pada penelitian ini digunakan 2 jenis logam berat yaitu Cd dan Cu. Pada penelitian utama ini digunakan konsentrasi *pectin gel* yang berbeda dalam produk *cookies* yaitu 10%, 15% dan 20%.

3.3.1. Penyerapan Logam Berat

Pada persentase penyerapan logam berat akan menunjukkan optimasi kemampuan penyerapan logam pada pektin dalam sistem *in vitro*. Perhitungan penyerapan logam akan dilakukan pada setiap jenis logam yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Cd dan Cu.

3.3.1.1. Penyerapan Kadmium (Cd)

Pada penelitian utama diperoleh massa Cd yang terserap dan hasil persentase penyerapan yang diperoleh dari uji penyerapan kadmium dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Penyerapan Kadmium yang Terserap Pektin Jeruk Keprok

Konsentrasi Pektin	Distribusi Kadmium (%)	
	Fase tidak larut (<i>insoluble</i>)	Fase terlarut (<i>soluble</i>)
10%	6,494 ± 0,497 ^a	50,259 ± 3,757 ^a
15%	6,686 ± 1,734 ^a	50,084 ± 2,896 ^a
20%	9,297 ± 5,570 ^b	49,571 ± 5,179 ^a

Keterangan:

Huruf yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan *One Way Anova* dan Uji Wilayah Ganda *Duncan*

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat hasil penyerapan Cd yang terserap oleh pektin jeruk keprok dengan tingkat konsentrasi yang berbeda. Pada fase tidak larut, semakin tinggi konsentrasi pektin maka penyerapan Cd akan semakin besar. Penyerapan Cd terbesar pada fase tidak larut yaitu pada konsentrasi pektin 20% sebesar 9,297 ± 5,570%. Sedangkan pada fase terlarut, semakin tinggi konsentrasi pektin maka penyerapan Cd akan semakin kecil.

3.3.1.2. Penyerapan Tembaga (Cu)

Berdasarkan uji penyerapan Cu diperoleh massa Cu yang terserap dan hasil persentase penyerapan yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Penyerapan Tembaga yang Terserap Pektin Jeruk Keprok

Konsentrasi pektin	Distribusi Tembaga (%)	
	Fase tidak larut (<i>insoluble</i>)	Fase terlarut (<i>soluble</i>)
10%	18,258 ± 2,321 ^a	66,673 ± 8,295 ^b
15%	27,772 ± 4,329 ^b	54,340 ± 10,923 ^{ab}
20%	25,851 ± 3,515 ^b	52,588 ± 8,046 ^a

Keterangan:

Huruf yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan *One Way Anova* dan Uji Wilayah Ganda *Duncan*

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat hasil penyerapan logam Cu oleh pektin jeruk keprok dengan 3 tingkat konsentrasi yang berbeda yaitu 10%, 15% dan 20%. Pada fase tidak terlarut, penyerapan Cu terbesar terdapat pada konsentrasi pektin 15% yaitu 27,772 ± 4,329%. Sedangkan pada fase terlarut, penyerapan Cu terbesar terdapat pada konsentrasi pektin 10% yaitu 66,673 ± 8,295%.

3.3.2. Jumlah Penyerapan Kadmium (Cd)

Hasil penyerapan logam Cd oleh fase tidak larut dan fase terlarut dalam sistem *in vitro* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

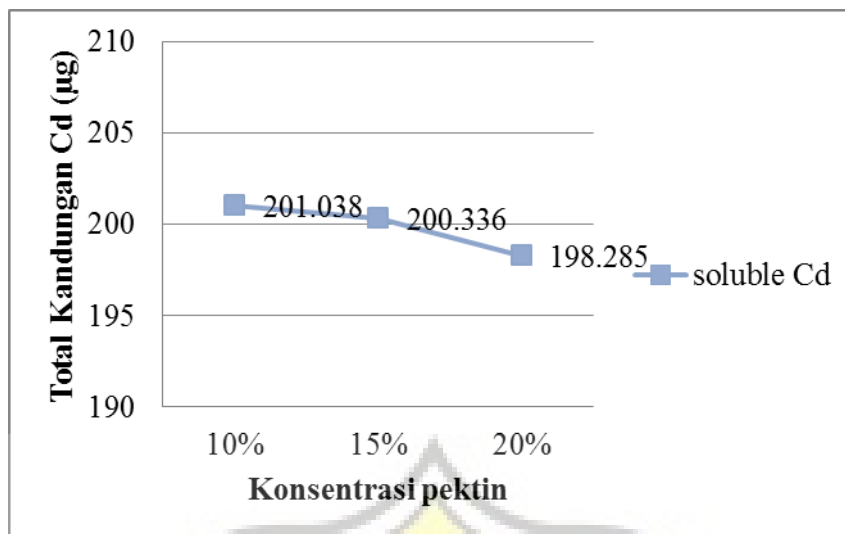
Tabel 5. Jumlah Kandungan Kadmium yang Terserap Pektin Jeruk Keprok

Konsentrasi pektin	Jumlah Kandungan Kadmium (μg)	
	Fase tidak larut (<i>insoluble</i>)	Fase terlarut (<i>soluble</i>)
10%	$25,977 \pm 1,989^{\text{a}}$	$201,038 \pm 15,027^{\text{a}}$
15%	$26,742 \pm 6,937^{\text{a}}$	$200,336 \pm 11,582^{\text{a}}$
20%	$37,187 \pm 7,021^{\text{b}}$	$198,285 \pm 20,715^{\text{a}}$

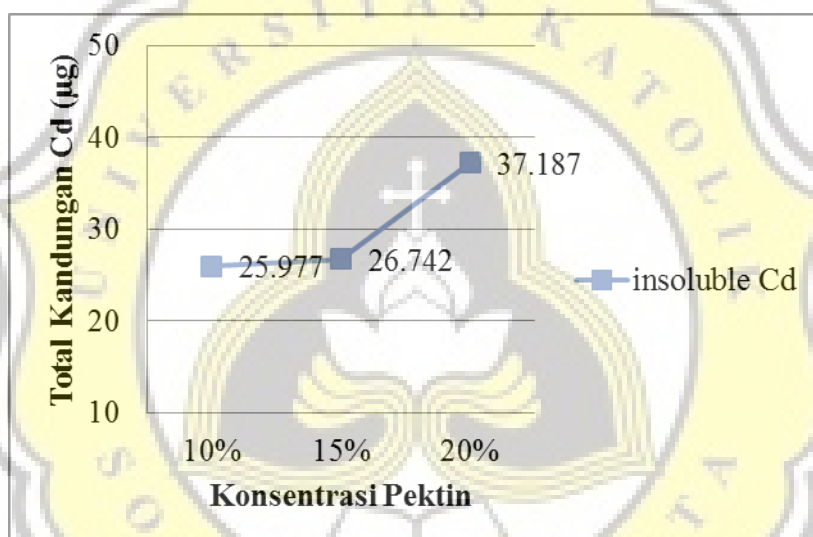
Keterangan:

Huruf yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan *One Way Anova* dan Uji Wilayah Ganda *Duncan*

Pada tabel di atas dapat dilihat jumlah kandungan Cd yang dapat diserap oleh pektin jeruk keprok pada fase tidak larut dan fase terlarut. Jumlah logam Cd yang dapat diserap oleh fase tidak larut memiliki hubungan berbanding lurus dengan konsentrasi pektin. Semakin tinggi konsentrasi pektin maka jumlah Cd yang diserap oleh fase tidak larut akan semakin besar. Pada konsentrasi 10% terdapat $25,977 \pm 1,989 \mu\text{g}$ Cd yang dapat diserap oleh fase tidak larut. Kemudian pada konsentrasi 15% terdapat peningkatan jumlah kandungan Cd sebesar $26,742 \pm 6,937 \mu\text{g}$. Pada konsentrasi 20% terdapat jumlah kandungan Cd terbesar yang diserap oleh fase tidak larut yaitu $37,187 \pm 7,021 \mu\text{g}$. Sedangkan pada fase terlarut memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan konsentrasi pektin. Pada konsentrasi 10% diperoleh jumlah kandungan Cd terbesar yaitu $201,038 \pm 15,027 \mu\text{g}$. Kemudian pada konsentrasi 15% mengalami penurunan kandungan Cd sebesar $200,336 \pm 11,582 \mu\text{g}$. Pola penyerapan logam Cd oleh fase terlarut dan fase tidak larut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



(a)



(b)

Gambar 10. Pola Penyerapan Cd oleh Pektin pada: (a) Fase Terlarut dan (b) Fase Tidak Larut

Pada Gambar 9a. dapat dilihat pola penyerapan Cd oleh fase terlarut yang mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi pektin. Sedangkan pada Gambar 8b. pola penyerapan Cd oleh fase tidak larut mengalami sedikit peningkatan pada konsentrasi 15% dan selanjutnya mengalami peningkatan yang signifikan pada konsentrasi 20%.

3.3.3. Jumlah Penyerapan Tembaga (Cu)

Hasil penyerapan logam Cu oleh fase tidak larut dan fase terlarut dalam sistem *in vitro* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Jumlah Kandungan Tembaga yang Terserap Pektin Jeruk Keprok

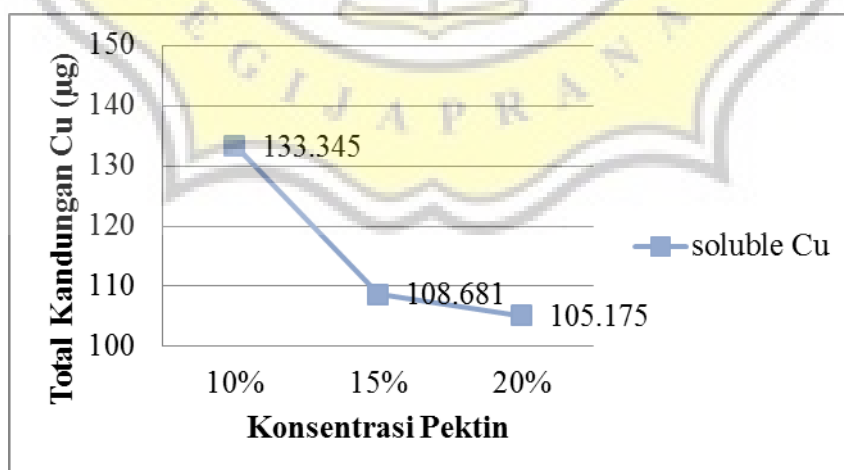
Konsentrasi pektin	Jumlah Kandungan Tembaga (μg)	
	Fase tidak larut (<i>insoluble</i>)	Fase terlarut (<i>soluble</i>)
10%	$36,516 \pm 4,643^a$	$133,345 \pm 16,591^b$
15%	$55,545 \pm 8,658^b$	$108,681 \pm 21,846^{ab}$
20%	$51,702 \pm 7,029^b$	$105,175 \pm 16,093^a$

Keterangan:

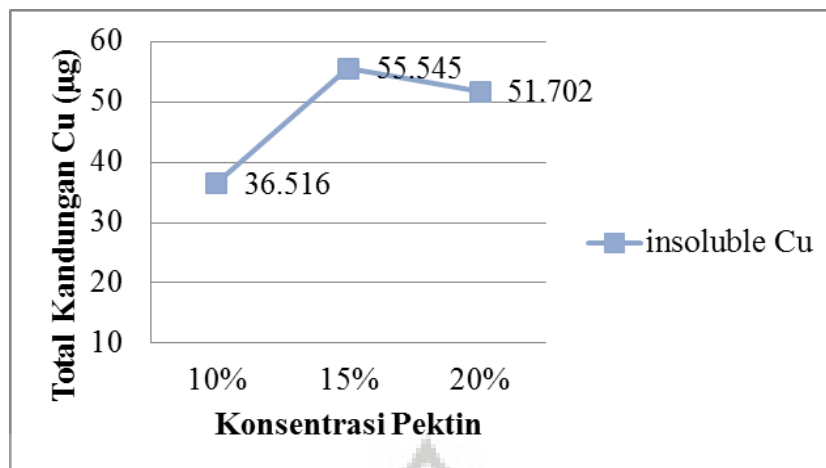
Huruf yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan *One Way Anova* dan Uji Wilayah Ganda *Duncan*

Pada tabel di atas dapat dilihat jumlah kandungan Cu pada fase tidak larut dan fase terlarut. Pada fase tidak larut diperoleh jumlah kandungan Cu terbesar pada konsentrasi pektin 15% yaitu $55,545 \pm 8,658 \mu\text{g}$. Pada fase terlarut diperoleh kandungan Cu tertinggi pada konsentrasi pektin 10% yaitu $133,345 \pm 16,591 \mu\text{g}$. Kemudian pada konsentrasi pektin 15% mengalami penurunan jumlah kandungan Cu yaitu $108,681 \pm 21,846 \mu\text{g}$.

Pola penyerapan logam Cu oleh fase terlarut dan fase tidak larut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



(a)



(b)

Gambar 11. Pola Penyerapan Cu oleh Pektin pada: (a) Fase Terlarut dan (b) Fase Tidak Larut

Pada Gambar 10a. jumlah kandungan Cu yang terserap oleh fase terlarut mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi pektin. Selanjutnya pada Gambar 9b. jumlah kandungan Cu yang terserap oleh fase tidak larut mengalami peningkatan pada konsentrasi 15%. Kemudian jumlah kandungan Cu mengalami sedikit penurunan pada konsentrasi 20%.

3.4. Simulasi Pengikatan Logam Berat

Pengikatan Cd dan Cu oleh pektin jeruk keprok yang ditambahkan ke dalam produk *cookies* dapat di simulasikan dengan penetapan sejumlah asumsi.

Kadmium (Cd)

Kasus: Seorang perempuan telah terkontaminasi Cd sebesar 3 kali dari batas aman kandungan Cd dalam darah. Batas aman kandungan Cd dalam darah yaitu 2 µg/L (Mayoclinic, 2017). Volume darah dalam tubuh perempuan tersebut sebanyak 5,3 liter (Lynn, 1994). Pada simulasi ini di asumsikan tidak ada asupan Cd yang lebih lanjut. Prediksi pengikatan Cd oleh *cookies* dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 7. Simulasi Pengikatan Kadmium (Cd)

Konsentrasi pektin (%)	Pengikatan Cd (%)	Persamaan eksponensial	Konsumsi Cookies (buah)	Laju pengikatan (per hari), k	Waktu paruh (hari), $t_{0,5}$	Waktu menuju konsentrasi aman (hari), t_{ka}
10	56,754	$X_t = X_0 e^{-0,00044t}$	1	0,00044	1587	2515
		$X_t = X_0 e^{-0,00087t}$	2	0,00087	793	1257
		$X_t = X_0 e^{-0,00131t}$	3	0,00131	529	838
		$X_t = X_0 e^{-0,00175t}$	4	0,00175	397	629
		$X_t = X_0 e^{-0,00218t}$	5	0,00218	317	503
15	56,770	$X_t = X_0 e^{-0,00044t}$	1	0,00044	1586	2514
		$X_t = X_0 e^{-0,00087t}$	2	0,00087	793	1257
		$X_t = X_0 e^{-0,00131t}$	3	0,00131	529	838
		$X_t = X_0 e^{-0,00175t}$	4	0,00175	397	628
		$X_t = X_0 e^{-0,00219t}$	5	0,00219	317	503
20	58,868	$X_t = X_0 e^{-0,00045t}$	1	0,00045	1530	2424
		$X_t = X_0 e^{-0,00091t}$	2	0,00091	765	1212
		$X_t = X_0 e^{-0,00136t}$	3	0,00136	510	808
		$X_t = X_0 e^{-0,00181t}$	4	0,00181	382	606
		$X_t = X_0 e^{-0,00227t}$	5	0,00227	306	485

Berdasarkan tabel di atas diperlukan waktu paruh dan waktu menuju konsentrasi aman yang berbeda-beda berdasarkan tingkat konsumsi yang berbeda-beda. Pada konsumsi 1 buah memerlukan waktu paruh dan waktu menuju konsentrasi aman berturut-turut yaitu 1530 hari dan 2424 hari. Pada konsentrasi pektin 10% dan 15% menunjukkan laju pengikatan yang sama, karena hasil pengikatan Cd tidak berbeda jauh yaitu 56,754% dan 56,770%. Waktu paruh dan waktu untuk menuju batas aman tercepat yaitu pada konsentrasi pektin 20% dengan konsumsi *cookies* sebanyak 5 buah per hari. Waktu tercepat untuk menuju batas aman yaitu selama 485 hari dan waktu paruh tercepat yaitu selama 306 hari dengan konsumsi *cookies* sebanyak 5 buah per hari. Sedangkan laju pengikatan Cd terbesar pada konsentrasi pektin 20% dengan konsumsi *cookies* 5 buah per hari yaitu 0,00227 per hari.

Tembaga

Kasus: Seorang perempuan telah terkontaminasi Cu sebesar 3 kali dari batas aman kandungan Cu dalam darah. Sedangkan batas aman kandungan Cu dalam darah yaitu 1,45 $\mu\text{g/mL}$ (Mayoclinic, 2017). Volume darah dalam tubuh perempuan tersebut sebanyak 5,3 liter (Lynn, 1994). Pada simulasi ini di asumsikan tidak ada asupan Cu yang lebih lanjut. Prediksi pengikatan Cu oleh *cookies* dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 8. Simulasi Pengikatan Tembaga

Konsentrasi pektin (%)	Pengikatan Cu (%)	Persamaan eksponensial	Konsumsi C-P (pcs)	Laju pengikatan (per hari), k	Waktu paruh (hari), $t_{0,5}$	Waktu menuju konsentrasi aman (hari), t_{ka}
10	84,930	$X_t = X_0 e^{-0,00065t}$	1	0,00065	1060	1680
		$X_t = X_0 e^{-0,00131t}$	2	0,00131	530	840
		$X_t = X_0 e^{-0,00196t}$	3	0,00196	353	560
		$X_t = X_0 e^{-0,00262t}$	4	0,00262	265	420
		$X_t = X_0 e^{-0,00327t}$	5	0,00327	212	336
15	82,113	$X_t = X_0 e^{-0,00063t}$	1	0,00063	1097	1738
		$X_t = X_0 e^{-0,00126t}$	2	0,00126	548	869
		$X_t = X_0 e^{-0,00190t}$	3	0,00190	366	579
		$X_t = X_0 e^{-0,00253t}$	4	0,00253	274	434
		$X_t = X_0 e^{-0,00316t}$	5	0,00316	219	348
20	78,438	$X_t = X_0 e^{-0,00060t}$	1	0,00060	1148	1819
		$X_t = X_0 e^{-0,00121t}$	2	0,00121	574	910
		$X_t = X_0 e^{-0,00181t}$	3	0,00181	383	606
		$X_t = X_0 e^{-0,00242t}$	4	0,00242	287	455
		$X_t = X_0 e^{-0,00302t}$	5	0,00302	230	364

Berdasarkan tabel di atas diperlukan waktu paruh dan waktu menuju konsentrasi aman yang berbeda-beda berdasarkan tingkat konsumsi yang berbeda-beda. Laju pengikatan Cu terbesar pada konsentrasi pektin 10% dengan konsumsi *cookies* 5 buah per hari yaitu 0,00327 per hari. Waktu paruh dan waktu untuk menuju batas aman tercepat yaitu pada konsentrasi pektin 10% dengan konsumsi *cookies* sebanyak 5 buah per hari. Waktu tercepat untuk menuju batas aman yaitu selama 336 hari dan waktu paruh tercepat yaitu selama 212 hari.

