

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Terdapat dua hasil penelitian yang dihasilkan secara bertahap yaitu penelitian pendahuluan yang berisi tentang parameter Pb pada *Avicennia marina* yang belum mendapat perlakuan, analisis proksimat buah segar, serta lama perendaman yang akan digunakan sebagai bentuk kontrol terhadap kadar Pb yang akan dihasilkan. Sedangkan pada tahap selanjutnya akan menjelaskan tentang hasil-hasil yang dicapai pada penelitian inti dengan lama perendaman berdasar pengembangan kontrol dari penelitian pendahuluan.

4.1.1 Penelitian Pendahuluan 1

Penelitian pendahuluan 1 dilakukan untuk mengetahui parameter dasar yang akan diteliti, dalam hal ini Pb dan proksimat buah *Avicennia marina* segar, serta seluruh bagian pohon dan lingkungan dimana *Avicennia* tersebut tumbuh. Disamping itu, penelitian pendahuluan ini juga bertujuan untuk mencari tahu rentang waktu perendaman menggunakan aquadest yang akan dilakukan untuk mengetahui tingkat penurunan kadar Pb yang terkandung.

Buah *Avicennia marina* yang digunakan pada penelitian ini tumbuh pada areal hutan Ekowisata Mangrove Wonorejo kecamatan Rungkut, Surabaya. Wilayah Pantai Timur Surabaya merupakan bentang alam yang relatif datar dengan kemiringan $0-3^{\circ}$, rata-rata ketinggian pasang surut 1,67 meter. Kawasan ini terbentuk dari hasil pengendapan dari sistem sungai yang ada di sekitarnya dan dipengaruhi oleh laut. Kondisi daerah delta dengan tanah aluvial yang sangat dipengaruhi oleh sistem laut ini merupakan habitat yang baik bagi tumbuhnya ekosistem mangrove (Arisandi, 2001). Jenis yang mendominasi adalah *Avicennia marina* dengan ketebalan vegetasi mangrove hanya berkisar

antara 5-100 meter ke arah daratan, bahkan beberapa bagian garis pantai tidak lagi ditumbuhi vegetasi mangrove karena telah dialihkan menjadi lahan pertambakan dan rekreasi. Ekosistem mangrove merupakan mata rantai utama yang berperan sebagai produsen dalam jaring makanan ekosistem pantai. Selain itu ekosistem mangrove yang memiliki produktivitas tinggi menyediakan makanan berlimpah bagi berbagai jenis hewan laut dan menyediakan tempat berkembang biak, memijah, dan membesarkan anak bagi beberapa jenis ikan, kerang, kepiting dan udang, sehingga secara tidak langsung kehidupan manusia tergantung pada keberadaan ekosistem mangrove. Mangrove juga memiliki fungsi fisik bagi pantai yaitu sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan angin kencang, penahan abrasi, penampung air hujan sehingga mencegah banjir, dan penyerap limbah yang mencemari perairan. Mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar berperan sebagai penampungan terakhir bagi limbah dari industri di perkotaan dan perkampungan hulu yang terbawa aliran sungai. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukan limbah, terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui kemampuan pemurnian alami oleh air. Gambaran umum lokasi pengambilan *sampel Avicennia marina* sebagai bahan dasar pembuatan tepung dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Lokasi pengambilan sampel *Avicennia marina* dan parameter lingkungan Hutan Ekowisata Mangrove Wonorejo

Keterangan : A → Areal hutan mangrove (lokasi pengambilan sampel)
B → Bosem (kolam penampungan limbah dari lingkungan industri Wonorejo)
C → Sungai Jagir

Dari sampel yang diperoleh dari kawasan Hutan Ekowisata Mangrove Wonorejo diuji kadar Pb pada mangrove dan lingkungan atau habitat mangrove dengan menggunakan metode uji AAS. Sebelum melakukan pengujian dilakukan penyiapan sampel basah dari masing-masing bagian mangrove yang terdiri dari akar, daun muda, daun tua, tanah, sedimen, dan bagian buah (kulit, buah bagian dalam, buah bagian luar, dan putik). Kemudian dari semua bahan ditimbang (A) dan dioven sampai kering pada suhu 70°C selama 12 jam, kemudian ditimbang kembali (B) lalu diblender hingga halus, setelah menjadi bubuk ditimbang sebanyak 2 g dan dianalisis kadar Pb-nya dengan metode AAS. Hasil analisis yang menunjukkan hasil analisis logam berat Pb pada masing-masing bagian

mangrove dari jenis *Avicennia marina* Adapun hasil dari penelitian pendahuluan I dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kadar Pb Penelitian Pendahuluan pada *Avicennia marina*

No	Bagian	Kadar Pb (ppm) Wonorejo
1	Air	0,47
2	Sedimen	2,94
3	Tanah	2,45
4	Akar napas	3,23
5	Akar kawat	2,21
6	Kulit pohon	3,21
7	Batang	2,66
8	Daun muda	2,89
9	Daun tua	2,66
10	Kulit luar buah	2,76
11	Lapisan 1 daging buah	3,00
12	Lapisan 2 daging buah	2,63
13	Putik buah	2,89
14	Bunga	2,39
15	Buah segar utuh	2,71

Cara analisis :

*) Buah = 5,0372 g contoh → 0,023 ppm

*) g contoh → 10 cc → baca

Berdasar data analisis diatas, konsentrasi Pb tertinggi pada bagian tumbuhan *Avicennia marina* terletak pada akar napas sebesar 3,23 ppm dan terendah terletak pada bagian akar kawat sebesar 2,21 ppm. Hal ini berkaitan dengan letak jenis akar tersebut, akar napas bersentuhan langsung dengan sedimen yang memiliki kandungan Pb sebesar 2,94 dan air dengan kandungan Pb 0,47 ppm. Dibanding akar kawat, akar napas merupakan akses sebagian besar transport air serta awal jalan masuk perpindahan ion-ion Pb dari perairan menuju setiap bagian tumbuhan. Sesuai dengan pernyataan yang tertulis pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Ali dan Rina (2010) bahwa, dikarenakan akar merupakan organ tanaman yang kontak langsung dengan media tanam dan sekaligus berfungsi menyerap unsur hara kemudian ditranslokasikan ke bagian

organ lain. Maka semakin lama pemaparan semakin banyak pula logam berat yang diakumulasi oleh akar tumbuhan mangrove tersebut. Selain itu dalam penelitian oleh Panjaitan (2009) bahwa, besarnya kandungan logam berat Pb di akar kawat diduga karena lebih banyak variasi dan interaksi dengan sedimen yang telah mengandung banyak logam berat yang mengendap. Sedangkan pada bagian buah, lapisan terluar buah memiliki tingkat konsentrasi tertinggi sebesar 3,00 ppm kemudian bagian putik sebesar 2,89 ppm dan terendah pada lapisan dalam buah *Avicennia marina* sebesar 2,63 ppm. Perbedaan ini dipengaruhi oleh proses fisiologis dan berbagai faktor yang berkaitan erat dengan proses transport cairan serta ion dalam tumbuhan.

Selain itu, pada penelitian pendahuluan pertama juga dilakukan analisis proksimat pada buah mangrove (*Avicennia marina*) segar. Analisis buah mangrove segar meliputi analisis kimia yaitu kadar karbohidrat, kadar protein, kadar lemak, kadar air, kadar abu, kadar tannin dan kadar HCN. Sampel buah mangrove *Avicennia marina* segar diambil dari Wonorejo, Surabaya Jawa timur. Adapun hasil dari penelitian pendahuluan I analisis proksimat buah mangrove (*Avicennia marina*) segar dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 . Analisis Proksimat Penelitian Pendahuluan pada Buah Mangrove (*Avicennia marina*) segar

No	Parameter	Kandungan
1	Kadar Protein (%)	2.78
2	Kadar Lemak (%)	2.68
3	Kadar Air (%)	63.34
4	Kadar Abu (%)	2.06
5	Kadar Karbohidrat (%)	29.14
6	Kadar Tannin (ppm)	754
7	Kadar HCN (ppm)	6.50
8	Kadar Pb (ppm)	2.21

Berdasar data analisis yang tertera pada Tabel 8, buah *Avicennia marina* segar memiliki kandungan karbohidrat sebesar 29,14%; kadar lemak 2,68%;

kadar protein 2,78%; kadar abu 2,06% serta kadar air yang cukup tinggi yaitu sebesar 63,34% sehingga diperlukan pengolahan dengan metode pengeringan untuk pemanfaatan buah tersebut menjadi tepung mangrove. Namun disamping itu, terdapat kandungan Pb sebesar 2,21 ppm yang menjadi perhatian serta alasan dalam pemberian perlakuan untuk mengurangi kandungan logam berat pada bahan pangan yang akan dihasilkan.

4.1.2 Penelitian Pendahuluan 2

Penelitian pendahuluan 2 merupakan penelitian lanjutan yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perendaman menggunakan aquades dalam usaha pengurangan kadar Pb pada buah *Avicennia marina* yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan tepung mangrove. Disamping itu, tahap ini sekaligus digunakan sebagai dasar penentuan lama waktu perendaman yang akan dilakukan pada tahap penelitian inti. Lama waktu perendaman yang akan diberikan pada tahap ini bervariasi mulai 12 jam, 24 jam dan 36 jam, dan ketiganya akan dibandingkan dengan kontrol untuk mengetahui besar pengurangan kandungan Pb yang dihasilkan. Pada Tabel 9 dibawah ini akan ditunjukkan hasil uji kadar Pb yang diperoleh dari variasi lama perendaman menggunakan aquades.

Tabel 9. Hasil Penelitian Pendahuluan 2

Lama Perendaman (jam)	Kadar Pb (ppm)
Kontrol	2,21
12	2,36
24	2,54
36	2,14

Kandungan Pb terendah pada tepung mangrove yang dihasilkan sebesar 2,14 ppm dengan lama perendaman 36 jam dan hanya memiliki perbedaan sebesar 7% dari tepung kontrol yang dihasilkan tanpa perlakuan perendaman aquades. Tentu saja hal ini masih jauh dari harapan untuk mencapai batas

maksimum cemaran logam berat dalam pangan yang tertera pada SNI (2009) hanya sebesar 1,0 ppm. Hal ini dimungkinkan terjadi karena tidak adanya *chelating agent* yang ditambahkan sehingga usaha penurunan kadar Pb dirasa kurang optimal. Namun di satu sisi, dengan tidak adanya *chelating agent* yang ditambahkan seperti pada penelitian-penelitian sebelumnya memberi keuntungan yaitu minimalnya pengaruh pada parameter organoleptik akibat bahan tambahan tersebut. Dari hasil pada tahap ini dapat dijadikan pertimbangan untuk meningkatkan durasi perendaman menggunakan aquades agar diperoleh hasil yang optimal.

4.2 Hasil Penelitian Inti

Penelitian inti adalah tahap terakhir dalam satu rangkaian penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh perendaman aquades terhadap pengurangan kadar Pb pada tepung buah mangrove. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa lama variasi perendaman yang merupakan pengembangan dari apa yang dilakukan pada penelitian pendahuluan. Pada beberapa hal yang menunjukkan perbedaan kandungan Pb pada tepung yang dihasilkan melalui perendaman aquades dalam rentang waktu 12-36 jam tidak memberi perbedaan yang cukup signifikan. Hasil kadar Pb yang diperoleh masih jauh dari standard yang ditetapkan SNI (1995) sebesar 1,0 ppm dalam suatu bahan pangan. Berasal dari hasil tersebut, maka dilakukan pengembangan lama waktu perendaman menjadi 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Hasil penelitian pembuatan tepung buah mangrove *Avicennia marina* (api-api) terdiri dari parameter kimia yang terdiri dari kadar Pb, kadar air, kadar protein, kadar lemak, kadar abu, dan kadar karbohidrat serta perlakuan terbaik. Hasil analisis parameter kimia yaitu untuk kadar Pb tepung buah mangrove *Avicennia marina* (api-api) disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis Kadar Pb Tepung Buah Mangrove *Avicennia marina* (api-api)

Lama Perendaman (jam)	Kadar Pb (ppm)
0 jam	1,820 ± 0,07118
24 jam	1,370 ± 0,06683
48 jam	1,608 ± 0,07676
72 jam	1,165 ± 0,04203
96 jam	1,180 ± 0,04690

Hasil terbaik dari analisis Pb diatas yang diketahui melalui metode Post Hoc LSD dan Duncan menggunakan bantuan software SPSS Statistic 17.0 dianalisis juga kandungan nutrisinya yang terdiri dari kadar air, protein, lemak, abu, dan karbohidrat serta perlakuan terbaik. Hasil terbaik dalam penelitian ini diperoleh pada perendaman selama 72 jam dan data tersebut akan disajikan pada Tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Hasil Analisis Parameter Kimia Tepung Buah Mangrove *Avicennia marina* (api-api)

No.	Jenis Analisis Kimia	Kontrol	Hasil Analisis Perlakuan Terbaik (72 jam)
1.	Kadar Karbohidrat (%)	88,74	86,68
2.	Kadar Protein (%)	4,52	4,68
3.	Kadar Air (%)	3,94	3,89
4.	Kadar Abu (%)	1,78	1,91
5.	Kadar Lemak (%)	1,02	0,84

4.3 Pembahasan Parameter Kimia

4.3.1 Kadar Pb

Pb atau yang kita kenal sehari-hari dengan timah hitam dan dalam bahasa ilmiahnya dikenal dengan kata plumbum dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk kedalam kelompok logam-logam golongan IV–A pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat (BA) 207,2. Pb merupakan suatu logam berat berwarna kelabu kebiruan dan lunak dengan titik leleh 327°C dan titik didih 1.620°C. Pada suhu

550-600°C Pb menguap dan membentuk oksigen dalam udara membentuk timbal oksida. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah Pb (II) (Palar, 1994). Pb ini adalah salah satu unsur yang lebih berat dari pada unsur lainnya, dengan densitas 114. Pb memiliki tekstur lembut, dapat ditebuk, dapat dipotong dengan pisau serta dapat dipukul menjadi pipih. Pb mempunyai suatu kemampuan untuk membentuk campuran logam dengan logam lain (Anonymous, 2009^f). Walaupun bersifat lunak dan lentur, Pb sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam timah hitam dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat (Palar, 1994).

Timbal atau timah hitam atau Plumbum (Pb) adalah salah satu bahan pencemar utama saat ini di lingkungan. Hal ini bisa terjadi karena sumber utama pencemaran Pb adalah dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Selain itu Pb juga terdapat dalam limbah cair industri yang pada proses produksinya menggunakan Pb, seperti industri pembuatan baterai, industri cat, dan industri keramik. Pb digunakan sebagai aditif pada bahan bakar, khususnya bensin di mana bahan ini dapat memperbaiki mutu bakar (Naria, 2005). Penggunaan Pb dalam skala yang besar dapat mengakibatkan polusi baik di daratan maupun perairan. Pb yang masuk dalam perairan dalam bentuk limbah akan mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimen (Wulandari *et al.*, 2005).

Avicennia marina yang tumbuh di wilayah pesisir dimana banyak sekali terdapat sedimen dengan kandungan cemaran cukup tinggi terutama cemaran logam berat khususnya Pb. Dilihat dari potensinya, tanaman ini bisa diolah menjadi bahan pangan yang mampu menyaingi sumber karbohidrat lainnya seperti padi dan jagung. Namun sayangnya lokasi tumbuh yang banyak tercemar mengakibatkan tumbuhan ini mengakumulasi bahan beracun didalam jaringan tubuhnya. Sebagai organ yang paling sering bersentuhan dengan substrat dimana ia tumbuh, akar napas memiliki tingkat akumulasi tertinggi yaitu sebesar

3,23 ppm. Sedangkan tingkat akumulasi pada buah yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan tepung mangrove memiliki kandungan Pb sebesar 2,71 ppm, untuk itu diperlukan usaha dalam menurunkan kandungan cemaran logam berat tersebut hingga layak untuk digunakan sebagai bahan pangan.

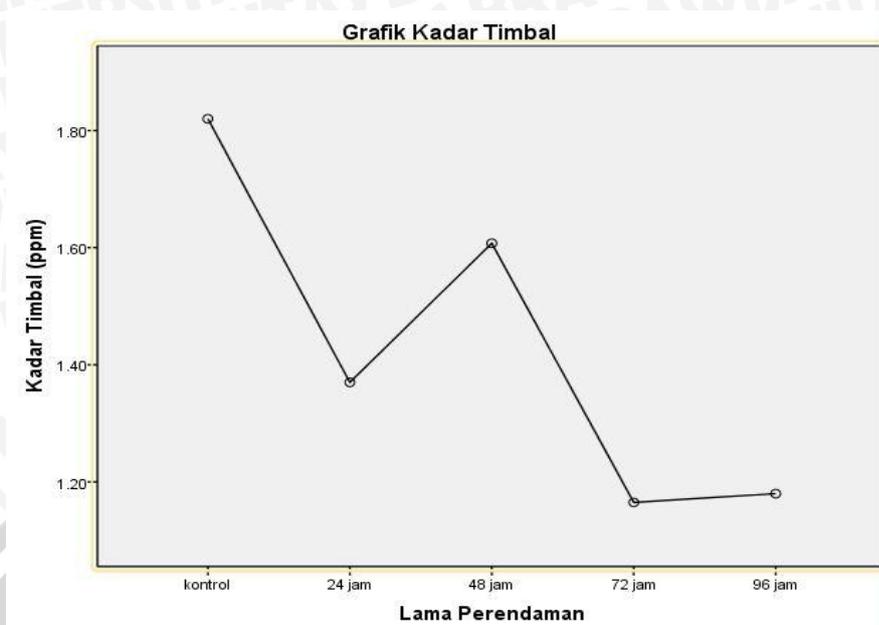
Pada dasarnya ada beberapa jenis chelating agent yang secara teori mampu menurunkan kadar Pb dalam waktu yang singkat. Namun pada kenyataannya kondisi lapangan menunjukkan masyarakat lebih memilih melakukan perendaman hanya menggunakan air saja dan tanpa ditambahkan *chelating agent* apapun seperti yang dilakukan oleh kelompok tani mangrove di daerah Kab. Probolinggo. Dengan metode serupa, pada penelitian ini digunakan aquadest sebagai bahan perendam dengan variasi lama perendaman 24 jam, 48 jam, 73 jam dan 96 jam dan dilakukan penggantian aquadest setiap 12 jam sekali. Selanjutnya data yang diperoleh dari pengujian kadar Pb tiap sampel dianalisis menggunakan software SPSS Statistic 17.0 melalui metode Post Hoc LSD. Hasil yang ditunjukkan pada analisis kadar Pb menunjukkan perbedaan nyata antara kadar Pb sampel kontrol yang sebesar 1,820 ppm dibanding sampel yang direndam selama 72 jam sebesar 1,165 ppm dan sampel yang direndam selama 96 jam sebesar 1,180 ppm. Bila dibandingkan besar penurunan kadar Pb lebih besar terjadi pada perendaman selama 72 jam yang mampu mereduksi kadar Pb sebesar 35,98 % daripada hasil perendaman selama 96 jam yang menurunkan kadar Pb sebesar 35,16 %. Namun bila dibandingkan berdasar hasil uji lanjut, tidak terdapat perbedaan nyata antara hasil penurunan kadar Pb dari perendaman selama 72 jam dan perendaman selama 96 jam. Penjelasan lebih lanjut tertera pada Lampiran 4.

Dalam keadaan normal, logam berat Pb tidak dapat larut secara langsung dalam air, namun dengan bantuan kehadiran Oksigen (O_2) akan terjadi

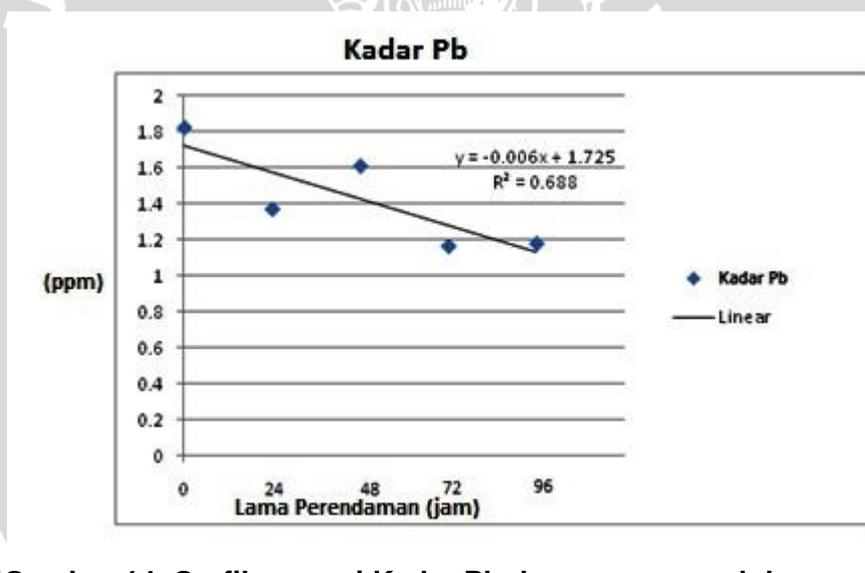
pengikatan Pb kedalam molekul H₂O dalam bentuk Pb(OH)₂. Ketika Pb bersentuhan dengan udara (O₂) maka akan meningkatkan daya reaksinya dengan air. Lapisan tipis (PbO) akan terbentuk membungkus permukaan logam Pb (Anonymous, 2011). Ketika bercampur dengan oksigen dan air dalam satu mekanisme reaksi yang sama, logam Pb akan berubah menjadi (Pb(OH)₂) :



Hasil analisis kadar Pb menunjukkan adanya perbedaan pada tiap fase-fase perendaman. Perubahan yang bersifat fluktuatif namun cenderung menurun seperti yang terlihat pada Gambar 13 dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya tahap pembilasan dan penirisan pada saat penggantian aquadest. Dalam proses pembilasan dan penirisan terjadi sirkulasi aquadest, sehingga kandungan Pb yang terdapat didalamnya ikut terbuang dan terganti dengan aquadest yang baru. Penurunan kadar Pb juga bergantung pada durasi perendaman, dalam penelitian tentang penurunan kadar Pb dengan perendaman jeruk nipis oleh Putri (2011), semakin lama durasi perendaman, semakin besar pula penurunan kadar Pb. Berdasarkan analisis statistik menggunakan SPSS dengan metode Post Hoc LSD, tiap hasil pengujian antara sampel kontrol, perendaman 24 jam, perendaman 48 jam, perendaman 72 jam dan perendaman 96 jam menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Namun pada sampel perendaman 72 jam dan perendaman 96 jam tidak terdapat beda nyata dalam keduanya. Grafik kadar Pb pada tiap perlakuan perendaman menggunakan aquadest dapat dilihat pada Gambar 13 dan Grafik Regresi penurunan kadar Pb dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13. Grafik kadar Pb pada tiap perlakuan perendaman menggunakan aquadest.



Gambar 14. Grafik regresi Kadar Pb dengan pengaruh lama perendaman Aquadest.

Pada Gambar 13 yang menampilkan grafik regresi dapat dilihat adanya pola penurunan terhadap kadar Pb akibat adanya pengaruh lama perendaman menggunakan aquadest. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui persamaan regresi $y = -0,006 + 1,725$ dan nilai $R^2 = 0,688$ yang menunjukkan hubungan negatif bahwa setiap interval 24 jam pada masing-masing lama perendaman

terjadi penurunan sebesar 0,006 dengan nilai koefisien determinasi 0,688 yang menunjukkan besaran pengaruh yang diberikan oleh variabel bebas (lama perendaman) terhadap variabel terikat (kadar Pb) yang dihasilkan.

Berdasar SNI (1995) tentang standard keamanan pangan pada tepung jagung disebutkan bahwa ambang batas kandungan cemaran logam Pb maksimal sebesar 1,00 ppm, sedangkan dalam penelitian ini hanya mampu dihasilkan reduksi kadar Pb terendah sebesar 1,165 ppm melalui perendaman aquadest selama 72 jam sebagai perlakuan terbaik dan dilakukan penggantian aquadest setiap 12 jam sekali. Usaha yang dilakukan untuk mengurangi kandungan cemaran Pb dalam penelitian ini pada dasarnya mengacu pada usaha pengolahan mangrove yang ada pada komunitas petani mangrove di wilayah kabupaten Probolinggo. Dari perbandingan antara Standard Nasional Indonesia tentang batas cemaran logam Pb dalam tepung jagung dan hasil penelitian yang menghasilkan kadar Pb terendah menunjukkan selisih sebesar 0,165 ppm yang lebih tinggi daripada standard yang disarankan dan tetap belum bisa dinyatakan sepenuhnya aman untuk dikonsumsi. Dalam SNI (1996) tentang syarat mutu tepung beras, batas toleransi kadar Pb adalah 2,00 ppm, sehingga masih memungkinkan bagi tepung mangrove untuk digunakan sebagai bahan substitusi didalamnya. Paparan cemaran logam berat yang terjadi secara terus menerus akan menimbulkan pengendapan dalam jaringan tubuh yang nantinya akan memicu penyakit yang berakibat pada kerusakan organ.

Studi toksisitas Pb menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam darah sebanyak 100 ppm dianggap sebagai tingkat aktif (level action) berdampak pada gangguan perkembangan dan penyimpangan perilaku. Sedangkan kandungan Pb 450 ppm membutuhkan perawatan segera dalam waktu 48 jam. Lalu, kandungan Pb lebih dari 700 ppm menyebabkan kondisi gawat secara medis (medical emergency). Untuk kandungan Pb di atas 1.200 ppm bersifat sangat

toksik dan dapat menimbulkan kematian pada anak. Kadar Pb 68 ppm dapat menyebabkan anak makin agresif, kurang konsentrasi, bahkan menyebabkan kanker. Hal ini diduga meningkatkan kasus infeksi saluran pernapasan atas (ISPA) anak-anak. Pb yang terserap oleh anak, walaupun dalam jumlah kecil, dapat menyebabkan gangguan pada fase awal pertumbuhan fisik dan mental yang kemudian berakibat pada fungsi kecerdasan dan kemampuan akademik. Sistem syaraf dan pencernaan anak masih dalam tahap perkembangan, sehingga lebih rentan terhadap Pb yang terserap. Pada kadar rendah, keracunan Pb pada anak dapat menyebabkan penurunan IQ dan pemusatan perhatian, kesulitan membaca dan menulis, hiperaktif dan gangguan perilaku, gangguan pertumbuhan dan fungsi penglihatan dan pergerakan, serta gangguan pendengaran. Pada kadar tinggi, keracunan Pb pada anak dapat menyebabkan: anemia, kerusakan otak, liver, ginjal, syaraf dan pencernaan, koma, kejang-kejang atau epilepsi, serta dapat menyebabkan kematian (Nasution, 2008).

4.3.2 Kadar Air

Air merupakan merupakan kandungan penting bagi banyak makanan. Air dapat berupa komponen intrasel dalam tumbuhan maupun hewan (de Man, 1996). Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan *acceptability* kesegaran dan daya tahan bahan itu (Winarno, 2002).

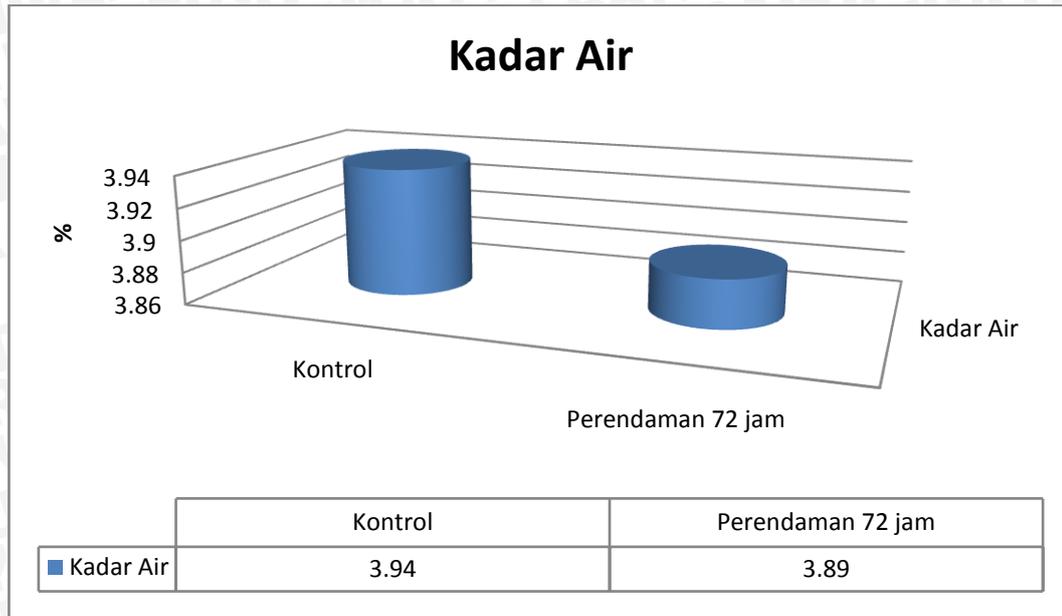
Menurut Triyono (2010), Kadar air merupakan salah satu parameter yang cukup penting pada produk tepung karena berkaitan dengan mutu. Semakin rendah kadar airnya, maka produk tepung tersebut semakin baik mutunya karena dapat memperkecil media untuk tumbuhnya mikroba yang dapat menurunkan mutu pada produk tepung. Produk makanan yang memiliki kadar air berkisar 3-4% maka akan tercapai kestabilan yang optimum pada produk makanan

tersebut. Kadar air yang rendah pertumbuhan mikroba, reaksi-reaksi kimia akan berkurang.

Kadar air dapat didefinisikan sebagai jumlah air bebas yang terkandung dalam bahan yang dapat dipisahkan dengan cara fisis seperti penguapan dan destilasi (Sumardi dan Sasmito, 2007). Penentuan kadar air dengan menggunakan metode pengeringan (Thermogravimetri) dalam oven dengan cara memanaskan sampel pada suhu 100-105 °C sampai diperoleh berat konstan (Sudarmadji *et al.*, 1996).

Pada produk tepung mangrove yang dihasilkan dalam penelitian ini, terdapat suatu tahap perendaman bahan baku menggunakan aquadest dalam rentang waktu 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Proses perendaman ini bertujuan untuk mereduksi kandungan Pb dalam buah *Avicennia marina*. Tentunya selama tahapan ini akan terjadi banyak penyerapan air kedalam bahan, disamping dipengaruhi juga oleh beberapa tahap sebelumnya dengan tujuan yang sama meliputi pencucian dan perebusan.

Dalam analisis proksimat buah *Avicennia marina* segar memiliki kandungan air sebesar 63,34%. Setelah melalui proses perebusan, perendaman selama 72 jam sebagai perlakuan terbaik dan pengeringan dengan oven bersuhu 70°C selama 9-10 jam kadar air yang dihasilkan 3,89%. Sedangkan pada kontrol tanpa perendaman dihasilkan kadar air sebesar 3,94 %. Dengan tingginya penyerapan kadar air akan mengakibatkan pelebaran jaringan pada bahan, sehingga turut memperbesar laju penguapan ketika mengalami proses pemanasan pada tahap pengeringan. Menurut Sulistiyati, *et al.*, (2008) daya ikat air yang menurun selama perendaman akan menyebabkan turunnya kadar air produk. Pada Gambar 15 dibawah ini ditunjukkan perbedaan antara kadar air sampel kontrol dan perlakuan terbaik dengan perendaman selama 72 jam.



Gambar 15. Grafik kadar air tepung *Avicennia marina*

Menurut Afrianti (2008), pengeringan atau dehidrasi adalah cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian besar air yang terkandung dalam bahan pangan dengan menggunakan energi panas. Penghilangan kadar air dengan tingkat kadar air yang sangat rendah mendekati kondisi “bone dry”. Panas akan dihantarkan pada air dalam bahan pangan yang hendak dikeringkan dan air akan menguap dan dipindahkan keluar dari pengering.

Pada proses pengeringan ada hal pokok yang perlu diperhatikan yaitu pada suhu tinggi produk akan berwarna coklat, sedangkan pada suhu rendah dalam waktu yang lama mutu akan turun. Suhu yang tepat adalah suhu sedang dengan waktu yang relatif singkat. Kadar air yang ideal untuk produk tepung yaitu pada proses pengeringan sekitar 4-6 % (Susanto dan Budi, 1994).

Kadar air pada permukaan bahan dipengaruhi oleh kelembaban nisbi (RH) udara di sekitarnya. Bila kadar air bahan rendah sedangkan RH di sekitarnya tinggi, maka akan terjadi penyerapan uap air dari udara sehingga bahan menjadi lembab atau kadar airnya menjadi lebih tinggi (Winarno, *et al.*, 1980).

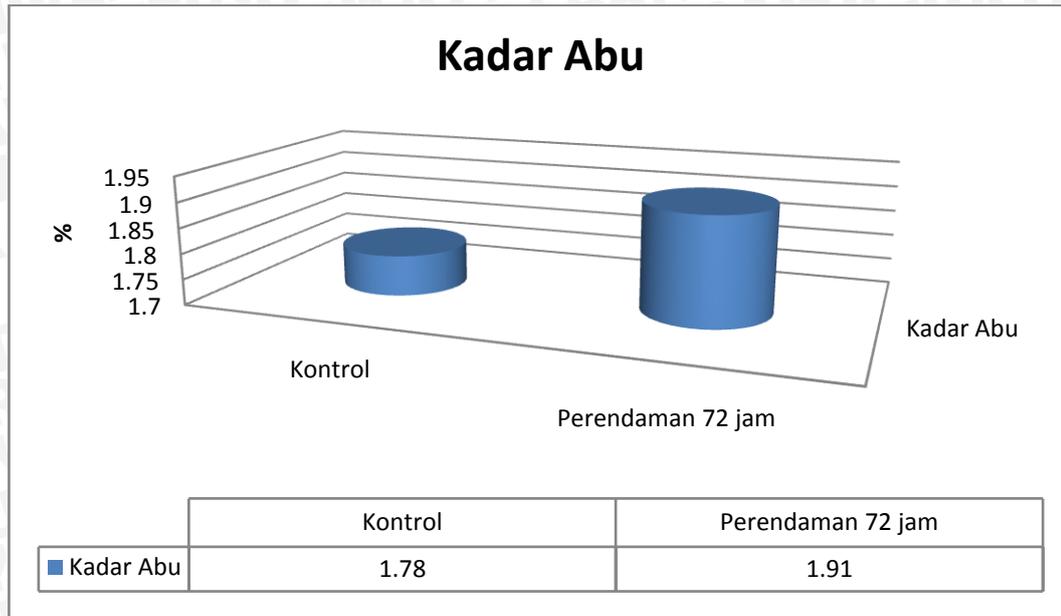


4.3.3 Kadar Abu

Abu adalah zat anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik. Kandungan abu dan komposisinya tergantung pada macam bahan dan cara pengabuannya. Kadar abu ada hubungannya dengan mineral suatu bahan yang digunakan untuk menentukan baik tidaknya suatu proses pengolahan, mengetahui jenis bahan yang digunakan dan sebagai parameter gizi bahan makanan. (Sudarmadji *et al.*, 2003).

Kadar abu adalah material yang tertinggal bila bahan makanan dipijarkan dan dibakar pada suhu sekitar 500-800°C. Semua bahan organik akan terbakar sempurna menjadi air dan CO₂ serta NH₃ sedangkan elemen-elemen tertinggal sebagai oksidannya (Sediaoetama, 2000).

Dalam pengolahan buah *Avicennia marina* menjadi produk tepung mangrove terdapat tahap pengeringan menggunakan oven bersuhu 70°C selama 9-10 jam untuk menghasilkan tepung berkualitas baik dengan kadar air yang rendah. Namun proses ini mampu meningkatkan kadar abu yang juga menjadi parameter kualitas tepung sebesar 0,13% menjadi 1,91% dari kadar abu tepung kontrol yang sebesar 1,78%. Hal ini semakin memperbesar perbedaan bila dibandingkan dengan kualifikasi SNI (2008) untuk tepung jagung yang menyarankan batas maksimum kadar abu sebesar 1,5%. Sehingga berdasar standard kualifikasi yang ditentukan dalam SNI menjadikan produk ini tidak layak untuk dikonsumsi. Data tentang kenaikan kadar abu pada proses pengolahan buah *Avicennia marina* menjadi tepung mangrove tersaji pada Gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16. Grafik kadar abu tepung mangrove *Avicennia marina*.

Tinggi rendahnya kadar abu dan komposisinya tergantung pada macam bahan dan cara pengabuan yang tersisa pada proses akhir pengabuan, bukan merupakan unsur mineral seperti yang diketahui bahwa komponen abu mudah menguap pada suhu tinggi. Semakin tinggi kadar abu suatu bahan, maka akan semakin jelek proses pengolahannya dan semakin tinggi kandungan mineralnya. Mineral dalam makanan bisaanya dapat ditentukan dengan pengabuan atau insenerasi (pembakaran). Pembakaran dapat merusak senyawa organik dan meninggalkan mineral, akan tetapi jika ditentukan dengan cara ini, abu tidak akan mengandung nitrogen yang terdapat dalam protein dan beberapa hal dengan kandungan mineral yang sesuai dengan kenyataan (Anonymous, 2002).

Proses perendaman menggunakan aquadest disinyalir turut mempengaruhi tingginya kadar abu dalam produk tepung mangrove. Kemampuan melarutkan kandungan Pb yang kurang optimal dibanding chelating agent lainnya menyebabkan kandungan mineral pada produk akhir tetap tinggi sehingga juga mempengaruhi hasil pada analisis kadar abu. Sudarmadji (1984) menjelaskan, Besarnya kadar abu dalam suatu bahan pangan menunjukkan

tingginya kandungan mineral dalam bahan pangan tersebut namun kadar abu juga ditunjukkan dengan adanya unsur logam yang tidak larut dalam air terutama Ca yang menempel pada bahan. Disamping itu, proses pencucian yang masih menggunakan air sumur dimungkinkan memberikan pengaruh terhadap meningkatnya kadar abu pada produk akhir mengingat masih banyaknya kandungan mineral didalam air tersebut.

Bila dikaitkan dengan berat molekul $Pb(OH)_2$ yang sebesar 241,2248 g/mol sedangkan berat molekul H_2O yang berperan sebagai pelarut yang hanya sebesar 18,01 g/mol maka bisa dipastikan tingkat kelarutan Pb didalamnya semakin rendah. Sehingga dalam upaya penurunan kadar Pb yang tergolong dalam mineral anorganik yang berpengaruh pada kadar abu menggunakan pelarut aquadest tidak dapat memberikan hasil yang optimal. Warkoyo (2007) menambahkan, kandungan mineral total dalam bahan pangan dapat diperkirakan sebagai kandungan abu yang merupakan residu an-organik yang tersisa setelah bahan-bahan organik terbakar habis, semakin banyak kandungan mineralnya maka kadar abu menjadi tinggi begitu juga sebaliknya apabila kandungan mineral sedikit maka kadar abu bahan juga sedikit.

Tingginya kadar abu ini juga disebabkan karena proses pengeringan yang dilakukan terhadap bahan maka jumlah air yang keluar teruapkan dari bahan yang dikeringkan akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sudarmadji *et al.*, (1996), bahwa kadar abu tergantung pada jenis bahan, cara pengabuan, waktu dan suhu yang digunakan saat pengeringan, jika bahan yang diolah melalui proses pengeringan maka lama waktu dan semakin tinggi suhu pengeringan akan meningkatkan kadar abu, karena kadar air yang keluar dari dalam bahan semakin besar. Jika dapat dikatakan bahwa kadar air berbanding terbalik dengan kadar abu. Semakin rendahnya kadar air maka kadar abu akan semakin tinggi. Menurut Ambarsari *et al.*, (2009), tingginya kadar abu pada

bahan menunjukkan tingginya kandungan mineral namun dapat juga disebabkan oleh adanya reaksi enzimatik (*browning enzimatik*) yang menyebabkan turunnya derajat putih tepung. Kadar abu yang tinggi pada bahan tepung kurang disukai karena cenderung memberi warna gelap pada produknya. Semakin rendah kadar abu pada produk tepung akan semakin baik, karena kadar abu selain mempengaruhi warna akhir produk juga akan mempengaruhi tingkat kestabilan adonan.

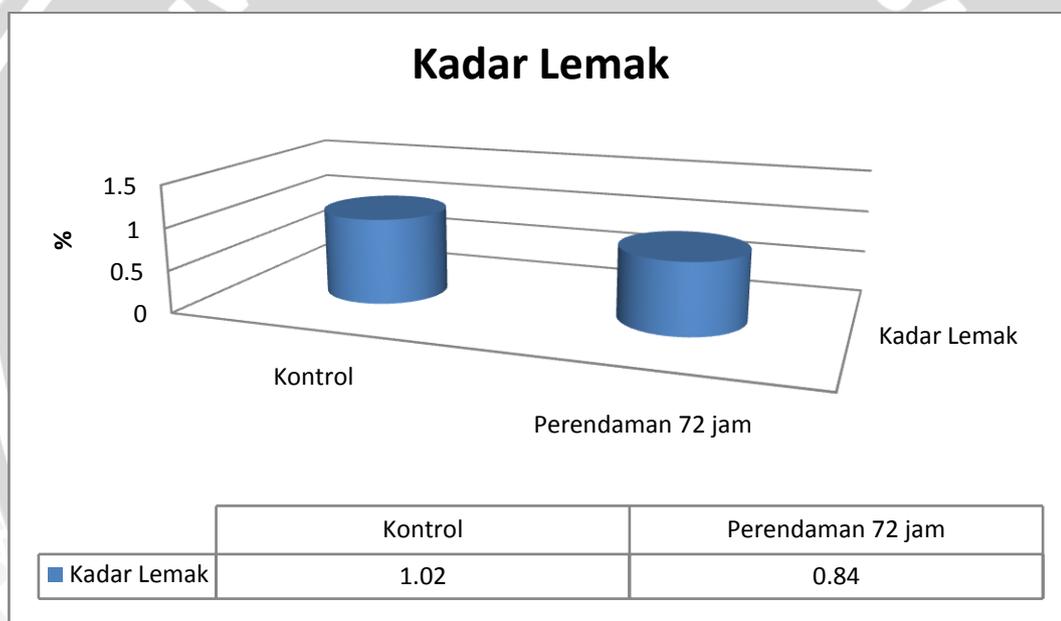
4.3.4 Kadar Lemak

Lemak merupakan komponen bahan makanan yang penting dalam hubungannya dengan sumber energy, asam-asam lemak dan sebagai pelarut vitamin A, D, E dan K. Lemak ini merupakan persenyawaan antara asam lemak dan gliserol (Susanto dan Budi, 1994).

Lemak memegang peranan penting dalam menjaga tubuh manusia. Sebagaimana diketahui lemak memberikan energi kepada tubuh sebanyak 9 kalori tiap gram lemak. Lemak nabati merupakan sumber asam lemak tidak jenuh, beberapa diantaranya adalah merupakan asam lemak esensial misalnya oleat, linoleat, linolenat dan arakhidonat. Lemak juga berfungsi sebagai sumber dan pelarut bagi vitamin-vitamin A, D, E, K. (Ketaren, 1986).

Menurut Murrachman *et al* (1983), prinsip analisis kadar lemak ini adalah ekstraksi atau pemisahan lemak dari contoh daging dengan cara mensirkulasikan pelarut lemak (*ethyl ether*) ke dalam contoh. Pemisahan ini dapat dilakukan secara mekanis dan kimia yaitu dengan pelarutan. Untuk mempercepat proses ekstraksi dibantu dengan pemanasan. Pemisahan lemak ini berlangsung di dalam alat destilasi. Cara ini disebut juga dengan metode sokhlet.

Semakin lama proses perendaman maka komponen lemak yang keluar dan mengapung keatas air semakin besar yang menghasilkan kadar lemak yang lebih rendah pada produk. Menurut Almatsier (2003), berat jenis lemak lebih rendah dari pada air, oleh karena itu mengapung ke atas dalam campuran air dan minyak atau cuka dan minyak. Dalam grafik dibawah ini ditunjukkan kadar lemak yang lebih rendah pada produk tepung mangrove yang dihasilkan melalui perendaman selama 72 jam menggunakan aquadest bila dibanding dengan tepung kontrol. Pada Gambar 17 dibawah ini tertera grafik kadar lemak berdasar analisis proksimat tepung *Avicennia marina*.



Gambar 17. Grafik kadar lemak tepung *Avicennia marina*

Dalam penelitian Ambarsari dan Choliq (2009), menuliskan pada penelitiannya untuk kadar lemak pada tepung ubi jalar direkomendasikan sebesar 0,16%, bila dibandingkan dengan kadar lemak pada tepung buah mangrove *Avicennia marina* (api-api) maka tidak memenuhi rekomendasi yang disarankan. Lemak merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam makanan karena dapat menyebabkan perubahan sifat pada makanan tersebut.

Perubahan bahkan dapat terjadi ke arah yang tidak diinginkan seperti ketengikan (Wijaya dan Aprianita, 2009). Menurut Riyan (2010), menyebutkan bahwa kadar lemak yang tinggi mempengaruhi kualitas bahan selama penyimpanan karena menyebabkan bahan lebih mudah tengik. Selain itu kadar lemak yang tinggi dapat mengganggu pengikatan air oleh granula. Jika pengikatan air oleh granula pati terhambat dapat mengakibatkan gelatinisasi yang diharapkan tidak tercapai dan tidak merata. Menurut Pramono (2009), Kebutuhan lemak normal adalah 10–25 % dari kebutuhan energi total. Lemak sedang dapat dinyatakan sebagai 15–20 % dari kebutuhan energi total, sedangkan lemak rendah ≤ 10 % dari kebutuhan energi total. Modifikasi jenis lemak dapat dinyatakan sebagai: lemak jenuh < 10 % dari kebutuhan energi total, lemak tidak jenuh ganda 10 % dari kebutuhan energi total, dan lemak tidak jenuh tunggal 10 – 15 % dari kebutuhan energi total.

4.3.5 Kadar Protein

Protein adalah molekul makro yang memiliki berat molekul antara lima ribu hingga beberapa juta. Protein terdiri atas rantai-rantai panjang asam amino, yang terikat satu sama lain dengan ikatan peptida. Asam amino terdiri atas unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Unsur nitrogen adalah unsur utama protein, karena terdapat di dalam semua protein akan tetapi tidak terdapat di dalam karbohidrat dan lemak. Unsur nitrogen merupakan 16% dari berat protein (Almatsier, 2009).

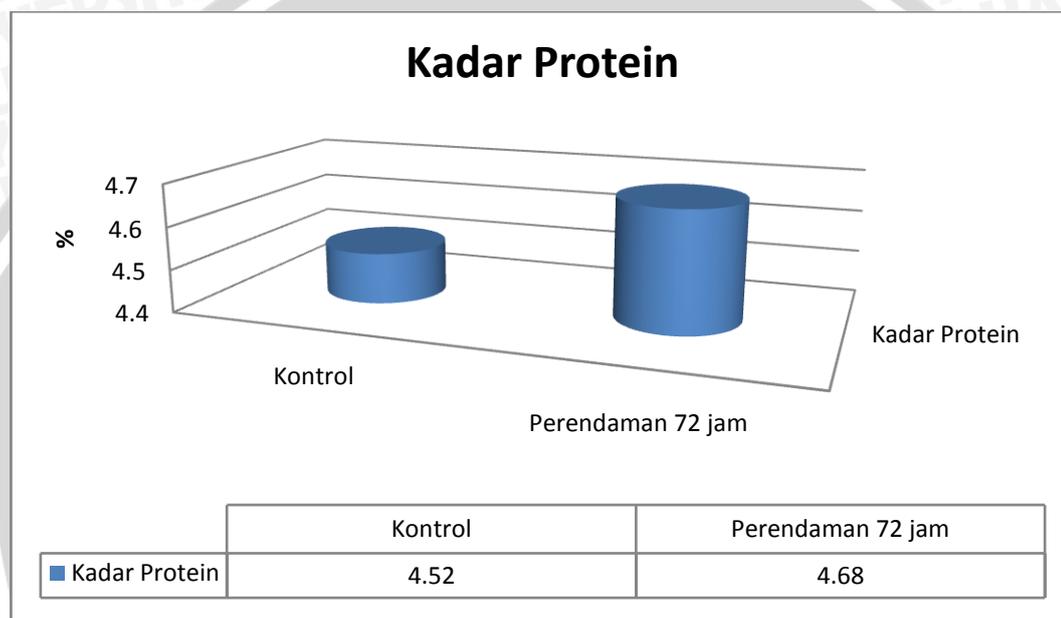
Protein merupakan zat gizi yang sangat penting bagi tubuh karena selain sebagai sumber energi protein berfungsi sebagai zat pembangun tubuh dan zat pengatur didalam tubuh (Muchtadi, 1993). Menurut Winarno *et al.*, (1980) pada umumnya kadar protein di dalam bahan pangan menentukan mutu bahan pangan itu sendiri. Kemampuan protein untuk mengikat komponen-komponen

bahan pangan seperti air dan lemak sangat penting dalam formulasi makanan. Kapasitas pengikatan ini mempengaruhi sifat-sifat daya lekat, pembentuk film dan serat. Pengikatan ini dipengaruhi oleh pH dan kekuatan ion yang keduanya akan mempengaruhi luas permukaan dan sifat-sifat protein, jumlah dan sifat-sifat fisik kebanyakan komponen makanan, dan modifikasi baik mekanikal, termal, kimiawi, dan enzimatis (Fardiaz, *et al.*, 1992).

Dalam tepung, protein menjadi penentu kualitas sekaligus sebagai acuan penggunaan tepung tersebut. Secara umum berdasarkan kadar gluten atau proteinnya ada 3 jenis tepung terigu. Kadar protein ini menentukan elastisitas dan tekstur sehingga penggunaannya disesuaikan dengan jenis dan spesifikasi adonan yang dibuat. *High grade flour* mengandung kadar protein 11%-13% atau lebih dan bila terkena bahan cair maka glutennya akan mengembang dan saling mengikat dengan kuat membentuk adonan yang sifatnya liat. *All purpose Flour* memiliki kadar protein berkisar antara 8%-10% dan digunakan pada adonan yang memerlukan kerangka lembut namun masih bisa mengembang seperti cake. Untuk tepung yang mengandung kadar protein berkisar 6%-8% tergolong dalam *low protein flour* dan seringkali digunakan untuk membuat adonan yang bersifat renyah. Sunaryo (1985) menambahkan, kadar protein mempunyai korelasi yang erat dengan kadar gluten, sedangkan kadar abu erat hubungannya dengan tingkat dan kualitas adonan. Bila dicampur dengan air, partikel-partikel gluten terhidrasi dan bila dikocok atau diaduk terjadi kecenderungan memanjang atau membentuk serabut-serabut (Winarno, 1983).

Kandungan protein pada hasil pengujian *sampel* perlakuan terbaik pada perendaman selama 72 jam memiliki perbedaan yang tidak terpaut jauh sekitar 0,16% lebih tinggi daripada *sampel* kontrol. Hal ini menandakan protein dalam bahan baku buah mangrove tidak banyak mengalami proses denaturasi selama proses pembuatan tepung. Protein mudah mengalami kerusakan oleh pengaruh

panas, goncangan, reaksi kimia dengan asam atau basa kuat dan sebagainya, yang di kenal dengan denaturasi dan degradasi (Susanto dan Saneto, 1994). Selain itu dikarenakan protein tidak berikatan dengan Pb sehingga protein yang terdapat dalam bahan baku buah mangrove tidak banyak mengalami kehilangan selama proses pembuatan tepung. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 18 dibawah ini.



Gambar 18. Grafik kadar protein tepung *Avicennia marina*.

Protein merupakan molekul yang sangat besar, sehingga mudah sekali mengalami perubahan bentuk fisik maupun aktivitas biologis. Banyak faktor yang menyebabkan perubahan sifat alamiah protein misalnya: panas, asam, basa, pelarut organik, pH, garam, logam berat, maupun sinar radiasi radioaktif. Perubahan sifat fisik yang mudah diamati adalah terjadinya penjendalan (menjadi tidak larut) atau pepadatan (Sudarmadji, 1989). Astuti (1979) menambahkan, makin tinggi suhu pengeringan, maka makin banyak protein dan mineral yang terdenaturasi.

Hasil analisis kandungan protein tepung *Avicennia marina* sebesar 4,68%. Bila di bandingkan dengan ketiga kriteria tepung yang akan digunakan sebagai bahan pangan, maka tepung *Avicennia marina* ini belum dapat dinyatakan layak sesuai batas minimal kandungan protein yang dianjurkan. Kebutuhan protein normal adalah 10–15 % dari kebutuhan energi total, atau 0,8–1,0 gr /kg BB. Kebutuhan energi minimal untuk mempertahankan keseimbangan nitrogen adalah 0,4–0,5 gr/kg BB (Pramono, 2009).

4.3.6 Kadar Karbohidrat

Definisi klasik karbohidrat berdasarkan asal katanya yaitu *carbo* dari bahasa Latin dan *hydros* dari bahasa Yunani adalah 'hidrat dari karbon' yang mengandung hidrogen dan oksigen dengan perbandingan 2:1 (Southgate 1978) atau elemen yang terdiri dari air dan karbon dengan perbandingan 1:1 (Kennedy dan White 1988). Karbohidrat adalah senyawa organik yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen baik dalam bentuk molekul sederhana maupun kompleks (Christian dan Vaclavik 2003).

Karbohidrat adalah senyawa yang mengandung unsur-unsur: C, H dan O, terutama terdapat didalam tumbuh-tumbuhan yaitu kira-kira 75%. Dinamakan karbohidrat karena senyawa-senyawa ini sebagai hidrat dari karbon; dalam senyawa tersebut perbandingan antara H dan O sering 2 berbanding 1 seperti air. Jadi $C_6H_{12}O_6$ dapat ditulis $C_6(H_2O)_6$, $C_{12}H_{22}O_{11}$ sebagai $C_{12}(H_2O)_{11}$ dan seterusnya, dan perumusan empiris ditulis sebagai $C_nH_{2n}O_n$ atau $C_n(H_2O)_n$ (Sastrohamidjojo, H., 2005).

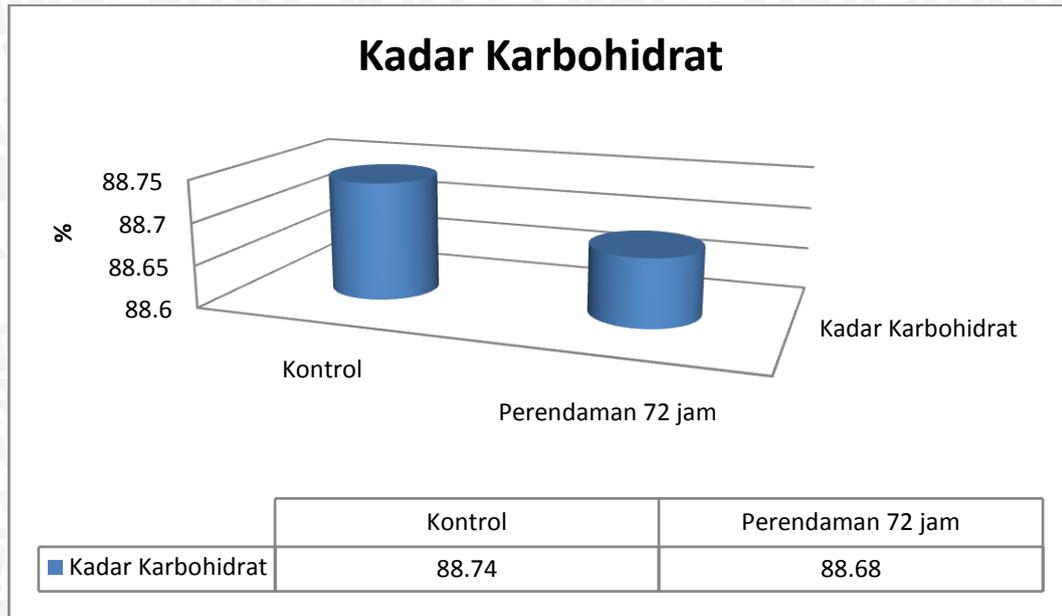
Karbohidrat telah menjadi sumber energi utama untuk metabolisme pada manusia dan sarana untuk memelihara kesehatan saluran pencernaan manusia. Karbohidrat adalah penyumbang utama dari komponen yang membentuk produk pangan baik sebagai komponen alami maupun bahan yang

ditambahkan. Karbohidrat meliputi lebih dari 90% dari berat kering tanaman. Karbohidrat banyak tersedia dan murah. Penggunaannya sangat luas dan jumlah penggunaannya cukup besar (Fennema 1996) baik untuk pemanis, pengental, penstabil, *gelling agents* dan *fat replacer* (Christian dan Vaclavik 2003).

Karbohidrat adalah kelompok nutrient yang penting dalam susunan makanan, sebagai sumber energi. Senyawa-senyawa ini mengandung unsur karbon, hidrogen, oksigen dan dihasilkan oleh tanaman dengan proses fotosintesa (Gaman dan Sherrington, 1994). Karbohidrat juga mempunyai peranan penting dalam menentukan karakteristik bahan makanan, misalnya rasa, warna, tekstur, dan lain-lain. Sedangkan dalam tubuh, karbohidrat berguna untuk mencegah timbulnya ketosis, pemecahan protein tubuh yang berlebihan, kehilangan mineral, dan berguna untuk membantu metabolisme lemak dan protein (Winarno, 2002).

Buah mangrove yang secara tradisional diolah menjadi kue, cake, dicampur dengan nasi atau dimakan langsung dengan bumbu kelapa (Sadana, 2007), mengandung energi dan karbohidrat yang cukup tinggi, bahkan melampaui berbagai jenis pangan sumber karbohidrat yang biasa dikonsumsi masyarakat seperti beras, jagung singkong atau sagu. Penelitian yang dilakukan oleh IPB bekerjasama dengan Badan Bimas Ketahanan Pangan Nusa Tenggara Timur menghasilkan kandungan energi buah mangrove ini adalah 371 kalori per 100 g, lebih tinggi dari beras (360 kalori per 100 g), dan jagung (307 kalori per 100 g). Kandungan karbohidrat buah bakau sebesar 85.1 g per 100 g, lebih tinggi dari beras (78.9 g per 100 g) dan jagung (63.6 g per 100 g) (Fortuna, 2005).

Pada Gambar 19 dibawah ini menunjukkan perbedaan antara kadar karbohidrat sampel kontrol dan tepung yang dihasilkan melalui perendaman selama 72 jam.



Gambar 19. Grafik kadar karbohidrat tepung *Avicennia marina*.

Ambarsari *et al.*, (2009), mengemukakan bahwa kandungan karbohidrat rata-rata pada tepung di Indonesia adalah 83,8%, hasil ini tidak berbeda jauh dengan kadar karbohidrat pada tepung mangrove yaitu pada kontrol sebesar 88,74% sedangkan pada hasil terbaik sebesar 86,68% berarti dapat dikatakan bahwa kadar karbohidrat pada tepung mangrove ini sudah memenuhi standar pada tepung pada umumnya. Menurut Pramono (2009), kebutuhan karbohidrat normal adalah 60-75% dari kebutuhan energi total. atau sisa energi setelah dikurangi energi yang berasal dari protein dan lemak. Selain jumlah, kebutuhan karbohidrat dalam keadaan sakit sering dinyatakan dalam bentuk karbohidrat yang dianjurkan.