

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Konsentrasi Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) Terhadap Penurunan Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Kupang Putih (*Corbula faba* Hinds)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data kandungan logam berat merkuri (Hg) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) pada variasi konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle). Data yang diperoleh dari hasil perlakuan disajikan pada tabel 1.1. Sebelumnya, spesies kupang putih (*Corbula faba* Hinds) yang telah didapatkan diidentifikasi terlebih dahulu (lampiran 6). Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha = 0.05$) diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ (lampiran 4) menunjukkan perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds).

Tabel 1.1 menunjukkan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang paling efektif dalam menurunkan logam berat merkuri (Hg) adalah 25% dengan rata-rata kandungannya mencapai 0.133 ppm. Sedangkan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 0% memiliki kandungan logam berat merkuri (Hg) paling tinggi yaitu sebesar 0.269 ppm. Hilangnya sebagian logam berat tersebut disebabkan karena adanya

kandungan asam sitrat pada larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle). Menurut Ganiswarna (1995) toksisitas dan sifat letal logam berat pada tubuh biota air dapat dihilangkan dengan penambahan larutan asam sitrat. Terjadinya reaksi antara zat pengikat logam yaitu gugus hidroksil dan karboksilat pada asam sitrat dengan ion logam menyebabkan ion logam kehilangan sifat ionnya dan mengakibatkan logam berat tersebut kehilangan sebagian besar toksisitasnya, sehingga dengan perendaman konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang lebih tinggi menyebabkan ion logam pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) dapat dihilangkan lebih banyak.

Tabel 1.1 Kandungan merkuri (Hg) pada berbagai perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle)

No	konsentrasi	kandungan Hg awal	kandungan rata-rata (ppm)	baku mutu
1	0%		0.269a	
2	15%	0.300	0.244b	0.5 ppm
3	20%	ppm	0.172c	
4	25%		0.133d	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi < 0,05

Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha = 0.05$) diketahui bahwa F hitung > F tabel (lampiran 4) menunjukkan perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat cadmium (Cd) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Pengaruh perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan logam berat cadmium (Cd) disajikan pada tabel 1.2. Pada tabel tersebut

menunjukkan bahwa konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) sebesar 25%, memiliki rata-rata kandungan cadmium (Cd) sebesar 0.365 ppm dari kandungan cadmium (Cd) awal yaitu sebesar 0.603 ppm. Sedangkan konsentrasi larutan jeruk nipis 0% pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds), rata-rata masih mengandung 0.551 ppm. Kandungan tersebut masih di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009, maksimum cemaran logam terhadap kerang-kerangan (bivalve) yang diperbolehkan untuk logam berat cadmium (Cd) adalah 1.0 ppm.

Penurunan kandungan cadmium (Cd) ini disebabkan larutan asam dari jeruk nipis dapat memutus ikatan kompleks logam protein, selain itu menurut Palar (1994) Cd merupakan jenis logam yang dapat larut di dalam lemak. Dengan perendaman dalam larutan asam sitrat maka lemak akan membentuk emulsi di dalam larutan asam sitrat sehingga dengan melarutnya lemak secara tidak langsung juga akan memutuskan ikatan kimia cadmium (Cd) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds).

Tabel 1.2 Kandungan cadmium (Cd) pada berbagai perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle)

No	konsentrasi	kandungan Cd awal	kandungan rata-rata (ppm)	baku mutu
1	0%		0.551a	
2	15%	0.603	0.501b	1.0
3	20%	Ppm	0.457c	ppm
4	25%		0.365d	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi < 0,05

Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha = 0.05$) diketahui bahwa F hitung $>$ F tabel (lampiran 4) menunjukkan perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Tabel 1.3 memperlihatkan bahwa konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% mampu menurunkan logam berat timbal (Pb) hingga mencapai kandungan rata-rata timbal (Pb) 1.225 ppm. Jika dibandingkan dengan kontrol untuk logam berat timbal (Pb) sebesar 1.680 ppm, konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) sebesar 25% mampu menurunkan hingga 27.08%. Penurunan tersebut mampu menurunkan kandungan timbal (Pb) hingga di bawah ambang batas yang dipersyaratkan oleh SNI 7887-2009 yaitu sebesar 1.5 ppm.

Tabel 1.3 Kandungan timbal (Pb) pada berbagai perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle)

No	konsentrasi	kandungan Pb awal	Kandungan rata-rata (ppm)	baku mutu
1	0%		1.444a	
2	15%	1.680	1.380b	1.5 ppm
3	20%	ppm	1.305c	
4	25%		1.225d	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi $< 0,05$

Menurut Soemirat (2003) sifat toksik logam berat terikat dalam gugus sulfhidril (-SH) dalam enzim seperti karboksil sisteinil, histidil, hidroksil, dan fosfatil dari protein dan purin. Toksisitas dan sifat letal logam berat pada tubuh biota air (bivalve) dapat dihilangkan dengan penambahan larutan asam sitrat.

Hal ini dikarenakan logam berat berikatan dengan atom yang memiliki ion bebas, sedangkan asam sitrat memiliki empat elektron bebas pada gugus karboksilat sehingga terbentuk ikatan kompleks (pengikat logam). Terjadinya reaksi antara zat pengikat logam yaitu asam sitrat dengan ion logam, menyebabkan ion logam kehilangan sifat ionnya dan mengakibatkan logam berat tersebut kehilangan sebagian besar toksisitasnya.

4.2 Pengaruh Lama Perendaman Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) Terhadap Penurunan Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Kupang Putih (*Corbula faba* Hinds)

Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha = 0.05$) diketahui bahwa F hitung $>$ F tabel (lampiran 4) menunjukkan perlakuan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Tabel 1.4 menunjukkan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang paling efektif dalam menurunkan logam berat merkuri (Hg) adalah 90 menit dengan rata-rata kandungan sebesar 0.169 ppm. Dilanjutkan dengan perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) selama 60 menit memiliki rata-rata kandungan merkuri (Hg) sebesar 0.203 ppm dan selama 30 menit memiliki rata-rata kandungan merkuri (Hg) sebesar 0.242 ppm.

Berdasarkan persyaratan SNI 7387:2009, maksimum cemaran logam terhadap kerang-kerangan (bivalve) yang diperbolehkan untuk logam berat

merkuri (Hg) adalah 0.5 mg/kg. Dengan demikian, kandungan merkuri (Hg) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) yang diperoleh dari muara sungai Ketingan Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo masih dibawah ambang batas. Namun demikian akumulasi akan terjadi pada manusia apabila kupang putih (*Corbula faba* Hinds) terus menerus dikonsumsi. Menurut Palar (1994) merkuri terserap dan terakumulasi pada ginjal serta hati. Akan tetapi penumpukan yang terjadi pada organ ginjal dan hati masih dapat dikeluarkan sebagian kecilnya melalui urin dan sebagian akan terakumulasi pada empedu.

Tabel 1.4 Kandungan merkuri (Hg) pada berbagai perlakuan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle)

No	lama perendaman (menit)	kandungan Hg awal	kandungan rata-rata (ppm)	baku mutu
1	30		0.242a	
2	60	0.300 ppm	0.203b	0.5 ppm
3	90		0.169c	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi $< 0,05$

Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha = 0.05$) diketahui bahwa F hitung $>$ F tabel (lampiran 4) menunjukkan perlakuan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat cadmium (Cd) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Pada tabel 1.5 terlihat dari hasil yang didapatkan setelah perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) selama 90 menit rata-rata kandungan cadmium (Cd) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) sebesar 0.408 ppm. Sedangkan perendaman

larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) selama 60 menit memiliki rata-rata kandungan cadmium (Cd) sebesar 0.465 ppm dan selama perendaman 30 menit rata-rata kandungan cadmium (Cd) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) sebesar 0.533 ppm.

Tabel 1.5 Kandungan cadmium (Cd) pada berbagai perlakuan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle)

No	lama perendaman (menit)	kandungan Cd awal	kandungan rata-rata (ppm)	baku mutu
1	30		0.533a	
2	60	0.603	0.465b	1.0
3	90	ppm	0.408c	ppm

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi $< 0,05$

Logam-logam pada umumnya dapat membentuk ikatan dengan bahan-bahan organik alam maupun bahan-bahan organik buatan. Proses pembentukan ikatan tersebut dapat terjadi melalui pembentukan garam organik dengan gugus karboksilat seperti misalnya asam sitrat, tartrat, dan lain-lain. Disamping itu, logam dapat berikatan dengan atom-atom yang mempunyai elektron bebas dalam senyawa organik sehingga terbentuk kompleks (Palar, 1994).

Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha = 0.05$) diketahui bahwa F hitung $>$ F tabel (lampiran 4) menunjukkan perlakuan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Tabel 1.6

menunjukkan bahwa perlakuan perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) selama 90 menit, memiliki rata-rata kandungan timbal (Pb) mencapai 1.270 ppm. Sedangkan perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) selama 60 menit, memiliki rata-rata kandungan timbal (Pb) sebesar 1.342 ppm dan 1.404 ppm untuk perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) selama 30 menit. Berdasarkan hasil di atas dapat diketahui bahwa semakin lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds), semakin banyak pula logam berat timbal (Pb) yang mampu diikat oleh asam sitrat.

Tabel 1.6 Kandungan timbal (Pb) pada berbagai perlakuan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle)

No	lama perendaman (menit)	kandungan Pb awal	kandungan rata-rata (ppm)	baku mutu
1	30		1.404a	
2	60	1.680 ppm	1.342b	1.5 ppm
3	90		1.270c	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi < 0,05

Menurut SNI 7387:2009 pada bayi dan anak-anak paparan terhadap timbal yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan otak; penghambatan pertumbuhan anak-anak, kerusakan ginjal, Pada orang dewasa, timbal dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah dan gangguan pencernaan, kerusakan ginjal, kerusakan syaraf, sulit tidur, sakit otak dan sendi, dan gangguan reproduksi.

4.3 Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) Terhadap Penurunan Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Kupang Putih (*Corbula faba* Hinds)

Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha = 0.05$) diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ (lampiran 4) menunjukkan perlakuan konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Tabel 1.7 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 90 menit paling efektif menyebabkan penurunan logam berat merkuri (Hg). Rata-rata kandungan merkuri (Hg) perlakuan tersebut sebesar 0.089 ppm. Perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 0% selama 30 menit merupakan perlakuan yang paling sedikit dalam menurunkan logam merkuri (Hg). Hal tersebut dapat dilihat dari rata-rata kandungan merkuri (Hg) yang terkandung pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) yakni sebesar 0.288 ppm.

Tabel 1.7 Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan logam berat merkuri (Hg) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds)

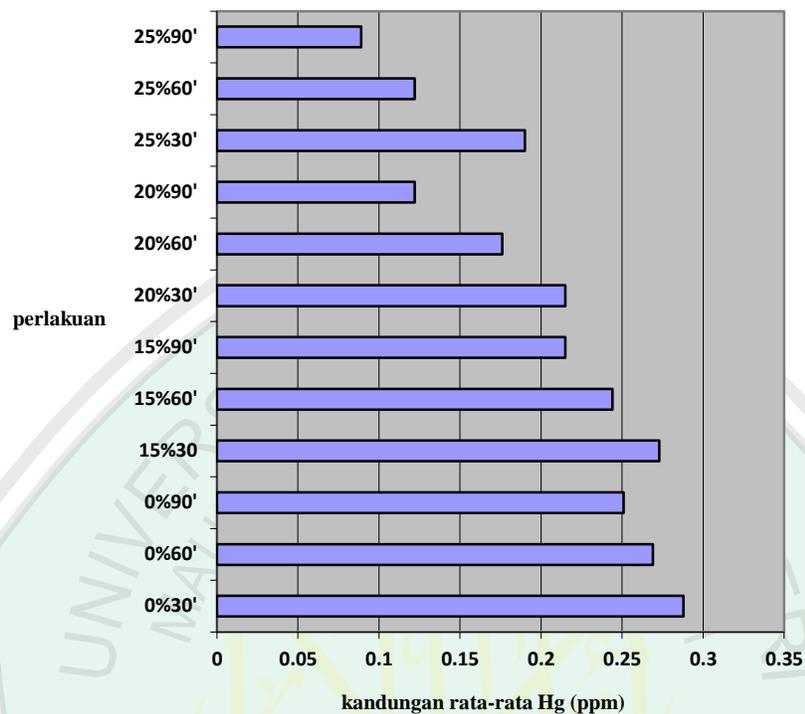
No	Konsentrasi dan lama perendaman	Kandungan rata-rata (ppm)	Kontrol (ppm)
1	25%90'	0.089a	0.300
2	20%90'	0.122b	
3	25%60'	0.122b	
4	20%60'	0.176c	
5	25%30'	0.190d	
6	15%90'	0.215e	

7	20%30'	0.215e
8	15%60'	0.244f
9	0%90'	0.251f
10	0%60'	0.269g
11	15%30'	0.273g
12	0%30'	0.288h

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi $< 0,05$

Kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam otot kupang putih (*Corbula faba* Hinds) disebabkan habitat kupang putih (*Corbula faba* Hinds) di dalam sedimen selain itu pergerakannya yang rendah dan cara makannya dengan cara menyaring (*filter feeder*). Akibatnya kupang dapat mengakumulasi lebih banyak bahan pencemar yang berada di lingkungannya. Hal yang sama dikemukakan oleh Pikir (1993) bahwa tingginya kandungan logam merkuri (Hg) dalam kerang-kerangan (bivalve) ini karena sifat kerang

Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan logam berat merkuri pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) disajikan dalam grafik 4.1 sebagai berikut.



Grafik 4.1 Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds)

yang mobilitasnya rendah dan menetap dalam suatu habitat tertentu yaitu di sedimen atau dasar laut sehingga proses biokonsentrasi dan bioakumulasi terjadi secara lebih intensif.

Pada grafik 4.1 menunjukkan bahwa kandungan logam berat merkuri (Hg) terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 90 menit. Dimana kandungan merkuri (Hg) hingga mencapai dibawah 0.1 ppm. Selain itu perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 60 menit dan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 20% selama 90 menit mampu

menurunkan kandungan merkuri (Hg) hingga di bawah 0.15 ppm. Sedangkan perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 15% selama 30 menit, konsentrasi 0% selama 60 menit dan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 0% selama 30 menit masih mengandung kandungan merkuri (Hg) diatas 0.25 ppm.

Kandungan merkuri (Hg) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) tersebut tidak semuanya dapat diikat oleh asam sitrat. Menurut Palar (1994) Hal tersebut mungkin disebabkan adanya logam berat yang terikat kuat dengan gugus sufhydril dari asam amino sistein dan metionin pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) yang tidak dapat diputus ikatannya karena logam yang berikatan dengan gugus sufhydril bersifat stabil. Biasanya pengikatan kuat untuk banyak logam pada golongan thiol (*sufhydril*).

Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha= 0.05$) diketahui bahwa F hitung $> F$ tabel (lampiran 4) menunjukkan perlakuan konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat cadmium (Cd) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 90 menit merupakan perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan logam berat cadmium (Cd) dengan rata-rata kandungan cadmium (Cd) 0.279 ppm. Sedangkan yang paling sedikit dalam menurunkan logam berat cadmium (Cd) yaitu perlakuan dengan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*

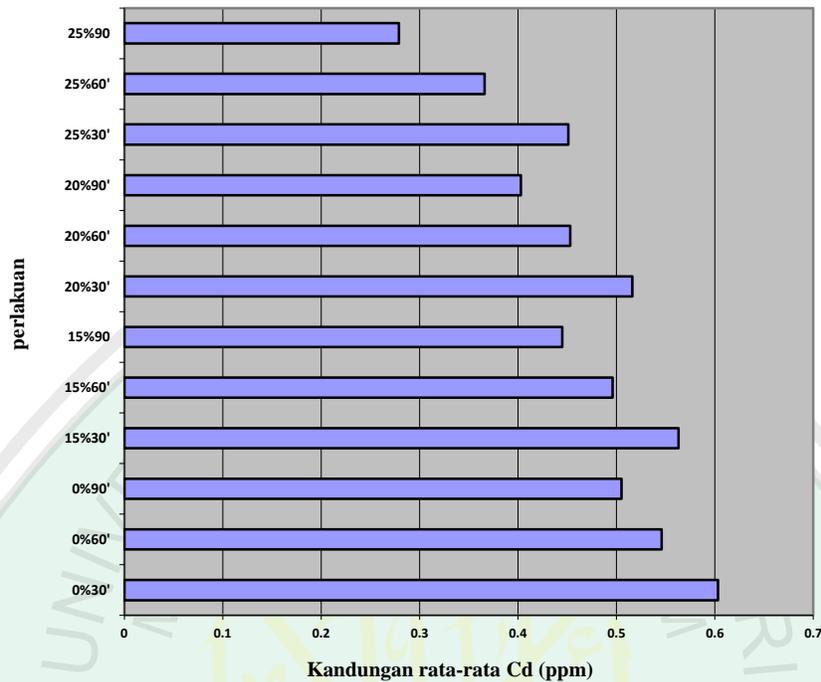
Swingle) 0% selama 30 menit dengan rata-rata kandungan cadmium (Cd) sebesar 0.603 ppm.

Tabel 1.8 Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap logam berat cadmium (Cd)

No	Konsentrasi dan lama perendaman	Kandungan rata-rata (ppm)	Kontrol (ppm)
1	25% 90'	0.279a	
2	25% 60'	0.366b	
3	20% 90'	0.403c	
4	15% 90'	0.445d	
5	25% 30'	0.451d	
6	20% 60'	0.453d	0.603
7	15% 60'	0.496e	
8	0% 90'	0.505ef	
9	20% 30'	0.516f	
10	0% 60'	0.546g	
11	15% 30'	0.563h	
12	0% 30'	0.603i	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi < 0,05

Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan logam berat cadmium (Cd) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) disajikan dalam grafik 4.2 sebagai berikut.



Grafik 4.2 Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap kandungan logam berat cadmium (Cd) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds)

Berdasarkan grafik 4.2 perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 90 menit menunjukkan kandungan rata-rata cadmium (Cd) paling rendah yaitu dibawah 0.3 ppm. Sedangkan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 0% selama 30 menit masih mengandung logam berat tertinggi yaitu diatas 0.6 ppm. Menurut Ulfin (1995) cadmium merupakan salah satu logam non essensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup.

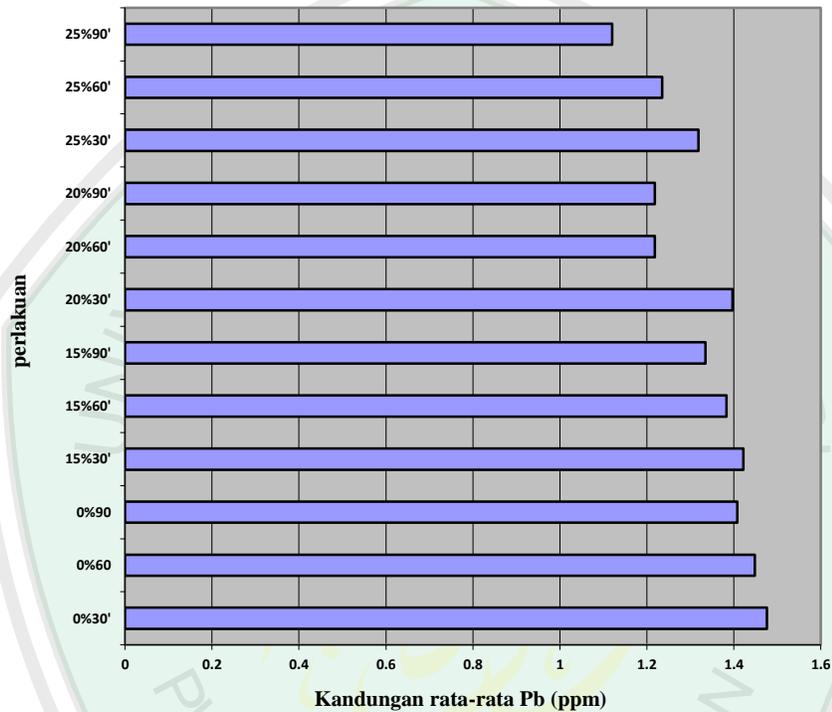
Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha= 0.05$) diketahui bahwa F hitung $>$ F tabel (lampiran 4) menunjukkan perlakuan konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Tabel 1.9 menunjukkan perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan logam berat timbal (Pb) ialah perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 90 menit. Perlakuan tersebut rata-rata menurunkan hingga mencapai 1.120 ppm dari kandungan awal yaitu 1.603 ppm. Jika dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi 0% selama 30 menit yang hanya menurunkan timbal (Pb) dengan rata-rata sebesar 1.476 ppm.

Tabel 1.9 Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap logam berat timbal (Pb) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds)

No	Konsentrasi dan lama perendaman	Kandungan rata-rata (ppm)	Kontrol (ppm)
1	25%90'	1.120a	
2	20%90'	1.218b	
3	25%60'	1.235b	
4	20%60'	1.301c	
5	25%30'	1.319cd	
6	15%90'	1.335d	
7	15%60'	1.383e	1.680
8	20%30'	1.397ef	
9	0%90'	1.408fg	
10	15%30'	1.422g	
11	0%60'	1.448h	
12	0%30'	1.476i	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi $< 0,05$

Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan logam berat timbal (Pb) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) disajikan dalam grafik 4.3 sebagai berikut.



Grafik 4.3 Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap kandungan logam berat timbal (Pb) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds)

Grafik 4.3 menunjukkan perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% dengan lama perendaman selama 90 menit mampu menurunkan logam berat timbal (Pb) hingga dibawah 1.2 ppm, sedangkan perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 0% selama 60 menit dan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 0% selama 30 menit masih mengandung rata-rata mengandung logam berat

timbal (Pb) diatas 1.4 ppm. Perlakuan yang lain memiliki rata-rata kandungan timbal (Pb) antara 1.2 ppm hingga 1.4 ppm.

Penurunan logam berat berkaitan dengan paparan asam sitrat yang diberikan pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Seperti penjelasan Soemirat (2003) asam sitrat mempunyai 4 pasang elektron bebas pada molekulnya yaitu pada gugus karboksilat dan hidroksil yang dapat diberikan pada ion logam sehingga menyebabkan terbentuknya ion kompleks yang dengan mudah larut dalam air. Dalam tubuh bivalve (golongan kerang-kerangan), timbal (Pb) terikat dalam protein membentuk senyawa metallothionein (protein pengikat logam), dengan adanya asam sitrat maka timbal (Pb) akan terlepas dari tubuh kupang dan berikatan dengan ion OH⁻ dan COOH⁻ yang ada pada asam sitrat membentuk senyawa Pb sitrat.

Berdasarkan uji ANAVA ($\alpha = 0.05$) diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ (lampiran 4) menunjukkan perlakuan konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg), cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Berdasarkan uji DMRT (lampiran 4) menunjukkan perlakuan konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 90 menit mampu menurunkan logam berat merkuri (Hg) hingga mencapai 70.33 % yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Penurunan logam berat paling rendah terdapat pada perlakuan konsentrasi larutan jeruk nipis

(*Citrus aurantifolia* Swingle) 15% selama 60 menit, dimana hanya mampu menurunkan 6.63% logam berat cadmium (Cd).

Tabel 2.0 Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Dalam Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) Terhadap Penurunan Logam Berat Hg, Cd dan Pb pada Kupang putih (*Corbula faba Hinds*)

No	konsentrasi dan lama perendaman pada logam berat	kandungan awal (ppm)	kandungan akhir (ppm)	% penurunan (ppm)
1	15%30' Cd	0.603	0.563	6.63a
2	15%30' Hg	0.300	0.273	9b
3	15%30' Pb	1.680	1.524	9.28c
4	20%30' Pb	1.680	1.463	12.91d
5	20%30' Cd	0.603	0.516	14.42e
6	15%60' Pb	1.680	1.413	15.86f
7	15%60' Cd	0.603	0.496	17.74g
8	15%60' Hg	0.300	0.245	18.33h
9	15%90' Pb	1.680	1.285	23.51i
10	20%60' Cd	0.603	0.453	24.87j
11	25%30' Cd	0.603	0.452	25.04k
12	15%90' Cd	0.603	0.446	26.03l
13	25%30' Pb	1.680	1.240	26.19m
14	20%30' Hg	0.300	0.219	27n
15	15%90' Hg	0.300	0.216	28o
16	20%60' Pb	1.680	1.195	28.86p
17	20%90' Cd	0.603	0.403	33.16q
18	25%30' Hg	0.300	0.190	36.66r
19	25%60' Pb	1.680	1.027	38.86s
20	25%60' Cd	0.603	0.367	39.13t
21	20%60' Hg	0.300	0.176	41.33u
22	20%90' Pb	1.680	0.984	41.42v
23	25%90' Cd	0.603	0.279	53.73w
24	25%90' Pb	1.680	0.747	55.53x
25	20%90' Hg	0.300	0.122	59.33y
26	25%60' Hg	0.300	0.122	59.33y

27	25%90'Hg	0.300	0.089	70.33z
----	----------	-------	-------	--------

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi < 0,05

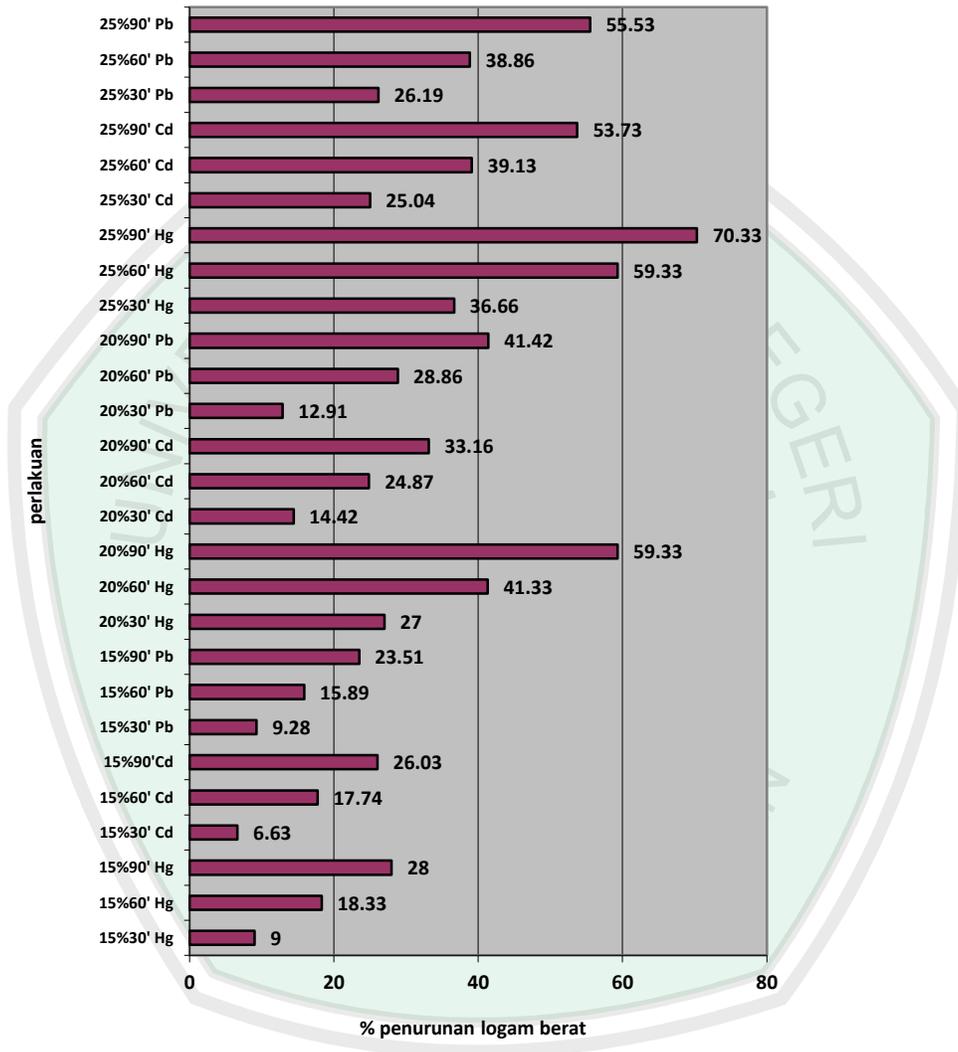
Tabel 2.0 menunjukkan penurunan logam berat di atas 50% yaitu pada konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 20% selama 90 menit yang mampu menurunkan logam berat merkuri (Hg) sebesar 59.33%. Konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 60 menit menurunkan logam berat merkuri (Hg) sebesar 59.33%. Konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 90 menit menurunkan logam berat timbal (Pb) sebesar 55.53% serta konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% selama 90 menit menurunkan logam berat cadmium (Cd) sebesar 53.73%. Selain kelima perlakuan di atas, perlakuan yang lain hanya mampu menurunkan logam berat dibawah 50%.

Senyawa ion logam berat yang ada dalam badan perairan akan diakumulasi oleh biota perairan seiring dengan system rantai makanan di air. Pertama ion logam diakumulasi oleh organisme planktonik. Plankton dimakan oleh ikan-ikan kecil, udang dan biota lainnya termasuk kerang. Selanjutnya ikan-ikan kecil tersebut akan dimakan oleh ikan-ikan yang lebih besar, begitu seterusnya (Palar, 1994). Menurut Efendi (2003) organisme yang berada pada rantai makanan paling tinggi (*top carnivora*) memiliki kandungan logam berat yang lebih tinggi dibanding organisme di bawahnya. Mukhtasor (2007)

menambahkan merkuri merupakan logam yang dianggap paling berbahaya baik untuk organisme laut maupun manusia.

Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg), cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) disajikan dalam grafik 4.4 sebagai berikut.





Grafik 4.4 Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan kandungan logam berat Hg, Cd dan Pb pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds)

Grafik 4.4 menunjukkan bahwa penurunan logam berat terbanyak pada timbal (Pb) dengan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle)

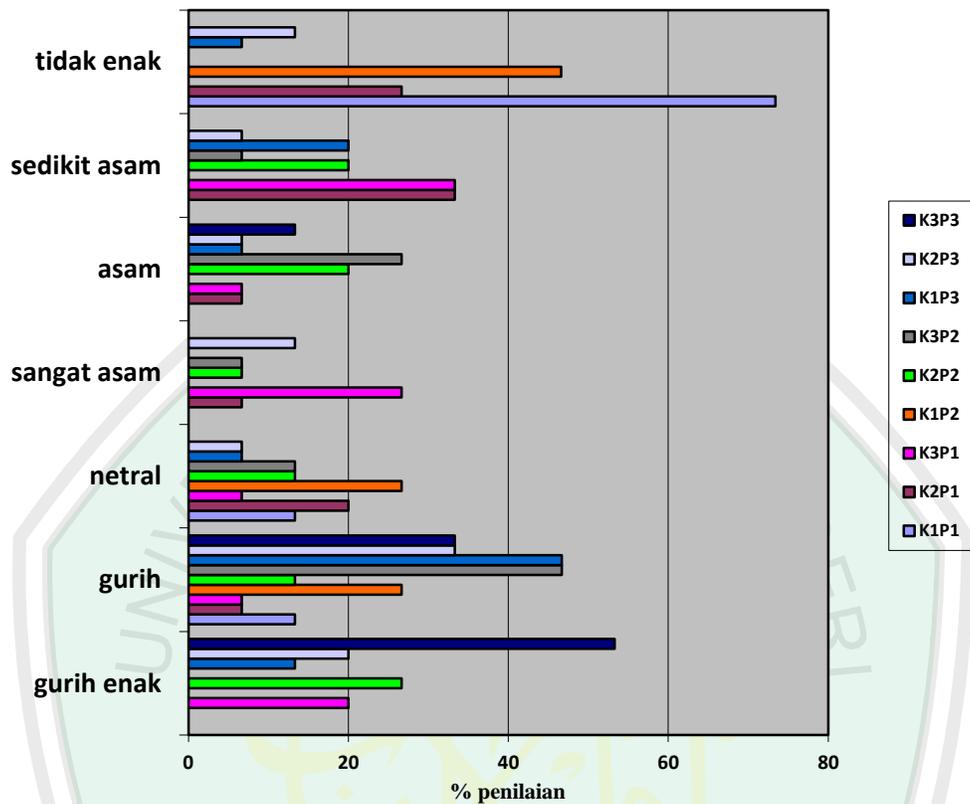
25% dengan lama perendaman 90 menit yang mampu menurunkan hingga 55.53%. Penurunan logam berat timbal (Pb) terendah dengan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 15% dengan lama perendaman selama 30 menit dengan penurunan sebesar 9.28%. Pada logam berat cadmium (Cd) penurunan terbanyak dengan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% dengan lama perendaman 90 menit yang mampu menurunkan hingga 53.73%. Penurunan logam berat cadmium (Cd) terendah dengan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 15% dengan lama perendaman selama 30 menit dengan penurunan sebesar 6.63%. Sedangkan pada logam berat merkuri (Hg) penurunan terbanyak dengan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% dengan lama perendaman 90 menit yang mampu menurunkan hingga 70.33%. Penurunan logam berat merkuri (Hg) terendah dengan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 15% selama 30 menit dengan penurunan sebesar 9%.

Penurunan logam berat merkuri (Hg) hingga diatas 70% terkait dengan tingkat kereaktifan merkuri jika dibandingkan dengan logam berat cadmium dan timbal. Menurut Chang (2005) unsur-unsur logam pada system periodik, semakin ke bawah semakin reaktif, karena makin mudah melepaskan elektron. Kereaktifan suatu unsur bergantung pada kecenderungannya melepas atau menarik elektron. Jadi, Hg lebih reaktif dibanding Cd, dan Pb. Kereaktifan tersebut berkaitan dengan kemudahan logam untuk bereaksi dengan senyawa asam sitrat.

Biota laut khususnya kupang yang biasa dikonsumsi masyarakat diketahui telah tercemar logam berat, karena itu amat sangat membahayakan jika secara terus menerus dikonsumsi oleh masyarakat. Widaningrum (2007) menambahkan bahwa sejumlah sumber makanan, baik yang berasal dari laut seperti ikan, kerang, dan rumput laut serta dari tanaman dan produk turunannya dapat terkontaminasi logam berat. Logam berat dapat memasuki tubuh dan mengakibatkan kerusakan pada berbagai jaringan tubuh.

4.4 Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Dalam Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) Terhadap Organoleptik Kupang Putih (*Corbula faba* Hinds)

Berdasarkan uji organoleptik terhadap rasa kupang putih (*Corbula faba* Hinds) setelah perlakuan konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) dengan variasi konsentrasi 15%, 20% dan 25% serta lama perendaman 30, 60 dan 90 menit, dapat diketahui terdapat pengaruh konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap tingkat kesukaan rasa dari kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Hasil penilaian panelis disajikan pada grafik 4.5.



Grafik 4.5 Penilaian panelis hasil uji organoleptik kupang putih (*Corbula faba Hinds*)

Keterangan :

K1P1: konsentrasi 15% lama perendaman 30 menit
 K2P1: konsentrasi 20% lama perendaman 30 menit
 K3P1: konsentrasi 25% lama perendaman 30 menit
 K1P2: konsentrasi 15% lama perendaman 60 menit
 K2P2: konsentrasi 20% lama perendaman 60 menit
 K3P2: konsentrasi 25% lama perendaman 60 menit
 K1P3: konsentrasi 15% lama perendaman 90 menit
 K2P3: konsentrasi 20% lama perendaman 90 menit
 K3P3: konsentrasi 25% lama perendaman 90 menit

Hasil uji organoleptik rasa dari kupang putih (*Corbula faba Hinds*) pada grafik 4.5 di atas menunjukkan bahwa pada konsentrasi larutan jeruk nipis

(*Citrus aurantifolia* Swingle) 25% dengan lama perendaman 90 menit, sebanyak 53,3 % panelis menyatakan rasa kupang putih (*Corbula faba* Hinds) enak gurih. Pada konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 20% selama 60 menit sebanyak 33% panelis menyatakan rasa kupang putih (*Corbula faba* Hinds) gurih. Sedangkan penilaian panelis terhadap perendaman dengan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) 15% selama 30 menit, sebanyak 73.38% menyatakan rasa kupang putih (*Corbula faba* Hinds) tidak enak.

Berdasarkan hasil tersebut penurunan logam berat yang terjadi akibat perlakuan konsentrasi dan lama perendaman amat berpengaruh terhadap hasil uji organoleptik yang telah dilakukan. Lebih dari 50% panelis menyatakan dengan perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) konsentrasi 25% selama 90 menit, menghasilkan masakan kupang putih (*Corbula faba* Hinds) yang gurih enak serta dapat diterima oleh masyarakat. Hal ini dikarenakan semakin lama dan semakin besar konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang diberikan, rasa masakan kupang putih (*Corbula faba* Hinds) semakin gurih karena rasa amis dari kupang putih (*Corbula faba* Hinds) hilang, sehingga rasa kupang putih (*Corbula faba* Hinds) menjadi gurih.

Perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) dengan konsentrasi 15% selama 30 menit pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) berdasarkan hasil uji organoleptik 73,33% menyatakan perlakuan tersebut menghasilkan rasa kupang putih (*Corbula faba* Hinds) yang tidak enak. Hal

tersebut dapat disebabkan karena dengan konsentrasi 15% perendaman kupang putih (*Corbula faba* Hinds) dalam jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) tidak bisa menghilangkan bau amis pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds), sehingga rasa yang dihasilkan tidak dapat diterima oleh masyarakat.

Penurunan kandungan logam ini diduga terjadi karena lepasnya ikatan kompleks logam-protein, sehingga ion logam berat keluar dari dalam otot kupang putih (*Corbula faba* Hinds). Ion logam berat secara alamiah terdapat di dalam bahan makanan dan di dalam tubuh dan hampir semuanya berikatan dengan protein. Bentuk interaksi kompleks antara ion logam berat dengan protein terdapat dua macam yaitu *metalloenzim* dan metal protein. *Metalloenzim* adalah subkelas dari *metalloprotein* yaitu protein yang berikatan dengan logam di dalam tubuh. Dalam kondisi ini protein berikatan kuat dengan ion logam, sehingga dianggap sebagai ikatan yang stabil dan lama. Ion logam menjadi bagian dari struktur protein. Metal protein adalah ikatan system metal protein dimana ion logam mudah saling bertukar dengan protein lain (reversibel). Secara alamiah laju pertukaran ion logam dengan kondisi lingkungan sangat mudah, karena ikatan logam ini sangat labil (Darmono, 1995).

Penurunan kandungan logam berat diduga karena jumlah hidrogen pada jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) dengan konsentrasi 25% mampu mengurangi keseimbangan ikatan logam dengan protein. Ikatan logam yang terikat pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) berkompetisi dengan hidrogen pada asam untuk berikatan dengan protein. Diduga ion hidrogen digantikan

dengan H dari asam sitrat. Selanjutnya ion logam berikatan dengan $C_6H_5O_7$. Kemudian ion logam yang telah berikatan ikut larut dalam air. Bau amis dari kupang putih (*Corbula faba* Hinds) diduga larut pula dalam air tersebut, sehingga semakin banyak konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang diberikan semakin berkurang pula bau amisnya.

Lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) juga memberikan kontribusi terhadap rasa enak gurih pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds), hal ini terlihat pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) yang direndam selama 30 menit, menurut panelis masih terdapat adanya bau amis, sedangkan lama perendaman selama 90 menit bau amis sudah sepenuhnya hilang sehingga dapat memunculkan rasa enak gurih yang diterima oleh konsumen.

Semakin lama perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) maka semakin banyak ion-ion logam yang dapat diikat oleh asam sitrat, sedangkan semakin besar konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) maka semakin besar pula paparan asam sitrat terhadap kupang putih (*Corbula faba* Hinds) sehingga semakin lama waktu perendaman serta semakin besar konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) maka ion-ion logam yang mampu diikat dan dilarutkan pun semakin banyak, hal tersebut mempengaruhi pula rasa enak dari kupang putih (*Corbula faba* Hinds) secara tidak langsung. Hal tersebut sebagaimana dijelaskan oleh Palar (1994) bahwa logam-logam pada umumnya dapat membentuk ikatan dengan bahan-bahan organik alam maupun bahan-bahan organik buatan. Proses pembentukan ikatan

tersebut dapat terjadi melalui pembentukan garam organik dengan gugus karboksilat seperti misalnya asam sitrat, tartrat, dan lain-lain. Disamping itu, logam dapat berikatan dengan atom-atom yang mempunyai elektron bebas dalam senyawa organik sehingga terbentuk kompleks.

Dari Jabir bin Abdillah R.A dia berkata: Rasulullah SAW bersabda:

لَا يَغْرِسُ مُسْلِمٌ غَرْسًا وَلَا يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ إِنْسَانٌ وَلَا دَابَّةٌ وَلَا شَيْءٌ إِلَّا
كَانَتْ لَهُ صَدَقَةٌ

Diriwayatkan : *“Tidaklah seorang muslim menanam tanaman apapun atau bertani dengan tumbuhan apapun, lalu tanaman tersebut dimakan oleh oleh manusia, atau binatang melata atau sesuatu yang lain, kecuali hal itu akan berniali sedekah untuknya.”* (HR. Muslim no. 1552)

Hadist tersebut menyiratkan bahwa tumbuh-tumbuhan yang hasil tanamnya kemudian dikonsumsi oleh manusia serta menjadikan tumbuhan itu untuk hal yang bermanfaat, dalam hal ini tumbuhan yang dimaksud ialah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) sebagai tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai penghelat logam berat pada kupang putih (*Corbula faba* Hinds) sehingga dapat memberi manfaat kepada masyarakat agar terhindar dari berbagai masalah kesehatan yang timbul akibat kontaminasi logam berat.