

**PENGARUH KONSUMSI TEPUNG AGAR-AGAR (*Gelidium spp.*)
HASIL ALKALI TREATMENT TERHADAP KADAR LIPID DARAH
TIKUS WISTAR (*Rattus norvegicus*)
HIPERLIPIDEMIA**

**LAPORAN SKRIPSI
TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN**

**OLEH :
ASI PEBRINA CICILIA
0210830012**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERIKANAN
MALANG
2007**



**PENGARUH KONSUMSI TEPUNG AGAR-AGAR (*Gelidium spp.*)
HASIL ALKALI TREATMENT TERHADAP KADAR LIPID DARAH
TIKUS WISTAR (*Rattus norvegicus*)
HIPERLIPIDEMIA**

Oleh:
ASI PEBRINA CICILIA
NIM. 0210830012

DOSEN PENGUJI I

Ir. YAHYA, MP
Tanggal :

DOSEN PENGUJI II

Ir. BAMBANG BUDI SASMITO, MS
Tanggal :

**MENYETUJUI,
DOSEN PEMBIMBING I**

Dr. Ir. HARDOKO, MS
Tanggal :

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. J.A. SUMARDI, MS
Tanggal :

**MENGETAHUI
KETUA JURUSAN**

Ir. ABDUL QOID, MS
Tanggal :



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan kasihNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul Pengaruh Konsumsi Tepung Agar-agar (*Gelidium spp*) Hasil *Alkali Treatment* Terhadap Kadar Lipid Darah Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) *Hiperlipidemia*. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan laporan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Dr. Ir. Hardoko, MS selaku dosen pembimbing I dan Ir. J.A. Sumardi, MS yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan berharga selama saya melakukan penelitian ini.
2. Papa, mama dan kakakku tercinta Andrie yang selalu mendoakan untuk keberhasilan ku.
3. Pak Yuli, Pak Waseno, Pak Gito, Bu Chotimah dan para laboran di Universitas Brawijaya Malang maupun di Universitas Gajah Mada Yogyakarta yang telah membantu demi kelancaran penelitian yang saya lakukan.
4. Teman-teman THP'01 dan THP'02 terimakasih atas dukungan dan semangatnya, dan
5. Semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, adanya saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan isi laporan ini. Dengan segala keterbatasan kemampuan dan kerendahan hati, akhir kata penulis berharap semoga laporan Skripsi ini bermanfaat dan dapat memberikan informasi kepada semua pihak yang membutuhkan.

Malang, April 2007

Penulis

RINGKASAN

Asi Pebrina Cicilia, 0210830012. Laporan skripsi dengan judul Pengaruh konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) hasil *alkali treatment* terhadap kadar lipid serum darah tikus wistar (*Rattus novvergicus*) *hiperlipidemia*, dibawah bimbingan **Dr. Ir. Hardoko, MS** dan **Ir. J.A Sumardi, MS**

Kadar kolesterol darah yang tinggi beresiko munculnya penyakit jantung koroner. Salah satu cara untuk mengurangi resiko terjadinya penyakit jantung adalah dengan mengubah pola hidup sehari-hari, seperti berolah raga yang teratur dan mengubah pola makan, yaitu dengan banyak mengkonsumsi makanan yang rendah lemak dan tinggi serat. Sifat yang paling menonjol dari serat pangan yang bersifat larut adalah kemampuannya untuk menurunkan kolesterol darah, sehingga dapat mencegah penyakit jantung dan tekanan darah tinggi (hipertensi). Rumput laut merupakan salah satu komoditi perikanan yang banyak mengandung serat. Oleh karena itu perlu dimanfaatkan lebih optimal, diantaranya sebagai makanan fungsional yang menyehatkan misalnya dimodifikasi menjadi tepung agar-agar melalui proses ekstraksi dengan menggunakan bahan *alkali treatment* yang berbeda. Tepung agar-agar *Gelidium* spp. mengandung serat yang cukup tinggi ($\pm 68,5639\%$), yang diduga bahwa serat makanan pada tepung agar-agar *Gelidium* spp. mampu menurunkan kadar lipid darah tikus wistar (*Rattus novvergicus*).

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biokimia Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya, Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) dan Laboratorium Pangan dan Gizi, Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada bulan Agustus- Oktober 2006.

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) hasil ekstraksi dengan alkali (basa) NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2 terhadap penurunan kadar lipid darah tikus wistar. Sedangkan tujuan penelitian secara khusus adalah untuk menentukan jenis alkali yang paling optimal menurunkan kadar lipid darah serta untuk menentukan konsentrasi serat dalam ransum pakan yang paling optimal menurunkan kadar lipid darah tikus wistar, dan untuk mengetahui pengaruh kekuatan gel dari tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2 terhadap penurunan kadar lipid darah.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan dua faktor perlakuan dan tiga kali ulangan ($n=3$). Faktor perlakuan tersebut terdiri dari faktor penggunaan alkali pada proses *alkali treatment* (A) yang terdiri NaOH (A_1), KOH (A_2) dan Ca(OH)_2 (A_3), dan faktor konsentrasi pemberian tepung agar-agar *Gelidium* spp. (B) yang terdiri dari konsentrasi 0% (B_0), konsentrasi 7,5% (B_1) dan konsentrasi 12,5% (B_2). Serta lama pemberian (hari) sebagai kelompok pengamatan yang terdiri dari hari ke-0, 3, 6, 9, 12, 15 dan 18. Penelitian ini di rancang dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dan dianalisis lebih lanjut dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur), dan uji T-Dunnet. Parameter uji meliputi analisa kadar proksimat (kadar air, protein, lemak, abu dan karbohidrat *by difference*), ransum standar dengan CMC 5%, ransum kolesterol dan ransum perlakuan, kadar serat

makanan secara enzimatik, jumlah ransum yang dikonsumsi, berat badan tikus, berat feses tikus, analisis kadar trigliserida, kadar kolesterol dalam darah dan kadar kolesterol pada feses.

Penurunan kadar kolesterol darah pada tikus berbeda nyata dari hari ke-0 hingga hari ke-18. Penurunan optimal untuk kadar kolesterol darah pada tikus terjadi pada hari ke-9. Penurunan kadar kolesterol darah pada tikus juga menunjukkan perbedaan yang nyata antara konsentrasi 7,5% dan konsentrasi 12,5%, dimana nilai kadar kolesterol darah tikus terendah diperoleh pada konsentrasi 12,5%. Begitupula untuk penurunan kadar trigliserida darah tikus, dimana nilai kadar trigliserida darah tikus perlakuan terendah diperoleh pada tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH yang berbeda nyata dengan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH dan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan Ca(OH)_2 . Penurunan kadar trigliserida darah tikus juga menunjukkan perbedaan yang nyata antara konsentrasi 7,5% dan konsentrasi 12,5%, dimana nilai kadar trigliserida darah tikus terendah juga diperoleh pada konsentrasi 12,5%.

Perbedaan alkali dan konsentrasi tepung agar-agar sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya angka penurunan kadar lipid darah, dimana perlakuan dengan alkali KOH menunjukkan angka penurunan kadar lipid darah (kolesterol dan trigliserida) yang tertinggi. Semakin tinggi konsentrasi juga menyebabkan semakin tinggi penurunan kadar lipid serum darah. Turunnya kadar lipid ini disebabkan oleh pengaruh serat makanan dari tepung agar-agar yang mampu menghambat penyerapan lipid dalam pencernaan dan akan mengikatnya serta langsung membuangnya bersama dengan feses. Jika dilihat dari hasil analisis kekuatan gel, maka dapat diketahui bahwa kekuatan gel juga berpengaruh terhadap penurunan kadar lipid darah (kolesterol dan trigliserida), dimana semakin tinggi kekuatan gel agar-agar maka akan semakin tinggi penurunan kadar lipid darah (kolesterol dan trigliserida) tikus wistar.



DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Kegunaan Penelitian	4
1.5. Hipotesis	4
1.6. Tempat dan Waktu	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Rumput Laut	5
2.1.1. Rumput laut merah	5
2.1.2. Biologi dan kandungan gizi rumput laut <i>Gelidium</i> spp.	6
2.2. Proses Pembuatan Tepung Agar-agar	10
2.2.1. Bahan-bahan ekstraksi	10
2.2.2. Proses pembuatan tepung agar-agar <i>Gelidium</i> spp.	11
2.3. Serat Makanan dan Peranannya	13
2.3.1 Definisi dan macam-macam serat makanan	13
2.3.2 Manfaat dan mekanisme serat makanan dalam pencernaan	15
2.4 Pencernaan dan Penyerapan Lemak Makanan	17
2.5. Penyakit-penyakit Akibat Kelebihan Konsumsi Lemak Makanan	19
2.5.1 Penyakit kantung empedu	19
2.5.2 Penyakit jantung koroner	19
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	21
3.1. Bahan	21

3.1.1. Bahan yang diuji	21
3.1.2. Bahan untuk ransum pakan	21
3.1.3. Bahan untuk analisis kimia	22
3.2. Alat	22
3.2.1. Alat untuk pembuatan tepung agar-agar	22
3.2.2. Alat untuk pembuatan ransum pakan	22
3.2.3. Alat untuk analisis proksimat	23
3.2.4. Alat untuk uji (tikus percobaan)	23
3.2.5. Alat pemeliharaan tikus	23
3.2.6. Alat untuk analisis	24
3.3. Metode Penelitian	25
3.3.1. Prosedur penelitian.....	26
3.3.1.1. Preparasi bahan uji.....	26
3.3.1.2. Pembuatan ransum pakan pada tikus percobaan.....	28
3.3.1.3. Pemberian makanan dan minuman pada tikus.....	29
3.3.1.4. Pembuatan tikus hiperlipidemia.....	29
3.3.1.5. Pelaksanaan perlakuan/percobaan	30
3.4. Parameter Uji	32
3.4.1. Prosedur parameter uji.....	33
3.4.1.1. Kadar trigliserida	33
3.4.1.2. Kadar kolesterol dalam darah.....	34
3.4.1.3. Kadar kolesterol dalam feses.....	35
3.4.1.4. Kadar air metode thermogravimetri	36
3.4.1.5. Kadar protein metode kjeldahl	37
3.4.1.6. Kadar lemak metode goldfish.....	38
3.4.1.7. Kadar abu.....	39
3.4.1.8. Kadar karbohidrat Metode Hidrolisis Asam Secara Langsung.....	40
3.4.1.9. Kadar serat makanan secara enzimatik	41
3.4.1.10. Kekuatan gel.....	43
3.4.1.11. Jumlah ransum yang dikonsumsi, berat badan tikus dan berat feses tikus.....	44

3.5. Analisis Data	44
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Komposisi Gizi	46
4.1.1. Tepung agar-agar <i>Gelidium</i> spp.....	46
4.1.2. Ransum pakan	48
4.2 Kekuatan Gel	50
4.3 Pembuatan Tikus Hiperlipidemia	51
4.4. Pengaruh Pemberian Tepung Agar-agar <i>Gelidium</i> spp NaOH, KOH, dan Ca(OH) ₂ Terhadap Jumlah Ransum Pakan yang Dikonsumsi Tikus, Berat Badan Tikus dan Jumlah Feses Tikus	52
4.4.1. Jumlah konsumsi ransum pakan	52
4.4.2. Berat badan tikus	57
4.4.3. Jumlah feses tikus	63
4.5. Pengaruh Pemberian Tepung Agar-agar <i>Gelidium</i> spp NaOH, KOH, dan Ca(OH) ₂ Terhadap Kadar Lipid Serum Darah (Kolesterol dan Trigliserida) dan Kolesterol Feses Tikus	68
4.5.1. Kolesterol darah tikus	68
4.5.2. Trigliserida darah tikus	78
4.5.3. Kolesterol dalam Feses Tikus.....	86
5. KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1. Kesimpulan	91
5.2. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	98

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi nilai gizi rumput laut <i>Gelidium</i> spp.	7
2. Standar mutu rumput laut kering untuk <i>Gelidium</i> spp.....	7
3. Standar mutu agar-agar menurut Standar Industri Indonesia (SII).....	9
4. Kandungan serat makanan pada tepung agar-agar	10
5. Peranan serat makanan berdasarkan sifat kelarutannya dalam air.....	16
6. Denah rancangan faktor perlakuan.	26
7. Komposisi ransum pakan tikus.....	28
8. Hasil analisa proksimat tepung agar-agar <i>Gelidium</i> spp	46
9. Kadar serat makanan <i>Gelidium</i> spp dan tepung agar-agar	47
10. Komposisi gizi ransum standar dan kolesterol	49
11. Hasil analisis kekuatan gel.....	50
12. Jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus (g/ekor tikus/hari)	52
13. Jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus per berat badan tikus (g/g BB/hari).....	57
14. Berat badan tikus per 3 hari selama perlakuan (g)	58
15. Laju pertumbuhan berat badan tikus per 3 hari (g/hari)	62
16. Rerata jumlah feses tikus tiap 3 hari selama perlakuan (g)	64
17. Berat feses tikus per berat badan tikus (g/g BB/hari).....	68
18. Rerata nilai kolesterol darah tikus per 3 hari (mg/dl)	69
19. Hasil regresi hubungan antara kadar kolesterol darah tikus dengan produk agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) hasil ekstraksi NaOH, KOH dan Ca(OH) ₂ dan lamanya konsumsi tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp).....	76
20. Laju penurunan kadar kolesterol tikus per 3 hari (mg/dl/hari)	76
21. Rerata nilai trigliserida darah tikus per 3 hari (mg/dl)	78
22. Hasil regresi hubungan antara kadar trigliserida darah tikus dengan produk agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) hasil ekstraksi NaOH, KOH dan Ca(OH) ₂ dan lamanya konsumsi tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp).....	85
23. Laju penurunan kadar trigliserida tikus per 3 hari (mg/dl/hari).....	85
24. Nilai analisis kolesterol feses pada hari ke-6 perlakuan	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur kimia agar-agar	8
2. Prosedur pembuatan tepung agar-agar.....	27
3. Prosedur pembuatan ransum.....	29
4. Pembuatan tikus hiperlipidemia	30
5. Pelaksanaan perlakuan	31
6. Grafik pengaruh konsumsi tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus	54
7. Histogram jenis ransum yang diberikan terhadap jumlah ransum yang dikonsumsi tikus	55
8. Histogram konsentrasi tepung agar-agar yang ditambahkan kedalam ransum tikus terhadap jumlah ransum yang dikonsumsi tikus	56
9. Grafik pengaruh konsumsi tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap berat badan tikus	59
10. Histogram konsentrasi tepung agar-agar yang ditambahkan kedalam ransum tikus terhadap berat badan tikus	60
11. Histogram jenis ransum yang diberikan terhadap berat badan tikus	61
12. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap laju pertumbuhan berat badan tikus ...	62
13. Grafik pengaruh konsumsi tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap jumlah feses tikus	64
14. Histogram jenis ransum yang diberikan terhadap jumlah feses tikus.....	66
15. Histogram konsentrasi tepung agar-agar yang ditambahkan kedalam ransum tikus terhadap jumlah feses tikus	67
16. Histogram jenis ransum yang diberikan terhadap kadar kolesterol tikus pada hari ke-0.....	70
17. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap kadar kolesterol darah tikus.....	71
18. Grafik hubungan antara perbedaan penggunaan alkali dan konsentrasi tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) terhadap kadar kolesterol darah tikus	74
19. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (<i>Gelidium</i> spp) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap laju penurunan kadar kolesterol darah tikus.....	77

20. Histogram jenis ransum yang diberikan terhadap kadar trigliserida tikus pada hari ke-0 79

21. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (*Gelidium* spp) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap kadar trigliserida darah tikus 80

22. Grafik hubungan antara perbedaan penggunaan alkali dan konsentrasi tepung agar-agar (*Gelidium* spp) terhadap kadar trigliserida darah tikus..... 83

23. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (*Gelidium* spp) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap laju penurunan kadar kolesterol darah tikus..... 86



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Komposisi mineral <i>mix</i> dalam 1000 g	98
2. Komposisi vitamin "Superviton" setiap 2 kaplet	99
3. Perhitungan konsentrasi tepung agar yang ditambahkan dalam ransum	100
4. Data jumlah pakan yang dikonsumsi tikus per 3 hari (g)	101
5. Hasil analisis statistik jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus	102
6. Data berat badan tikus per 3 hari (g)	107
7. Hasil analisis statistik berat badan tikus	108
8. Data berat feses tikus per 3 hari (g)	113
9. Hasil analisis statistik berat feses tikus	114
10. Data kadar kolesterol darah tikus (mg/dl)	119
11. Hasil analisis statistik kadar kolesterol darah tikus	120
12. Data kadar trigliserida darah tikus (mg/dl)	125
13. Hasil analisis statistik kadar trigliserida darah tikus	126
14. Hasil analisis statistik hari ke-0 untuk berat badan tikus, kadar kolesterol dan kadar trigliserida	131
15. Hasil analisis statistik jumlah pakan yang dikonsumsi per berat badan	133
16. Hasil analisis statistik feses per berat badan tikus	138
17. Dokumentasi selama penelitian	143

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit jantung dan pembuluh darah terjadi karena tubuh mengalami *hiperlipidemia*. *Hiperlipidemia* adalah peninggian konsentrasi fraksi lipid darah diatas harga normal (Schunack *et al.*, 1990). Salah satu cara untuk mengurangi faktor resiko (setiap faktor yang dapat meningkatkan resiko) terjadinya penyakit jantung dan pembuluh darah adalah dengan mengubah pola hidup sehari-hari. Pola hidup yang dianjurkan yaitu dengan melakukan latihan fisik dan mengubah pola makan. Makanan yang direkomendasikan oleh para ahli dewasa ini adalah makanan yang rendah lemak terutama yang berasal dari binatang, banyak mengkonsumsi makanan yang mengandung karbohidrat dan banyak serat (Yatim, 2002).

Serat makanan (*dietary fiber*) adalah sekelompok senyawa polisakarida dan polimer yang berasal dari jaringan tanaman yang bersifat tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan (Suyitno, 1991). Sifat yang paling menonjol dari serat pangan yang bersifat larut adalah kemampuannya untuk menurunkan kolesterol darah, sehingga dapat mencegah penyakit jantung dan tekanan darah tinggi (hipertensi). Mekanisme kerja serat dalam menurunkan kolesterol adalah dengan cara mengikat dan menjebak kolesterol serta metabolitnya di dalam saluran pencernaan, sehingga mencegah absorpsi atau reabsorpsi dan resirkulasi. Konsentrasi kolesterol darah kemudian diturunkan dengan cara mempercepat katabolisme (Anonymous, 2004^a).

Pada hasil penelitian Nasran (1992), diketahui bahwa pengolahan agar-agar kertas dengan menggunakan KOH menghasilkan agar-agar kertas dengan rendemen

sekitar 20-25%, kadar air 15-20%, kadar protein 1-3%, dan kadar abu larut asam sekitar 1%, serta memiliki kekuatan gel sebesar 150-400 g/cm².

Penambahan basa NaOH menghasilkan agar-agar yang memiliki komposisi kimia sebagai berikut: 16-20% air; 2,3-5,9% protein; 0,3-0,5% lemak; 67,8-76,1% karbohidrat; 0,9-2,1% serat; 3,4-3,6% abu, dan rendemen 25-35%. Akan tetapi, tidak dijelaskan berapa persen peningkatan kekuatan gel tersebut (Astawan, 2004). Menurut McHugh (2003), penambahan NaOH dapat meningkatkan kekuatan gel dari agar dan meningkatkan rendemen.

Hasil penelitian Lamid *et al.*, (2002), menunjukkan bahwa pengaruh konsumsi rumput laut selama 6 minggu dapat menurunkan kadar lipid darah sebesar 31,4%. Ditambahkan oleh hasil penelitian Susanti (2004), bahwa konsumsi tepung agar-agar (*Gracilaria verrucosa*) mampu menurunkan kadar lipid serum darah tikus putih wistar (*Rattus norvegicus*) sebesar 53,30% dengan konsentrasi pemberian tepung agar-agar sebesar 15% selama 18 hari. Perbedaan konsentrasi dan lamanya pemberian tepung agar-agar sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya angka penurunan kadar lipid serum darah. Turunnya kadar lipid dalam darah ini disebabkan oleh adanya serat makanan dari tepung agar-agar yang mampu menghambat penyerapan lipid dalam pencernaan.

Hasil penelitian Agustin (2006), bahwa pemberian rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) bentuk larutan dan gel mampu menurunkan kadar lipid darah tikus wistar (*Rattus norvegicus*) yang mengalami *hiperkolesteromia*, dimana rumput laut bentuk gel dengan konsentrasi 20% lebih cepat dalam menurunkan kadar lipid dalam darah sebesar 86,78% dengan lama konsumsi 18 hari. Berdasarkan hasil penelitian diatas, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh konsumsi tepung agar-agar

hasil ekstraksi dengan alkali yang berbeda yaitu NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2 pada pembuatan tepung agar-agar dengan menambahkan tepung agar-agar tersebut ke dalam ransum tikus dengan konsentrasi yang berbeda, sehingga dapat diketahui secara pasti jenis tepung agar-agar yang paling optimal dalam menurunkan kadar lipid darah.

1.2 Perumusan Masalah

Rumput laut telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat, beberapa penelitian yang telah dilakukan dapat membuktikan bahwa penambahan rumput laut dalam ransum dapat menurunkan kadar lipid dalam darah. Akan tetapi belum diketahui alkali mana, diantara NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2 yang paling optimal dalam menurunkan kadar lipid darah. Beberapa penelitian yang lain juga menunjukkan bahwa penggunaan alkali yang berbeda pada proses *alkali treatment* menghasilkan agar-agar dengan sifat fisiko-kimia yang berbeda, termasuk kekuatan gel yang dihasilkan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh kekuatan gel dari tepung agar-agar NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2 yang berbeda tersebut terhadap penurunan kadar lipid darah.

1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh konsumsi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan alkali (basa) NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2 terhadap kadar lipid darah. Adapun tujuan penelitian secara khusus :

1. Untuk menentukan jenis alkali yang paling optimal menurunkan kadar lipid darah.
2. Untuk memperoleh konsentrasi serat makanan dalam ransum pakan yang paling optimal menurunkan kadar lipid darah, serta mengetahui pengaruh kekuatan gel dari tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2 terhadap penurunan kadar lipid darah.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi potensi serat pangan yang terdapat pada rumput laut *Gelidium* spp. terhadap kesehatan dan sebagai bahan informasi tentang pentingnya peran rumput laut *Gelidium* spp. sebagai sumber serat makanan yang penting bagi kesehatan terutama peranannya dalam menurunkan kadar lipid darah dalam kondisi berlebih.

1.5 Hipotesis

Diduga bahwa konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) hasil ekstraksi dengan NaOH, KOH, dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat menurunkan kadar lipid darah yang berlebih, dimana konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) hasil ekstraksi dengan KOH memiliki kekuatan gel tertinggi sehingga lebih optimal dalam penurunan kadar lipid darah. Berdasarkan keberadaannya dalam tabel unsur periodik, K mempunyai sifat kebasaaan yang lebih kuat daripada Na dan Ca. Dimana nilai pH sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, jika nilai pH semakin kecil/asam, maka kekuatan gel agar-agar semakin lemah. Sebaliknya jika nilai pH tinggi/basa, maka semakin tinggi pula kekuatan gel agar-agar.

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biokimia, Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) dan Laboratorium Pangan dan Gizi, Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada bulan Agustus – Oktober 2006.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Laut

2.1.1 Rumput laut merah

Rumput laut (*seaweed*) secara biologis merupakan tumbuhan berklorofil. Rumput laut terdiri dari satu atau banyak sel, yang berbentuk koloni, hidupnya didaerah perairan dangkal, berpasir dan berlumpur (Winarno, 1996). Rumput laut tidak memiliki perbedaan susunan kerangka antara akar, batang dan daun yang keseluruhan tumbuhan ini disebut dengan *thallus* (Sunarti, 1990). Menurut Aslan (1998), rumput laut dari kelas *Rhodophyceae* (alga merah) mempunyai ciri-ciri morfologis sebagai berikut :

1. Pertumbuhannya bersifat uniaksial (satu sel diujung *thallus*) dan multiaksial (banyak sel diujung *thallus*)
2. Memiliki pigmen fikobilin yang terdiri dari fikoeretrin (berwarna merah) dan memiliki fikosianin (berwarna biru)
3. Mempunyai persediaan makanan berupa kanji (*Floridean starch*)
4. Reproduksi seksual dengan karpogonia dan spermatia
5. Dalam reproduksinya tidak mempunyai stadia gamet berbulu cambuk
6. Bersifat adaptasi kromatik, yaitu memiliki penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan dan dapat menimbulkan berbagai warna pada *thalli* seperti : merah tua, merah muda, pirang, coklat, kuning dan hijau.
7. Dalam dinding selnya terdapat selulosa, agar, karaginan, porpiran dan furselaran. Spesies ekonomis dari alga merah adalah dari marga *Gracillaria*, *Gelidium*, *Eucheuma*, *Hypnea*, *Gigartina*, dan *Rhodymenia*.

2.1.2 Biologi dan kandungan gizi rumput laut *Gelidium* spp.

Gelidium di Indonesia memiliki berbagai nama menurut daerah, misalnya *kades* dan *intip kembang karang* (Jawa Barat), *bulung merak* dan *bulung ayam* (Bali) dan *sayur laut* (Ambon). Tanaman ini berukuran kecil sampai sedang (panjang kurang lebih 20 cm dan lebar 1,5 mm), batang utama tegak dengan percabangan yang biasanya menyirip, organ reproduksinya berukuran mikroskopis, *thallinya* berwarna merah, coklat, hijau-coklat atau pirang, *sistokarp* mempunyai lubang kecil (*osteolo*) pada dua belah sisi *thallus*, tetraspora membelah krusiat atau tetrahedral. Berbagai jenis *Gelidium* di Indonesia dan negara lain dimanfaatkan sebagai bahan baku pabrik agar-agar dalam negeri dan sebagai komoditas ekspor. Kandungan agar-agarnya berkisar antara 12%-48%, tergantung jenisnya (Aslan, 1998).

Menurut Indriani dan Suminarsih (2003), klasifikasi rumput laut *Gelidium* spp. adalah sebagai berikut :

Filum	: Thallophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Sub kelas	: Florydeae
Ordo	: Gelidiales
Famili	: Gelidiaceae
Genus	: <i>Gelidium</i>
Spesies	: <i>Gelidium</i> spp.

Rumput laut merah penghasil agar-agar yang telah dimanfaatkan adalah jenis *Gelidium* (*G. amansii*, *G. corteus*, *G. pacificum*, *G. vagum*, *G. rigidum*, *G. japonicum*, *G. latifolium*, dll) (Yunizal, 2002). Menurut Sunardi dan Bambang (2000), agar yang dihasilkan dari rumput laut jenis *Gelidium* mempunyai kekuatan gel dan elatisitas tinggi

tetapi mutunya belum memuaskan karena berwarna coklat kusam dan mengkerut.

Komposisi nilai gizi rumput laut *Gelidium* spp. dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi nilai gizi rumput laut *Gelidium* spp.

Jenis rumput laut	Air (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Serat (%)	Abu (%)
<i>Gelidium amansii</i>	9.95	27.15	0.08	49.05	5.62	8.15
<i>Gelidium latifolium</i>	10.75	24.40	1.10	45.90	6.70	11.15

Sumber : Yunizal (2002)

Indonesia telah mengekspor rumput laut kering dari marga *Gelidium*. Rumput laut yang dikirim harus memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan dapat dilihat pada

Tabel 2.

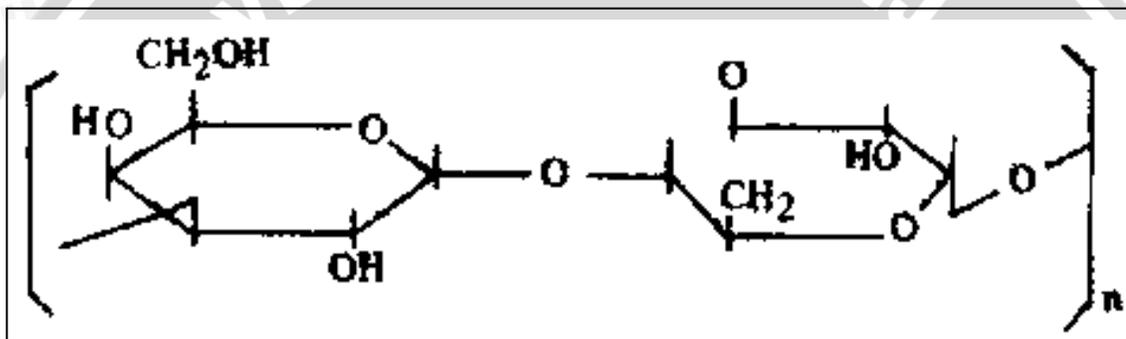
Tabel 2. Standar mutu rumput laut kering untuk *Gelidium* spp.

Karakteristik	<i>Gelidium</i> spp.
- kadar air maksimal (%)	15
- benda asing maksimal (garam, pasir, karang dan kayu)	5
- bau	spesifik rumput laut

Sumber : Indriani dan Suminarsih (2003)

Agar-agar adalah produk gel yang diisolasi dari rumput laut merah menggunakan proses ekstraksi dengan air panas dan suasana sedikit asam (Belitz dan Grosch, 1989). Molekul agar-agar terdiri dari rantai linier galaktan. Galaktan adalah polimer dari galaktose. Dalam menyusun senyawa agar-agar, galaktan dapat berupa rantai linier yang netral ataupun sudah terekstraksi dengan metil atau asam sulfat. Galaktan yang sebagian monomer galaktosanya membentuk ester dengan metil disebut *agarose*. Sedangkan galaktan yang teresterkan dengan asam sulfat dikenal dengan *agarophyte* (Winarno, 1996). Struktur agar ditentukan oleh fraksi yang memiliki kemampuan membentuk gel terbesar yaitu agarosa. Fraksi lainnya yang juga merupakan penyusun struktur agar adalah agaropektin. Perbandingan kedua komponen tersebut adalah tergantung pada jenis mikroalgae penghasil agar (umumnya kandungan agarosa sekitar 55-66%).

Agarosa merupakan polisakarida linier yang netral tanpa percabangan dan terdiri dari ikatan 1,3 β -D-Galaktose-(1,4)- α -L-3,6 anhidrogalaktose (Anonymous, 2004^b). Kandungan agarosa dan agaropektin tergantung dari jenis dan sumber rumput laut yang digunakan. Kekuatan gel agar-agar sangat tergantung pada perbandingan kandungan agarosa dan agaropektin. Umumnya genus *Gracillaria* memiliki perbandingan agarosa dan agaropektin sekitar 20:1, jauh lebih besar dari genus *Gelidium* yang memiliki perbandingan 5:1. Hal ini menyebabkan gel agar-agar *Gracillaria* lebih kuat dan kokoh (Winarno, 1996). Struktur kimia agar-agar ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Istini *et al* (2006)

Gambar 1. Struktur kimia agar-agar

Agar-agar tidak larut dalam air dingin, sedikit larut dalam etanolamin dan larut dalam formida serta dapat diendapkan dengan etanol encer. Dalam keadaan kering agar-agar amat stabil tetapi pada suhu tinggi dan pada pH rendah akan mengalami degradasi. Larutan 1 persen agar-agar pada suhu 35-50°C sudah cukup untuk membentuk gel yang kuat dengan titik cair 80-100°C (Belitz dan Grosch, 1989). Ditambahkan oleh Angka dan Suhartono (2000), agar-agar tidak larut air dingin, tetapi larut air panas, struktur gel dapat terbentuk didalam larutan cair yang mengandung 1% agar, bahkan pada konsentrasi serendah 0,04%. Pembentukan gel sangat dipengaruhi oleh beberapa macam faktor, antara lain konsentrasi agar-agar, derajat keasaman, gula dan banyaknya

kandungan sulfat dalam agar-agar. Gula menyebabkan keseimbangan antara agar-agar dan air terganggu, sehingga agar-agar akan membentuk jaringan tiga dimensi atau menahan larutan gula pada rongga-rongga dalam jaringan tiga dimensi. Semakin tinggi konsentrasi agar-agar maka jaringan tiga dimensi yang terbentuk makin banyak dan makin padat jaringannya. Kandungan sulfat yang tinggi pada agar-agar menyebabkan rantai linier galaktan semakin pendek dan sulit membentuk jaringan tiga dimensi yang kokoh. Rantai linier galaktan dapat juga mengalami hidrolisa dengan penambahan asam dan menghasilkan bentuk monomer, yaitu galaktosa. Monomer galaktosa ini tidak dapat membentuk jaringan tiga dimensi sehingga air tidak dapat terperangkap dan gel tidak akan terbentuk. Karakteristik gel agar-agar bersifat *rigid*, mudah dibentuk dan memiliki titik cair tertentu. Keasaman (pH) sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, semakin pH turun kekuatan gel agar-agar semakin lemah sampai pH 2,5 (Stephen, 1995). Gel agar-agar bersifat reversibel terhadap suhu, bila gel dipanaskan melewati titik cairnya maka gel akan mencair, tetapi bila gel agar-agar yang telah mencair ini dibiarkan menjadi dingin maka akan terbentuk gel kembali. Suhu pembentukan gel berada pada tingkat yang lebih rendah daripada suhu gel meleleh (Williams, 2004). Standart mutu agar-agar secara umum dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Standart mutu agar-agar menurut Standart Industri Indonesia (SII)

Spesifikasi	Batasan
Kadar air	15-24%
Kadar abu maksimum	4%
Kadar karbohidrat (galaktosa) minimum	30%
Kandungan logam berat (Cu, Hg, Pb)	-
Kandungan arsen	-
Zat warna tambahan	dijijinkan
Kekenyalan	baik

Sumber : Angka dan Suhartono (2000)

Dari hasil penelitian Susanti (2004), didapatkan kandungan serat makanan total dalam tepung agar-agar *Gracilaria* sp. sebesar 73,23% (Tabel 4).

Tabel 4. Kandungan serat makanan pada tepung agar-agar

Jenis serat makanan	Kandungan serat (%)
a. serat tidak larut dalam air	40.59
b. serat larut dalam air	32.64
Total	73.23

Sumber : Susanti (2004)

2.2 Proses pembuatan tepung agar-agar

2.2.1. Bahan-bahan ekstraksi

a. Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium hidroksida adalah padatan berwarna putih, sering dijual dalam bentuk pelet, serpihan atau batangan, larut dalam air dan etanol dan sedikit larut dalam eter. Dalam industri, senyawa ini dibuat dengan cara elektrolisis larutan kalium klorida pekat, tetapi dapat juga dibuat melalui pemanasan kalium karbonat atau sulfat dengan kapur mati $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Dainith, 1997).

Fungsi utama dari kalium hidroksida ini selain untuk menyempurnakan ekstraksi polisakarida, juga sebagai bahan untuk mengeliminasi ester sulfat dan melunakkan jaringan thallus sehingga memudahkan proses ekstraksi selanjutnya (Moirano, 1997). Ditambahkan oleh Lukito (2002), bahwa kation logam khususnya kalium dapat menyebabkan pembentukan gel yang lebih kuat dalam proses pembuatan agar-agar

b. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida merupakan salah satu basa kuat (Petrucci, 1992). Natrium hidroksida disebut juga soda kaustik atau soda api. Secara umum digunakan pada industri pembuatan kertas, tekstil, dan deterjen. Natrium hidroksida merupakan basa

yang paling banyak digunakan karena harganya yang relatif lebih murah daripada alkali lainnya (Anonymous, 2006^b). Menurut Sunardi dan Bambang (2000), natrium hidroksida merupakan alkali kuat yang mampu memecah dinding sel rumput laut sehingga jumlah agar-agar yang terekstrak semakin banyak. Hal ini akan meningkatkan rendemen agar-agar kertas.

c. Kalsium Hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Kalsium Hidroksida berbentuk bubuk berwarna putih dan merupakan basa setengah kuat yang bereaksi keras dengan asam dan dapat merusak logam, terbentuk saat kalsium oksida dilarutkan dalam air dan sering digunakan dalam pengolahan rumput laut, yaitu dalam tahapan perlakuan alkali (*alkali treatment*) yang bertujuan untuk mempermudah proses ekstraksi dan untuk meningkatkan kekuatan gel. (Anonymous, 2006^c)

2.2.2 Proses pembuatan tepung agar-agar *Gelidium spp*

Proses pembuatan tepung agar-agar secara umum meliputi pembersihan dan pencucian, *alkali treatment*, ekstraksi, penyaringan (filtrasi), pengeringan dan penghancuran atau penepungan (Shanti, 2003).

a. Pembersihan dan Pencucian

Rumput laut dibersihkan dari tanaman-tanaman yang tidak diinginkan, pasir, kerang dan benda-benda asing lainnya. Adanya kotoran-kotoran tersebut akan mengakibatkan larutan agar-agar yang dihasilkan berwarna kotor serta kurang kental. Setelah dipisahkan dari kotorannya rumput laut dicuci dengan air tawar yang mengalir hingga benar-benar bersih (Winarno, 1996). Rumput laut yang sudah bersih direndam dalam larutan kaporit sebanyak 0,25% selama 4-6 jam sampai rumput laut menjadi putih

bersih. Setelah perendaman, rumput laut yang telah putih bersih tersebut dicuci kembali dengan air tawar untuk menghilangkan bau kaporit, kemudian dijemur kembali sampai kering dengan kadar air $\pm 20\%$.

b. Perlakuan alkali (*alkali treatment*)

Perlakuan alkali bertujuan untuk meningkatkan rendemen dan kualitas hasil olahannya (*gel strength*). Senyawa alkali yang dapat dipakai adalah KOH, NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Anonymous, 2006^a). Perlakuan alkali dalam pembuatan tepung agar-agar menggunakan 30 gram NaOH/KOH/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang ditambah dengan aquadest sampai volume 1000 ml (NaOH/KOH/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3%), kemudian ditambahkan pada 50 gram rumput laut kering yang sudah dicuci dan disortir. Setelah itu diekstraksi selama 1 jam dengan suhu $80^\circ\text{-}95^\circ\text{C}$.

Menurut Angka dan Suhartono (2000), perlakuan alkali yang biasanya diterapkan pada ekstraksi agar-agar dari rumput laut merah adalah dengan menggunakan alkali basa (NaOH), yang bertujuan untuk mengkatalisis gugus 6-sulfat dari unit galaktopiranososa yang berikatan 1,4 membentuk residu 3,6-anhydro-galaktosa sehingga dapat mempercepat proses pembentukan struktur heliks dan dapat memberikan kekuatan gel yang lebih tinggi.

c. Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses untuk memisahkan campuran beberapa zat menjadi komponen-komponen yang terpisah. Pada dasarnya efisiensi ekstraksi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu dan pH pada waktu ekstraksi. Pikokoloid dari rumput laut diekstraksi dengan jalan memasak rumput laut dalam air. Tujuan pemasakan adalah untuk mengekstrak semua agar-agar tanpa merusak sifat dari gel yang dihasilkan. Sebelum dilakukan ekstraksi, larutan alkali yang sudah dimasak bersama rumput laut

dibuang terlebih dahulu dan dicuci dengan air mengalir sampai pH netral. Kemudian residu ditimbang dan ditambahkan dengan air 2x berat residu lalu diikuti dengan penambahan CH_3COOH 0,5%. Kemudian dipanaskan kembali selama 1 jam dengan suhu $80^\circ\text{-}95^\circ\text{C}$. Fungsi penambahan asam cuka 0,5 % adalah untuk memecah dinding sel rumput laut, sehingga agar-agar mudah diekstrak. Selain itu, larutan asam asetat tersebut diharapkan dapat menghancurkan dan melarutkan kotoran sehingga rumput laut menjadi bersih. Setelah 1 jam, larutan diblender untuk dijadikan pasta. Pasta yang telah dihasilkan dipanaskan kembali selama 3 jam untuk melanjutkan proses ekstraksi tersebut. Dalam proses pemanasan, pasta harus terus diaduk.

d. Penyaringan (Filtrasi)

Penyaringan bertujuan untuk memisahkan agar-agar dari ampas dan kotoran yang masih tercampur dalam ekstrak. Menurut Winarno (1996), ekstrak rumput laut disaring dengan kain blacu, lalu diperas perlahan-lahan. Setelah pemasakan selesai, ekstrak rumput laut disaring dengan kain blacu sampai didapatkan filtrat.

e. Pengeringan dan penepungan

Filtrat yang diperoleh dituang dalam loyang atau dicetak tipis dan dibiarkan memadat dalam suhu ruang lalu dikeringkan dalam oven suhu $60\text{-}65^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Filtrat agar-agar yang telah kering digiling sehingga menjadi tepung agar-agar.

2.3 Serat Makanan

2.3.1 Definisi dan macam-macam serat makanan

Serat adalah bagian dari makanan yang tidak dapat dicerna oleh enzim sehingga bukan sebagai sumber zat makanan (Linder, 1992). Istilah serat makanan juga harus dibedakan dari istilah serat kasar yang biasa digunakan dalam analisis proksimat

makanan. Serat kasar (*crude fiber*) adalah bagian dari makanan yang tidak dapat dihidrolisis oleh bahan-bahan kimia. Sedangkan serat makanan adalah bagian dari makanan yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan. Oleh karena itu kadar serat kasar nilainya lebih rendah dibandingkan dengan serat makanan (Muchtadi, 1989). Menurut Wardlaw *et al.*, (2004), berdasarkan kelarutannya serat dibagi menjadi 2 yaitu, serat larut air dan serat tidak larut air.

1. Serat tidak larut air

a. Selulosa

Selulosa merupakan serat panjang yang bersama-sama hemiselulosa, pectin dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Pada proses pematangan, penyimpanan atau pengolahan, komponen selulosa akan mengalami perubahan sehingga terjadi perubahan struktur (Winarno, 1997).

b. Hemiselulosa

Secara struktural selulosa, hemiselulosa dan pectin merupakan polimer gula yang berantai lurus maupun bercabang dengan jumlah molekul yang bervariasi (Olson *et al.*, 1987). Hemiselulosa merupakan serat makanan yang terdiri dari xylosa, galaktosa, glukosa dan beberapa senyawa monosakarida lainnya. Fungsi dari hemiselulosa adalah mengurangi waktu transit makanan didalam usus (Wardlaw *et al.*, 2004)

c. Lignin

Lignin merupakan senyawa non karbohidrat (Wardlaw *et al.*, 2004). Pada rumput laut, lignin akan berikatan ester dengan hemiselulosa. Lignin dapat menyebabkan polisakarida lebih sulit difermentasi. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan dan kesatuan fisik antara lignin dengan polisakarida lain dalam komponen pelekter dinding sel (Olson *et al.*, 1987).

2. Serat larut air

a. Pektin

Pektin secara umum terdapat didalam dinding sel primer tanaman khususnya disela-sela antara selulosa dan hemiselulosa. Senyawa-senyawa pektin berfungsi sebagai bahan pelekat antara dinding sel yang satu dengan yang lain (Winarno, 1997). Beberapa diantaranya dapat diubah menjadi asam pektinat yang dapat larut dalam air dan dapat digunakan untuk mengikat cairan dalam pembuatan agar-agar. Pektin yang dipergunakan biasanya berasal dari kulit apel (Piliang dan Djojosoebagio, 1996).

b. Gum

Gum merupakan serat makanan yang tersusun atas rantai galaktosa, asam glukuronat dan beberapa monosakarida. Fungsi dari gum adalah memperlambat penyerapan glukosa dan dapat menurunkan kadar kolesterol darah. Gum dapat ditemukan pada makanan seperti kacang-kacangan, sayur-sayuran dan buah-buahan (Wardlaw *et al.*, 2004).

Rata-rata negara didunia ini menetapkan sebanyak 30 g kebutuhan akan serat setiap harinya (Anonymous 2003^o).

2.3.2 Manfaat dan mekanisme serat makanan dalam pencernaan

Serat merupakan polisakarida yang tidak dapat dicerna, tetapi mempunyai fungsi yang penting bagi kesehatan yaitu mengatur peristaltik usus (memungkinkan terjadinya gerakan usus yang teratur) dan mencegah terjadinya *konstipasi* (sulit buang air besar), karena serat memberi muatan atau pemberat pada sisa-sisa makanan pada bagian usus besar (Suhardjo dan Kusharto, 2000). Meskipun serat makanan tidak mengandung nutrisi penting, tetapi fungsinya sebagai pengatur ekskresi sisa makanan sangatlah

penting. Kekurangan konsumsi serat kasar dapat menyebabkan kelainan dalam tubuh yang sifatnya kronis (Piliang dan Djojosebagio, 1996). Berdasarkan sifat kelarutannya dalam air, serat makanan mempunyai beberapa peranan yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Peranan serat makanan berdasarkan sifat kelarutannya dalam air

Serat tidak larut air	Serat larut air
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Meningkatkan rasa kenyang ➤ Memperpendek waktu transit feses ➤ Menurunkan tekanan intralumen ➤ Sebagai antioksidan ➤ Mengikat asam empedu, kolesterol dan beberapa mineral 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Memperlambat pengosongan lambung ➤ Menahan air, mengikat asam empedu dan kolesterol ➤ Meningkatkan tekanan di dalam kolon ➤ Sebagai materi fermentasi bagi mikroflora kolon

Sumber : Hermana (2001).

Dari penelitian secara klinis didapat bahwa *dietary fiber* sangat efektif dalam menanggulangi gejala penyakit *diverticulitis* (penonjolan bagian luar usus berbentuk bisul yang disertai peradangan dan infeksi). Dengan mengkonsumsi *dietary fiber* yang tinggi, maka feses akan lebih mudah menyerap air, menjadi lebih empuk dan halus dan mudah didorong keluar. Dengan kurangnya konsumsi serat feses menjadi keras, kasar, dan sukar didorong keluar sehingga harus ditekan dengan kuat (Winarno, 1997).

Serat dapat menurunkan kadar kolesterol secara efektif. Karena serat akan mengikat asam empedu yang berguna untuk mengemulsikan lemak dan kolesterol yang terdapat dalam saluran cerna, lalu membawanya keluar tubuh bersama dengan feses. Selanjutnya hati sebagai organ yang memproduksi asam empedu harus mengganti asam empedu yang hilang akibat diikat oleh serat. Untuk membentuk asam empedu, hati memerlukan kolesterol. Kolesterol dalam darah akan disirkulasi ke hati, lalu didalam hati kolesterol diurai menjadi asam empedu. Karena aktivitas serat maka kolesterol dalam darah dapat direduksi (Anonymous, 2003^c). Menurut Olson *et al.*, (1987),

meskipun serat bukan merupakan zat gizi, tetapi mempunyai peranan yang penting dalam kesehatan sehingga harus dikonsumsi setiap hari. Selang konsumsi serat berkisar antara 8 sampai 32 gram per hari. Lebih lanjut Hartono (2000), menyatakan bahwa konsumsi serat hendaknya lebih ditingkatkan hingga 35 g per hari bagi penderita *hiperlipidemia*.

Efek fisiologis serat makanan misalnya pada *bran* gandum diketahui dari hasil penelitian dengan menambahkan 50 g *bran* gandum sereal pada diet normal sehari-hari 9 orang dewasa sehat dan 9 orang pasien penderita *gallstones* sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa keuntungan dari *bran* gandum adalah menurunkan kolestrol, meningkatkan frekuensi dan memudahkan isi perut serta meningkatkan rasa kenyang (Dorian, 2001). Sedangkan menurut Kahlon, *et al* (2001) hasil penelitian dari *bran* pada tikus akan meningkatkan kandungan air feses.

ADA (*American Dietetic Association*), *National Cancer Institute* dan *American Cancer Society* merekomendasikan konsumsi serat makanan untuk orang dewasa antara 25-35 g setiap harinya atau 10 hingga 13 g serat per 1000 kal setiap harinya. Sedangkan kebutuhan serat untuk anak-anak dan remaja, sama dengan umur (dalam tahun) ditambah 5 g serat tiap harinya. Misalnya untuk anak berusia 5 tahun, kebutuhan seratnya adalah 10 g. Pola makan dengan kandungan gizi lengkap dan seimbang pada usia masa kini menjadi sangat penting karena merupakan langkah pencegah akan beragamnya penyakit degeneratif dimasa dewasa atau tua.

2.4 Pencernaan dan penyerapan lemak makanan

Sebagian besar lemak makanan dapat dicerna dan diserap oleh tubuh orang sehat. Lemak yang tidak terserap kurang dari 5 persen dan akan dikeluarkan melalui feses.

Proses pemecahan dan penyerapan komponen yang tidak larut dalam air ini sangat efisien. Hal ini bisa berlangsung dengan adanya lipase pankreas, garam empedu dan adanya gerakan peristaltik usus kecil (Olson *et al.*, 1987).

Dalam duodenum, garam-garam empedu mengemulsikan lemak dan terdispersi menjadi butir-butir kecil dengan penambahan luas permukaan sekitar 10.000 kali. Ini diikuti dengan masuknya lipase. Lipid yang sudah sebagian tercerna terutama dalam bentuk larut air, membentuk misel yang stabil, terutama terdiri dari asam lemak rantai panjang, monogliserida dan asam empedu yang terdispersi ke permukaan sel-sel mukosa dan melepaskan materi untuk diserap (Linder, 1992). Misel adalah suatu agregat yang terbentuk dalam larutan berair oleh suatu substansi yang terdiri dari gugus polar dan nonpolar (Montgomery *et al.*, 1993). Menurut Girindra (1986) triasilgliserol dan kolesterol tidak membentuk misel sendiri tetapi dapat ikut dalam misel karena dapat bergabung dengan misel lipida lain yang polar dan membentuk misel campuran. Lebih lanjut Linder (1992), menyatakan bahwa produk-produk pencernaan yang bersifat polar kemudian terdifusi melalui medium cair. Pada manusia hampir semua trigliserida dipecah menjadi monogliserida. Fosfolipid terhidrolisis secara penuh atau dibiarkan dalam bentuk lysofosfolipid sedangkan kolesterol juga mendapat proses esterifikasi.

Absorpsi produk hidrolisis lipid dari misel campuran ke dalam sel mukosa merupakan proses pasif yang terjadi secara difusi. Fungsi utama dari mukosa usus dalam masalah metabolisme lipid adalah mensintesis kembali asam lemak dan monogliserida yang diserap menjadi trigliserida, karena asam lemak makanan berantai panjang diserap ke dalam tubuh setelah diubah kembali menjadi trigliserida (Montgomery *et al.*, 1993). Setelah masuk kedalam mukosa intestine, trigliserida, fosfolipid dan ester kolesterol

disintesis kembali, dan dibungkus dengan sedikit protein dan kemudian disekresikan dalam bentuk kilomikron (Linder, 1992).

2.5 Penyakit-penyakit akibat kelebihan konsumsi lemak makanan

Menurut Muchtadi (1989), mengkonsumsi lemak secara berlebihan dapat memberikan dampak yang buruk bagi kesehatan, karena tubuh akan mengakumulasi lemak dalam jumlah besar (*hiperlipidemia*). *Hiperlipidemia* adalah suatu istilah yang tidak spesifik, yang menunjukkan adanya kondisi dimana salah satu atau lebih komponen lipid dalam serum terdapat dalam konsentrasi tinggi secara abnormal sehingga dapat menyebabkan beberapa penyakit diantaranya adalah :

2.5.1 Penyakit kantung empedu

Dibawah kondisi abnormal, kolesterol, pigmen cairan empedu dan senyawa lain yang dapat mengendap dalam kantong empedu dan menyebabkan pembentukan batu empedu. Batu tersebut dapat menimbulkan iritasi pada dinding kantong empedu atau menghalangi salurannya yang dikenal dengan penyakit kantung empedu (Muchtadi, 1989). Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya penyakit kantung empedu. Faktor tersebut adalah (1) obesitas; (2) konsumsi lemak yang tinggi; (3) *hiperlipidemia*, khususnya peningkatan kadar trigliserida yang berhubungan dengan asupan lemak dan gula yang tinggi, dan (4) penurunan berat badan secara cepat (Hartono, 2000).

2.5.2 Penyakit jantung koroner (PJK)

Penyakit jantung koroner merupakan penyakit yang insidennya semakin meningkat dalam masyarakat modern dengan adanya perubahan pola makan dan

aktivitas sehari-hari. Perubahan-perubahan yang terjadi pada jantung meliputi perubahan-perubahan degenerasi disamping kapasitas otot jantung juga berkurang, pada pembuluh darah dindingnya menjadi kaku dan menebal (*atherosclerosis*) (Tabrani, 1982). Pembuluh koroner bisa menyempit dan mengeras atau bahkan tersumbat. Penyempitan pembuluh koroner dapat menimbulkan *iskemia* pada jantung (jantung kekurangan oksigen), sedangkan penyumbatan yang total dapat mengakibatkan *infark* (kerak pada jantung) dan kematian otot jantung pada daerah yang luas dan segera mengakibatkan kematian (Hartono, 2000).



3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Bahan

3.1.1 Bahan yang diuji

Bahan yang diuji berupa rumput laut merah dari jenis *Gelidium* spp. dalam bentuk kering, yang diperoleh di Toko Akar Mas, Jl. Kolonel Subgiono no 11 Telp (0341) 364515 Malang. Rumput laut ini berasal dari Nusa Penida, Bali. Rumput laut *Gelidium* spp. ini selanjutnya diproses menjadi agar-agar. Ekstraksi agar-agar tersebut menggunakan garam alkali yang berbeda, yaitu Natrium Hidroksida (NaOH), Kalium Hidroksida (KOH) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂). Bahan yang digunakan untuk ekstraksi agar-agar meliputi aquadest, air, KOH, NaOH, Ca(OH)₂ dan CH₃COOH 0.5%.

3.1.2 Bahan untuk ransum pakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan ransum pakan tikus ini meliputi: protein (kasein) yang diperoleh dari Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta; Lemak (minyak jagung) merk "China corn oil" dari toko Candra Malang, diproduksi PT. Intiboga Sejahtera Jakarta; CMC makanan diperoleh dari Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta; vitamin merk "Superviton" diperoleh dari apotek Sejati, Malang, diproduksi oleh PT. Kimia Farma Bandung; mineral *mix* diperoleh dari Panadia Malang, dan karbohidrat (tepung maizena) diperoleh dari toko Candra Malang, diproduksi oleh Honig Food importir Jakarta. Lemak sapi jenuh sebanyak 20%, yang diperoleh dari Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

3.1.3 Bahan untuk analisis kimia

Bahan untuk analisis kadar lipid serum darah tikus antara lain Good's buffer pH 7.2 dan pH 6.7, 4-Chlorophenol, ATP, Mg^{2+} , Glycerokinase (GK), Peroxidase (POD), Lipoprotein Lipase (LPL), 4-Aminoantipyrine, Glycerol-3-phosphate-oxidase (GPO), Phenol, Cholesterol esterase (CHE) serta Cholesterol oxidase (CHO).

Bahan untuk analisis kadar kolesterol dalam feses meliputi aseton, alkohol, khloroform, asetat anhidrat, asam sulfat dan kolesterol standar. Dan bahan untuk analisis proksimat antara lain petroleum ether, kertas saring, aquades, H_2SO_4 pekat, $K_2S_2O_4$, HgO, indikator metil merah, NaOH, HCl dan larutan K_2S .

3.2 Alat

3.2.1 Alat untuk pembuatan tepung agar-agar

Alat yang digunakan untuk pembuatan tepung Na, K dan Ca agar-agar (*Gelidium* spp.) meliputi timbangan digital "Mettler Toledo" dengan kapasitas maksimum 210 g dan minimum 0,01 g, baskom plastik, blender, beaker glass "Pyrex-Iwaki glass" 1000 ml, erlenmeyer 500 ml merk "Pyrex-Iwaki glass", gelas ukur "Pyrex-Iwaki glass" 500 ml dan 100 ml, spatula, waterbath "Mettler" suhu maksimum 110°C, pH meter, thermometer, kain saring, pengaduk, loyang plastik, loyang aluminium, oven "Binder", dan ayakan.

3.2.2 Alat untuk pembuatan ransum pakan

Alat yang digunakan untuk membuat ransum pakan tikus antara lain timbangan, blender, baskom plastik, cetakan pelet, loyang, alat penggiling daging dan oven.

3.2.3 Alat untuk analisis proksimat

Alat yang digunakan untuk analisis proksimat seperti timbangan analitik, kertas saring, erlenmeyer, gelas piala, gelas ukur, buret, mortar, rangkaian alat destruksi, pipet volume 25 ml, statif, bola hisap, spatula, labu destruksi, labu destilasi, peralatan untuk ekstraksi lemak (*goldfish*), oven dan desikator.

3.2.4 Alat untuk uji (tikus percobaan)

Hewan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus wistar (*Rattus norvegicus*), dimana bersifat omnivora (pemakan segala), mempunyai jaringan yang hampir sama dengan manusia serta kebutuhan zat gizinya serupa dengan manusia. Tikus strain ini pertama kali dikembangkan oleh *Weistar Institut of Biology and Anatomy*, secara luas digunakan untuk penelitian laboratorium. Ukuran tubuhnya lebih kecil daripada tikus Spraque-Dowley dan sangat mudah menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Sifatnya sangat jinak asalkan tidak diganggu (Astuti, 1986).

Tikus putih wistar (*Rattus norvegicus*) yang digunakan berjenis kelamin jantan yang berumur 3 bulan dengan berat 200-250 gram. Tikus ini diperoleh dari Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

3.2.5 Alat pemeliharaan tikus

Alat yang digunakan untuk pemeliharaan tikus terdiri dari kandang tikus berupa box persegi panjang terbuat dari plat tembaga, didalamnya terdapat sekat yang membagi box tersebut menjadi 5 bagian kandang (ukuran per bagian kandang untuk panjang x lebar x tinggi = 12.50 cm x 20.00 cm x 15.00 cm) dengan tutup dibagian atas kandang dan nampan penampung sisa pakan serta feses tikus dibagian bawahnya, juga dilengkapi

peralatan lainnya seperti tempat pakan dan botol minum. Wadah pakan yang digunakan adalah wadah pakan burung dan diletakkan dalam tiap-tiap kandang dengan menggunakan kawat sebagai pengaitnya. Botol minum terbuat dari bahan gelas yang pada bagian mulutnya disumbat karet dilengkapi dengan pipa kaca sebagai sedotan dibagian tengahnya. Setiap box yang didalamnya terbagi menjadi 5 sekat kandang, diletakkan berjajar diatas rak besi bertingkat 4 dimana dalam setiap lorong tingkatan rak terdapat 8 box kandang. Timbangan analitik juga dipakai dalam pemeliharaan tikus percobaan guna mengetahui berat badan tikus, feses dan sisa pakan.

3.2.6 Alat untuk analisis

Alat yang digunakan untuk mengambil serum darah meliputi kapas, tabung *appendorf* dan *haematocrit*. Alat-alat yang digunakan untuk analisis kimia cukup beragam, tergantung jenis analisisnya. Alat yang digunakan untuk analisis kolesterol dalam darah dan trigliserida meliputi tabung reaksi, pipet tetes, *appendorf*, vortex, kuvet, sentrifuge dan spektrofotometer. Alat untuk analisis kadar kolesterol dalam feses meliputi timbangan analitik, water bath, sentrifuge, spektrofotometer, tabung reaksi dan pipet. Alat untuk analisis kekuatan gel agar-agar *Gelidium* spp. Na, K, dan Ca meliputi erlenmeyer 100 ml, thermometer, waterbath, cetakan berdiameter 64 cm, dan *Lloyd instrument*. Alat untuk menganalisis serat makanan pada rumput laut *Gelidium* spp. adalah peralatan untuk ekstraksi lemak (Soxhlet), neraca analitik, erlenmeyer 250 ml, penangas air, pH meter, aluminium foil, dan *cruicible (poresity 2)* yang mengandung 0,5 g *celite* kering.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pada penelitian ini dibuat eksperimen dengan dua faktor perlakuan dan tiga kali ulangan ($n=3$). Faktor perlakuan terdiri dari faktor penggunaan alkali pada proses *alkali treatment* (A) yang terdiri dari NaOH (A_1), KOH (A_2) dan Ca(OH)_2 (A_3), dan faktor konsentrasi pemberian tepung agar-agar *Gelidium* spp. (B) yang terdiri dari konsentrasi 0% (B_0), konsentrasi 7,5% (B_1) dan konsentrasi 12,5% (B_2) yang merupakan % w/w dalam proses pembuatan ransum. Penentuan konsentrasi tepung agar-agar 7,5% dan 12,5% dapat dilihat pada Lampiran 3. Pengamatan dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 12, 15, dan 18, dimana hari digunakan sebagai kelompok pengamatan.

Tikus yang digunakan adalah sama yaitu berasal dari satu populasi (jenis, berat, umur, dan jenis kelamin) dan semua media atau tempat percobaan serta keadaan lingkungan adalah homogen. Berdasarkan perlakuan yang dilakukan maka penelitian ini dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial. Menurut Yitnosumanto (1993), model untuk RAK faktorial adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + \rho_k + (AB)_{ij} + C_{ijk}$$

dimana: Y_{ijk} = nilai pengamatan pada perlakuan ke-i ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

A_i = pengaruh taraf ke-i dari faktor A

B_j = pengaruh taraf ke-j dari faktor B

ρ_k = pengaruh kelompok ke-k

AB_{ij} = pengaruh interaksi taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

C_{ijk} = galat percobaan taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B pada ulangan yang ke-k.

Tabulasi rancangan faktor perlakuan dapat dilihat pada Tabel 6.

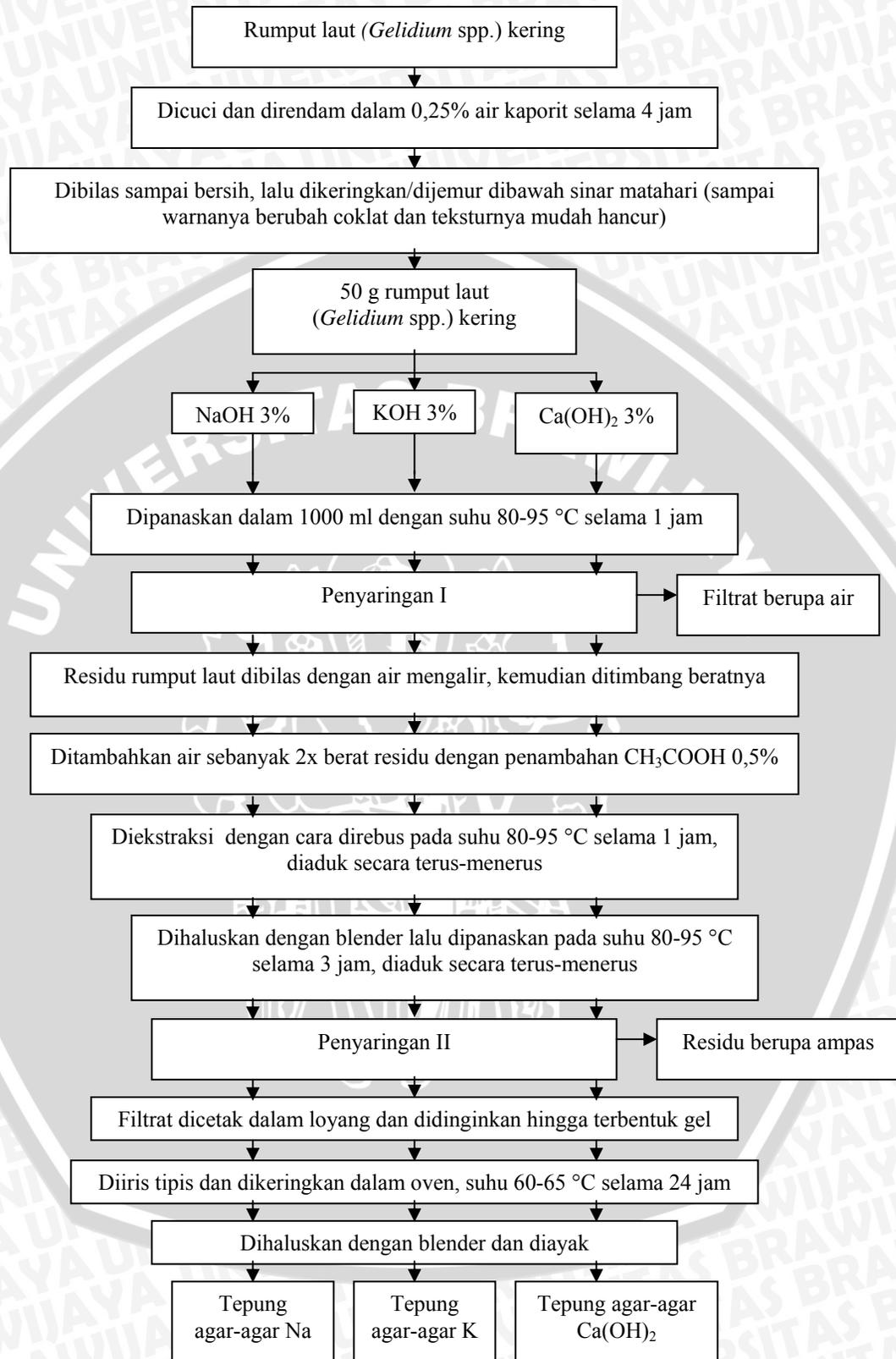
Tabel 6. Tabulasi rancangan faktor perlakuan

Jenis ransum	Konsentrasi	Ulangan	Hari pengamatan						
			0	3	6	9	12	15	18
Agar NaOH	0%	1							
		2							
		3							
	7,5%	1							
		2							
		3							
	12,5%	1							
		2							
		3							
Agar KOH	0%	1							
		2							
		3							
	7,5%	1							
		2							
		3							
	12,5%	1							
		2							
		3							
Agar Ca(OH) ₂	0%	1							
		2							
		3							
	7,5%	1							
		2							
		3							
	12,5%	1							
		2							
		3							

3.3.1 Prosedur penelitian

3.3.1.1 Preparasi bahan uji

Sebelum dilakukan penelitian langkah pertama dalam penelitian ini adalah preparasi bahan uji yaitu dengan mengekstraksi rumput laut *Gelidium* spp. dengan garam alkali yang berbeda (KOH, NaOH dan Ca(OH)₂). Prosedur pembuatan tepung agar-agar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prosedur pembuatan tepung agar-agar Na, K dan Ca (Shanti, 2003 modifikasi)

3.3.1.2 Pembuatan ransum pakan pada tikus percobaan

Pada penelitian ini terdapat 3 macam ransum pakan tikus percobaan, yaitu ransum standar, ransum berkolesterol, dan ransum perlakuan. Komposisi ransum standar yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti ransum *Standart National Research Council* (NRC) (1978). Ransum berkolesterol dibuat dengan menambahkan 20% lemak sapi jenuh kedalam ransum standar. Sedangkan ransum perlakuan terdiri dari ransum standar yang mengandung tepung agar-agar sebagai pengganti CMC (*Carboxyl Methylene Cellulose*) makanan. Komposisi ransum standar, ransum berkolesterol, dan ransum perlakuan tercantum pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi ransum pakan tikus

Bahan	Jenis ransum pakan		
	Ransum standar (%) [*]	Ransum berkolesterol (%) ^{**}	Ransum perlakuan (%)
Kasein	20	20	20
Minyak jagung	5	5	5
CMC makanan	5	5	-
Mineral <i>mix</i> ¹	4	4	4
Vitamin <i>mix</i> ²	1	1	1
Air	5	5	5
Tepung maizena	60	40	(60+5) - x
Lemak sapi jenuh	-	20	-
Tepung agar-agar	-	-	x

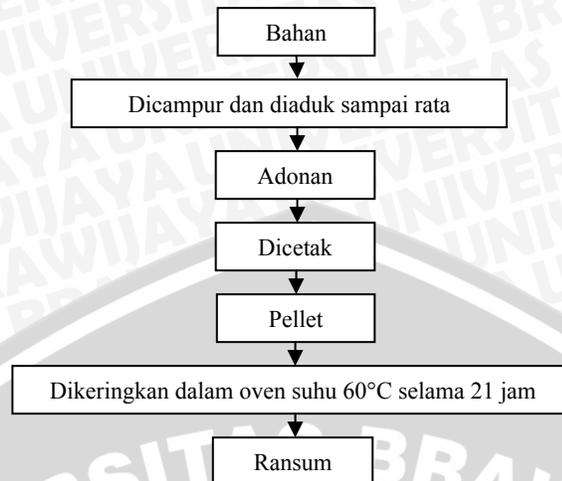
Keterangan: x = % perlakuan (tepung agar-agar dengan konsentrasi 7,5% dan 12,5%)

¹) Lampiran 1, ²) Lampiran 2

^{*}) *National Research Council* (NRC), 1978

^{**}) Muchtadi, 1989

Cara pembuatan ransum pakan adalah dengan mencampur semua bahan dalam satu wadah dan diaduk sampai rata hingga membentuk adonan. Adonan tersebut dicetak dalam bentuk pellet, kemudian dikeringkan dalam oven 60°C selama 21 jam. Ransum yang telah jadi dikemas dalam plastik dan disimpan pada suhu kamar. Secara skematis, prosedur pembuatan ransum pakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Prosedur pembuatan ransum

3.3.1.3 Pemberian makanan dan minuman pada tikus

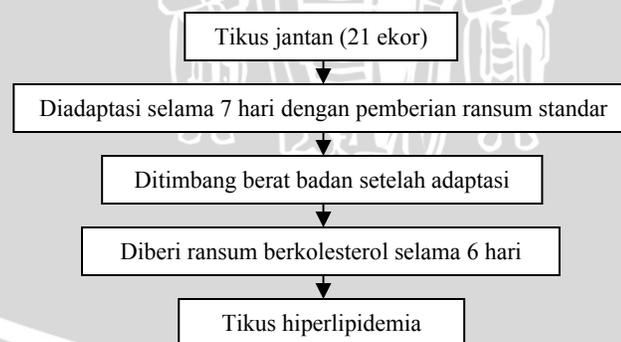
Tikus yang dipelihara pada penelitian ini diberi makan secara *ad libitum* (bebas makan), dengan jumlah yang dikonsumsi ditentukan dari selisih berat pakan awal dengan sisa pakan. Pakan yang diberikan berbentuk pelet berwarna krem kecoklatan yang agak keras, pakan ini diberikan pada tikus 1 kali dalam sehari setiap jam 9 pagi. Saat pemberian pakan, pakan ditimbang terlebih dahulu dengan menggunakan timbangan analitik sebanyak ± 13 g, kemudian pakan dimasukkan dalam wadah pakan yang ada pada setiap kandang. Untuk minum, tidak diberikan takaran akan banyaknya air yang diminum. Air minum diambil langsung dari air kran PDAM yang diisikan ke dalam dot atau botol gelas 100 ml dan diberikan pada tikus, minum ini akan diisi ulang apabila air dalam dot atau botol minum hampir habis.

3.3.1.4 Pembuatan tikus *hiperlipidemia*

Tikus yang digunakan adalah tikus putih jantan berumur 3 bulan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wikanta *et al.*, (2003), tikus terlebih dahulu diadaptasi selama 7 hari dengan lingkungan pemeliharaan dengan cara menempatkan tiap tikus

dalam kandangnya (dikandangan secara individu). Tujuan tikus diadaptasi selama 7 hari adalah untuk penyesuaian dengan lingkungan, mengontrol kesehatan dan berat badannya serta menyeragamkan makanannya. Sedangkan tujuan tikus dikandangan secara individu adalah agar tikus tidak terpengaruh/terganggu dengan tikus yang lain dan agar lebih mudah untuk mengontrol kebutuhan ransum pakan dan air minum serta jumlah feses yang dihasilkan. Kemudian tikus diberi makan ransum standar dan minum secara *ad libitum* dan jumlah yang dikonsumsi ditentukan dari selisih berat pakan awal dengan sisa pakan. Pemberian ransum setiap harinya sebesar ± 13 g tiap ekor tikus.

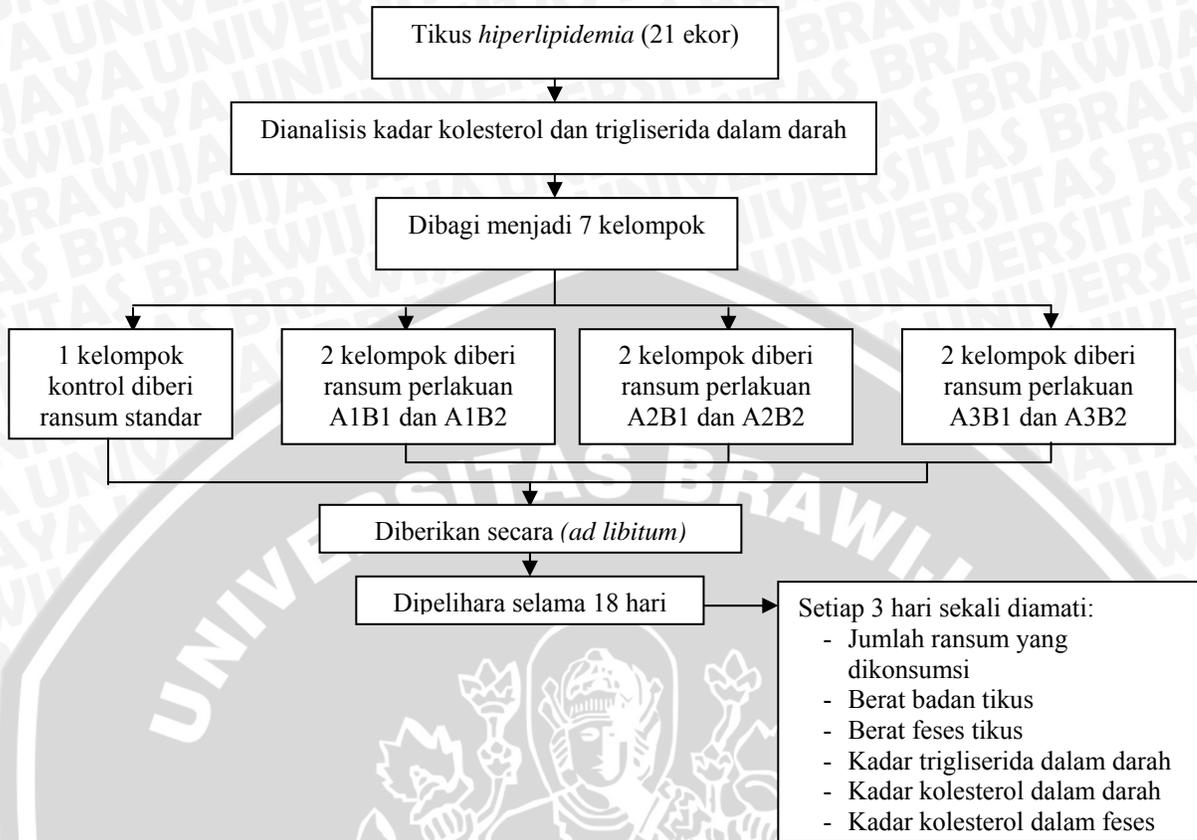
Setelah masa adaptasi selesai maka kadar lipid dinaikkan dengan mengganti ransum standar dengan ransum berkolesterol selama 6 hari secara *ad libitum*. Kondisi *hiperlipidemia* (untuk manusia batasan *hiperlipidemia* adalah >200 mg/dl) dicapai pada hari ke-6 setelah tikus mengkonsumsi ransum yang mengandung lemak sapi jenuh 20% sebesar 204,91 mg/dl (Susanti, 2004). Setelah kondisi hiperlipidemia tercapai, pemberian ransum berkolesterol dihentikan. Pembuatan tikus hiperlipidemia dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pembuatan tikus hiperlipidemia

3.3.1.5 Pelaksanaan perlakuan/percobaan

Secara garis besar pelaksanaan perlakuan/percobaan dapat dilihat di Gambar 5.



Gambar 5. Pelaksanaan perlakuan

Setelah kondisi *hiperlipidemia* tercapai, tikus diambil secara acak dan dibagi menjadi 4 kelompok dimana kelompok pertama merupakan kelompok kontrol (0%) yaitu tikus yang diberi ransum standar; kelompok kedua yaitu tikus yang diberi ransum perlakuan dengan konsumsi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH 7,5% dan 12,5%; kelompok ketiga yaitu tikus yang diberi ransum perlakuan dengan konsumsi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH 7,5% dan 12,5%; kelompok empat yaitu tikus yang diberi ransum perlakuan dengan konsumsi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan Ca(OH)₂ 7,5% dan 12,5%. Pemberian ransum secara (*ad libitum*). Kemudian tikus dipelihara selama 18 hari dan dilakukan pengamatan tiap 3 hari sekali yang meliputi pengamatan berat badan tikus, kadar trigliserida dalam darah, kadar kolesterol dalam darah, kadar kolesterol dalam feses, sedangkan untuk pengamatan berat feses

tikus dan jumlah ransum yang dikonsumsi oleh tikus dilakukan pengamatan setiap hari kemudian direrata per 3 hari sekali.

Untuk pengamatan kadar trigliserida dan kadar kolesterol dalam darah, setiap 3 hari sekali tikus diambil darah untuk dianalisis. Sebelum diambil darahnya, tikus dipuasakan terlebih dahulu selama ± 12 jam. Tujuan dari perlakuan ini adalah agar darah yang dianalisis benar-benar merupakan darah murni (tidak terpengaruh oleh lemak yang terkandung dalam makanan). Pengambilan darah dilakukan melalui *sinus orbitalis* (terletak di organ mata) sebanyak 1 ml dengan menggunakan *haematocrit* dan dimasukkan pada tabung *appendorf*. Menurut Smith dan Mangkoewidjojo (1988), keuntungan dari pengambilan darah melalui *sinus orbitalis* adalah volume darah dapat diperoleh dalam jumlah yang banyak, tidak memerlukan anestesi (zat pembius), darah lebih bersih, dan tidak perlu membunuh tikus. Serum darah kemudian disentrifuge dengan kecepatan 4000 rpm (hingga terbentuk 2 lapisan). Lapisan atas yang berwarna jernih kekuningan adalah serum yang kemudian diambil dengan pipet dan dimasukkan kedalam *appendorf* lalu dianalisis kadar kolesterol dan trigliseridanya.

3.4 Parameter uji

Parameter uji yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisa kadar proksimat (kadar air, protein, lemak, abu dan karbohidrat *by difference*) untuk ransum standar dengan CMC 5%, ransum perlakuan, dan tepung agar-agar; analisis kadar trigliserida; kolesterol dalam darah; kolesterol pada feses; kadar serat makanan secara enzimatis; kekuatan gel rumput laut *Gelidium* spp.; jumlah ransum yang dikonsumsi, berat badan tikus; berat badan tikus; dan berat feses tikus.

3.4.1 Prosedur Parameter Uji

3.4.1.1 Kadar trigliserida (Rifal, 1999)

Tujuannya yaitu untuk mengetahui kadar trigliserida dalam darah tikus setelah pemberian ransum berkolesterol dan ransum perlakuan. Prinsip analisis trigliserida darah ini adalah dengan mencampurkan serum dengan larutan pereaksi dan diinkubasi pada suhu 20-25°C selama 20 menit atau suhu 37°C selama 10 menit dan diabsorbansi dengan trigliserida kit panjang gelombang 500 nm.

Metode yang digunakan adalah *Enzymatic Colorimetric Test* gliserol-3-fosfat-oksidadase (GPO) menggunakan *Triglycerides kit* merek dagang *Diasys produksi Diasys Diagnostic System Gmbil & Co. KG* Jerman. Prinsip dari metode ini adalah menentukan trigliserida setelah dipisahkan secara enzimatik dengan lipoprotein lipase. Indikatornya adalah dengan adanya quinoneimine yang dihasilkan dari 4-aminoantipirine dan 4-klorofenol oleh hidrogen peroksida dibawah pengaruh katalitik dibawah peroksida dihidrolisis secara enzimatik oleh enzim lipase khusus menjadi gliserol dan asam lemak. Gliserol kemudian bereaksi lebih lanjut menurut skema berikut:



Sampel yang digunakan adalah serum. Kestabilan trigliserida dapat disimpan pada suhu (2-8)°C selama 3 hari. Reagen yang digunakan meliputi Good's buffer pH 7.2, 4-klorofenol, ATP, Mg⁺, Gliserokinase (GK), Peroksidase (POD), Lipoprotein lipase (LPL) 4-Aminoantipirine, Gliserol-3-fosfat-oksidadase (GPO). Larutan sampel dan larutan standar dibuat dengan cara mencampurkan 10 µl serum dengan 1000 µl larutan

pereaksi dan diinkubasi pada suhu (20-25)^oC selama 20 menit atau 10 menit pada suhu 37^oC. Absorbansi sampel (As) dan standar (Ast) diukur dengan spektrofotometer panjang gelombang 500 nm.

Konsentrasi trigliserida dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi trigliserida} = \frac{\Delta A \text{ sampel}}{\Delta A \text{ standar/Kal}} \times \text{Kons. Standar mg/dl}$$

ΔA : Absorbansi

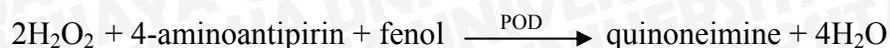
Standar : 200 mg/dl (2.3 mmol/l)

Faktor konversi : Trigliserida (mg/dl) x 0.01126 = Trigliserida (mmol/l)

Untuk hasil analisis kadar trigliserida dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 21.

3.4.1.2 Kadar kolesterol dalam darah (Rifal, 1999)

Tujuannya yaitu untuk mengetahui kadar kolesterol dalam darah tikus setelah pemberian ransum berkolesterol dan ransum perlakuan. Metode yang digunakan adalah *Enzymatic Colorimetric Test* CHOD-PAP menggunakan kolesterol kit dengan merek dagang *Diasys produksi Dyasys Diagnostic Systems GmbH & Co. KG* Jerman. Prinsip dari metode ini adalah dengan menentukan kolesterol setelah dihidrolisis enzimatik dan dioksidasi. Sebagai indikatornya adalah dengan terbentuknya aguinoneimine dari reaksi 4-aminoantipirin dan fenol oleh hidrogen peroksida dibawah pengaruh katalis peroksidase. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reagen pereaksi yang digunakan meliputi GOD'S buffer pH 6.7, Fenol, 4-aminoantipirin. Kolesterol esterase (CHE), Kolesterol oksidase (CHO), dan peroksidase

(POD). Larutan sampel dan larutan standar dibuat dengan cara mencampurkan 10 µl serum darah dengan 1000 µl larutan pereaksi sedangkan larutan blanko (B) digunakan 1000 µl dan diinkubasi pada suhu (20-25)°C selama 20 menit atau 10 menit pada suhu 37°C. Absorbansinya diukur pada spektrofotometer panjang gelombang 500 nm dengan larutan blanko sebagai titik nolnya. Kadar kolesterol total dapat dihitung dengan rumus (dengan kalibrasi standar) sebagai berikut:

$$\frac{\Delta A \text{ sampel}}{\Delta A \text{ standar/Kal}} \times \text{Kons. Standar/Kal (mg/dl)}$$

Δ A : Absorbansi

Standar : 200 mg/dl (5.20 mmol/l)

Faktor kalibrasi : Kolesterol (mg/dl) x 0.02586 = Kolesterol (mmol/l)

Untuk hasil analisis kadar kolesterol dalam darah dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 18.

3.4.1.3 Kadar kolesterol dalam feses (Tranggono, 1992)

Tujuannya yaitu untuk mengetahui kadar kolesterol dalam feses tikus, karena lipid yang tidak terserap tubuh akan dibuang bersama dengan feses. Metode yang digunakan dalam penentuan kadar kolesterol dalam feses adalah metode *Libermann-Burchard*. Prinsip dari metode ini adalah dengan menentukan kadar kolesterol setelah diekstraksi. Kemudian kolesterol bereaksi dengan campuran asetat anhidrat dan asam sulfat sehingga memberikan perubahan warna dari merah menjadi hijau kebiruan (Tarigan, 1983). Adapun prosedur analisis kolesterol dalam feses menurut Tranggono (1992), adalah sebagai berikut :

- Timbang 1 g feses atau digesta. Tambahkan 10 ml aseto-alkohol (1:1)

- Panaskan dalam air mendidih sambil digoyang, sampai mendidih.
- Dinginkan pada suhu kamar
- Larutan disaring, dan filtratnya disentrifuge pada 2500 rpm, selama 15 menit
- Diuapkan dalam water bath pada suhu 100°C sampai kering, kemudian didinginkan
- Larutkan dalam 3 ml asetat anhidrat-asam sulfat (30:1), dihomogenkan
- Tempatkan diruang gelap selama 5 menit, sehingga larutan berwarna hijau kebiruan. Buat pula larutan blanko. Diabsorbansi pada λ 680 nm.

Untuk hasil analisis kadar kolesterol dalam feses dapat dilihat dengan jelas pada

Tabel 24.

3.4.1.4 Kadar air metode thermogravimetri (Sudarmadji *et al.*, 1997)

Metode yang digunakan untuk penentuan kadar air adalah metode *Thermogravimetri*. Tujuan dari pengujian kadar air adalah untuk mengetahui kadar air bebas yang terdapat dalam tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dan ransum pakan tikus.

Prinsip dari metode ini adalah sampel dipanaskan pada suhu (100-105)°C sampai diperoleh berat yang konstan. Pada suhu ini semua air bebas (yang tidak terikat pada zat lain) dapat dengan mudah diuapkan, tetapi tidak demikian halnya dengan air terikat.

Menurut Sudarmadji *et al.*, (1997) penentuan kadar air dengan menggunakan metode *Thermogravimetri* adalah sebagai berikut :

- Timbang sampel yang berupa serbuk sebanyak 2 gram dalam botol timbang yang telah diketahui beratnya. Kemudian keringkan dalam oven pada suhu (100-105)°C selama semalam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya.

- Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan, dengan perhitungan:

$$\text{Wet bases (wb)} = \frac{(\text{berat botol timbang} + \text{berat sampel}) - \text{berat akhir}}{\text{berat sampel awal}} \times 100 \%$$

$$\text{Dry bases (db)} = \frac{(\text{berat botol timbang} + \text{berat sampel}) - \text{berat akhir}}{\text{berat akhir} - \text{berat botol timbang}} \times 100 \%$$

Untuk hasil analisis kadar air dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 8 dan Tabel 10.

3.4.1.5 Kadar protein metode *kjeldahl* (Sudarmadji *et al.*, 1997)

Metode yang digunakan untuk penentuan kadar protein adalah metode makro *Kjeldahl*. Tujuan dari pengujian kadar protein adalah untuk mengetahui jumlah kandungan protein dalam tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dan ransum pakan tikus.

Prinsip dari metode ini adalah penentuan protein berdasarkan oksidasi bahan-bahan berkarbon dan konversi nitrogen menjadi amonia. Selanjutnya amonia bereaksi dengan kelebihan asam membentuk amonium sulfat. Larutan dibuat menjadi basa, dan amonia diuapkan untuk kemudian diserap dalam larutan asam borat. Nitrogen yang terkandung dalam larutan dapat ditentukan jumlahnya dengan titrasi menggunakan HCL 0,02 N (Apriyantono *et al.*, 1989). Menurut Sudarmadji *et al.*, (1997) penentuan kadar protein dengan menggunakan metode makro *Kjeldahl* adalah sebagai berikut :

- Timbang 1 g bahan dan masukkan dalam labu Kjeldahl. Kemudian tambahkan 7,5 g $K_2S_2O_4$, 0,35 g HgO dan 15 ml H_2SO_4 pekat. Panaskan semua bahan dalam labu Kjeldahl dalam lemari asam sampai mendidih dan cairan jernih. Teruskan pemanasan tambahan kurang lebih 1 jam. Matikan api pemanas dan biarkan menjadi dingin. Kemudian tambahkan 100 ml aquades dalam labu Kjeldahl dan

beberapa lempeng Zn, juga ditambahkan 15 ml larutan K_2S 4% dan akhirnya tambahkan perlahan-lahan larutan $NaOH$ 50% sebanyak 50 ml. Pasanglah labu Kjeldahl dengan segera pada alat destilasi.

- Panaskan labu Kjeldahl perlahan-lahan sampai dua lapisan cairan tercampur, kemudian panaskan dengan cepat sampai mendidih.
- Destilat ini ditampung dalam erlenmeyer yang telah diisi dengan 50 ml larutan standar HCl 0,1 N dan 5 tetes indikator metil merah. Lakukan destilasi sampai destilat yang tertampung sebanyak 75 ml.
- Titrasi destilat yang diperoleh dengan standar $NaOH$ (0,1 N) sampai warna kuning.
- Buatlah juga larutan blanko dengan mengganti bahan dengan aquades, lakukan destruksi, destilasi dan titrasi seperti sampel.
- Perhitungan :

$$\% \text{ kadar N} = \frac{(\text{ml NaOH blanko} - \text{ml NaOH sampel}) \times N \text{ HCL} \times 14 \times 6,25}{\text{gram sampel} \times 1000} \times 100\%$$

Untuk hasil analisis kadar protein dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 8 dan Tabel 10.

3.4.1.6 Kadar lemak metode *goldfish* (Sudarmadji *et al.*, 1997)

Prinsip dari analisis kadar lemak adalah untuk mengetahui kandungan lemak atau minyak suatu sampel dengan cara mengekstraksi dengan pelarut organik non polar seperti petroleum ether (PE) dan pelarut polar seperti metanol. Lemak yang dipisahkan dapat diketahui beratnya setelah pelarut diuapkan atau tidak secara langsung dengan menimbang sisa sampel yang tidak terekstraksi. Tujuan dari analisis kadar lemak adalah

menentukan kadar lemak yang terdapat dalam ransum yang diberikan dan tepung agar-agar (*Gelidium spp.*)

Prosedur kerja analisis kadar lemak adalah sebagai berikut sampel kering sebanyak 5 gram dibungkus dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya dan dimasukkan dalam thimble lalu dipasang pada gelas penyangga yang berada tepat dibawah kondensor alat destilasi *Goldfish*. Selanjutnya petroleum ether sebagai pelarut dimasukkan dalam gelas piala dan dipasang pada kondensor kemudian air pendingin pada kondensor dialirkan. Diekstraksi selama 3-4 jam. Setelah ekstraksi selesai, sampel dalam thimble diambil dan dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu 100°C sampai konstan. Berat residu (hasil ekstraksi) dalam botol timbang dinyatakan sebagai berat lemak. Perhitungan kadar lemak sebagai berikut :

$$\% \text{ kadar lemak} = \frac{(\text{berat sampel} + \text{berat kertas saring}) - \text{berat akhir}}{\text{berat sampel awal}} \times 100 \%$$

Untuk hasil analisis kadar lemak dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 8 dan Tabel 10.

3.4.1.7 Kadar abu (Sudarmadji *et al.*, 1997)

Metode yang digunakan untuk penentuan kadar abu adalah metode pemanasan (pengeringan secara langsung). Tujuan analisa kadar abu adalah untuk menentukan baik tidaknya suatu pengolahan dan sebagai parameter nilai gizi dari tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dan ransum pakan tikus (mengetahui kandungan mineral). Prinsip dari metode ini adalah sampel dipanaskan pada suhu 650°C, maka akan terjadi abu yang berwarna putih (Murachman *et al.*, 1983). Menurut Sudarmadji *et al.*, (1997) penentuan kadar abu dengan menggunakan metode pemanasan adalah sebagai berikut :

Ditimbang 2 g sampel dalam kurs porselen yang telah kering dan telah diketahui beratnya, kemudian dipijarkan dalam muffle sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan dengan suhu (550-660)^oC. Kurs yang berisi abu dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang kadar abu setelah dingin. Perhitungan kadar abu sebagai berikut :

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{berat akhir} - \text{berat kurs porselen}}{\text{berat sampel kering (gram)}} \times 100 \%$$

Untuk hasil analisis kadar abu dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 8 dan Tabel 10.

3.4.1.8 Kadar karbohidrat metode hidrolisis asam secara langsung (Sudarmadji *et al.*, 1997)

Tujuannya yaitu untuk mengetahui jumlah kandungan karbohidrat dalam tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dan ransum pakan tikus. Menurut Sudarmadji *et al.*, (1997), metode yang digunakan untuk analisis kadar karbohidrat adalah metode hidrolisis asam secara langsung. Prinsip dari metode ini adalah menentukan kadar pati dengan menghidrolisis pati dengan asam atau enzim sehingga diperoleh gula reduksi. Kemudian hasil hidrolisis pati tersebut dihitung dengan cara jumlah pati dikalikan dengan faktor konversi sebesar 0,90. Prosedur analisis kadar karbohidrat adalah sebagai berikut :

- Timbang 2 g contoh, tambahkan 50 ml aquades dan aduk selama 1 jam. Suspensi disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquades sampai volume filtrat 250 ml. Filtrat ini mengandung karbohidrat yang terlarut dan dibuang.
- Untuk bahan yang mengandung lemak, maka pati yang terdapat sebagai residu pada kertas saring dicuci 5x dengan 10 ml ether. Biarkan ether menguap dari residu, kemudian dicuci lagi dengan 150 ml alkohol 10% untuk membebaskan lebih lanjut karbohidrat yang terlarut.

- Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring kedalam erlenmeyer dengan pencucian 200 ml aquades dan tambahkan 20 ml HCl \pm 25%. Tutup dengan pendingin balik, panaskan diatas penangas air mendidih selama 2,5 jam.
- Setelah dingin dinetralkan dengan larutan NaOH 45% dan diencerkan sampai volume 500 ml, kemudian ditentukan kadar gula yang dinyatakan sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh. Kemudian berat glukosa dikalikan 0,9 yang hasilnya merupakan berat pati.

Untuk hasil analisis kadar karbohidrat dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 8 dan Tabel 10.

3.4.1.9 Kadar serat makanan secara enzimatis (Sulaeman *et al.*, 1993)

Tujuan dari analisis serat adalah untuk dapat mengetahui kandungan serat yang terdapat dalam rumput laut *Gelidium* spp. dan tepung agar-agar *Gelidium* spp., baik serat yang larut air maupun serat yang tidak larut air. Sampel basah dihomogenisasi dengan menggunakan gilingan dan disaring dengan ukuran 0,30 mm. Selanjutnya diekstraksi lemaknya dengan menggunakan petroleum eter pada suhu kamar selama 15 menit sebanyak 40 ml petroleum eter per gram sampel. Sebanyak 1 gram sampel ditimbang dan dimasukkan dalam erlenmeyer lalu tambahkan 25 ml 0,1 M buffer natrium fosfat pH 6 kemudian diaduk. Buffer ini ditambahkan dengan tujuan untuk menstabilkan enzim termamyl. Ditambahkan 0,1 ml enzim termamyl. Erlenmeyer selanjutnya ditutup dengan alumunium foil dan diinkubasi dalam penangas air pada suhu 100°C selama 15 menit dengan tujuan untuk menghidrolisa pati dengan mengelatinisasikan terlebih dahulu. Sampel diangkat dan didinginkan, setelah itu ditambahkan 20 ml air destilat kemudian diatur pH menjadi 1,5 menggunakan HCl 4 N agar aktivitas enzim pepsin menjadi

maksimum. Ditambahkan 100 mg pepsin, erlenmeyer ditutup dan diinkubasi dalam penangas air bergoyang pada suhu 42°C selama 60 menit. Ditambahkan 20 ml air destilat dan atur pH menjadi 6,8 dengan menggunakan NaOH untuk mendapatkan aktivitas maksimum dari enzim pankreatin, erlenmeyer kembali ditutup dan diinkubasi dalam penangas air bergoyang pada suhu 40°C selama 60 menit pH diatur 4,5 menggunakan HCl. Selanjutnya disaring menggunakan *crucible* kering (porositas 2) yang telah diketahui beratnya dan mengandung 0,5 g *celite* kering. Terakhir dicuci dengan 2x 10 ml air destilat.

1. *Insoluble Dietary Fiber* (IDF)

Setelah itu dilakukan pencucian dengan 2 x 10 ml etanol 95% dan 2 x 10 ml aseton. Dikeringkan pada suhu 105°C sampai mencapai berat konstant selama semalam. Ditimbang setelah didinginkan dalam desikator (D1). Pengabuan pada suhu 550°C minimal selama 5 jam. Ditimbang setelah didinginkan dalam desikator (I1)

2. *Soluble Dietary Fiber* (SDF)

Volume filtrat diatur menjadi 100 ml dengan air destilat kemudian ditambahkan 400 ml etanol 95% (60°C). Biarkan mengendap selama 1 jam. Disaring menggunakan *crucible* kering (porositas 2) yang telah diketahui beratnya dan mengandung 0,5 g *celite*, dicuci dengan 2 x 10 ml etanol 78%, 2 x 10 ml aseton. Dikeringkan pada suhu 105°C selama semalam. Timbang setelah didinginkan dalam desikator (D2). Pengabuan dalam tanur pada suhu 550°C selama 5 jam. Ditimbang setelah didinginkan dalam desikator (I2). Blanko untuk serat yang tidak larut dan yang larut diperoleh dengan cara seperti pada prosedur untuk sampel tetapi tanpa sampel (B1 dan B2). Nilai blanko sewaktu-waktu harus dicek bila menggunakan enzim dari *batch* yang berbeda.

Perhitungan :

$$\% \text{ IDF} = (D1-I1-B1)/W \times 100\%$$

$$\% \text{ SDF} = (D2-I2-B2)/W \times 100\%$$

$$\% \text{ TDF (Total Dietary Fiber)} = \% \text{ SDF} + \% \text{ IDF}$$

Keterangan : W = berat sampel (g)

B = berat blanko bebas abu (g)

D = berat setelah pengeringan (g)

I = berat setelah pengabuan (g)

Untuk hasil analisis kadar serat makanan secara enzimatik dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 9.

3.4.1.10 Kekuatan gel

Tujuan dari analisis kekuatan gel adalah untuk mengetahui besarnya kekuatan gel pada tepung agar-agar *Gelidium* spp. Tepung agar-agar sebanyak 0,8 g, KCl 0,08 g didispersikan ke dalam 39 ml aquades dan dipanaskan dalam waterbath dengan pengadukan secara teratur sampai suhu 80°C, kemudian volume larutan ditetapkan menjadi 50 ml dengan menambahkan aquades. Selama larutan masih panas, dimasukkan ke dalam cetakan yang berdiameter 64 cm dan dibiarkan pada suhu 108°C selama 2 jam. Gel yang berbentuk dalam cetakan dikeluarkan dan siap untuk diukur gelnya dengan *Lloyd instrument*.

Cara kerjanya *Lloyd instrument* adalah sebagai berikut : jarum *Lloyd instrument* dipasang kemudian sampel diletakkan pada dasar *Lloyd instrument* (tempat sampel), jarum *Lloyd instrument* dinolkan dan waktu untuk mengukur ditentukan selama 10 detik lalu tekan tombol *Lloyd instrument* siap bekerja. Satuan dari hasil analisis kekuatan gel menggunakan *Lloyd instrument* adalah Newton (N).

Untuk hasil analisis kekuatan gel dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 11.

3.4.1.11 Jumlah ransum yang dikonsumsi, berat badan tikus dan jumlah feses tikus

Tujuannya yaitu untuk mengetahui jumlah ransum yang dikonsumsi oleh tikus setiap harinya, untuk mengetahui penambahan ataupun penurunan berat badan tikus selama perlakuan dan juga untuk mengetahui jumlah feses yang dikeluarkan oleh tikus setiap harinya. Prinsip pemberian ransum pakan adalah berdasarkan persentase berat badan tikus. Menurut Wasito (1992), konsumsi pakan untuk tikus adalah 5% dari berat badan tikus. Ransum pakan diberikan pada tikus secara *ad libitum*. Jumlah ransum yang dikonsumsi dapat diketahui dengan menghitung selisih ransum yang diberikan dengan sisa ransum yang dimakan oleh tikus. Untuk berat badan tikus dapat diketahui dengan menimbang tikus dengan menggunakan timbangan analitik. Menimbang tikus, prinsipnya adalah tikus dipegang pada bagian dada, telunjuk dan ibu jari diletakkan dibawah rahang, dimasukkan ke dalam timbangan dan dicatat beratnya. Berat badan tikus dihitung tiap 3 hari sekali. Penimbangan feses dilakukan setiap hari. Jumlah feses yang dicantumkan merupakan feses dalam berat kering, dimana feses yang ditimbang sebelumnya telah dikeringkan dibawah sinar matahari selama setengah hari dan untuk penimbangan tikus dilakukan setiap 3 hari sekali dengan menggunakan timbangan analitik sebelum tikus diberi makan. Untuk hasil analisis jumlah ransum yang dikonsumsi tikus, berat badan tikus dan jumlah feses tikus secara berurutan dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 12, Tabel 14 dan Tabel 16.

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dan dianalisis lebih lanjut dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur),

dan uji T-Dunnet yang bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang terjadi diantara faktor perlakuan yang digunakan beserta interaksinya.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposisi gizi

4.1.1 Tepung agar-agar *Gelidium* spp.

Tepung agar-agar adalah produk berupa tepung yang diperoleh dari ekstraksi rumput laut (ganggang *agarophyte*) dengan atau tanpa bahan tambahan yang diijinkan dan bersifat koloid bila dilarutkan dalam air panas (SNI, 1995). Hasil analisis komposisi gizi yang meliputi analisis kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan karbohidrat yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Komposisi gizi tepung agar-agar *Gelidium* spp.

Parameter Uji	Kadar proksimat tepung agar-agar (%)			
	Ekstraksi dengan NaOH	Ekstraksi dengan KOH	Ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Agar-agar*
Protein	1,82±0,12	2,20±0,22	3,15±0,23	2,3-5,9
Lemak	0,14±0,01	0,20±0,02	0,17±0,01	0,3-0,5
Air	11,61±0,69	11,95±0,72	8,29±0,42	16-20
Abu	21,24±1,53	19,77±1,15	22,16±1,65	3,4-3,6
Karbohidrat	65,19±4,25	65,88±4,42	66,23±4,79	67,8-76,1

Keterangan : * Winarno (1996)

Pada penelitian ini dilakukan analisis proksimat dari tepung agar-agar untuk mengetahui standart mutu (kualitas) tepung agar-agar yang diberikan sebagai serat makanan alami penurun kolesterol. Hasil analisis proksimat yang diperoleh, didapatkan bahwa tepung agar-agar yang digunakan sebagai bahan tambahan makanan, berada dalam kisaran yang sesuai dengan SNI agar-agar, kecuali kadar abu. Kadar abu dalam tepung agar-agar dari *Gelidium* spp. sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya perlakuan alkali (*alkali treatment*) pada ekstraksi agar-agar dengan menambahkan suatu alkali (basa) berikut : NaOH, KOH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang bersifat teknis. Bahan kimia yang bersifat teknis memiliki kandungan mineral yang lebih tinggi dibandingkan bahan kimia

yang bersifat pro analisis. Peningkatan kadar abu ini selain disebabkan dari bahan kimia yang digunakan juga berasal dari rumput laut, dimana rumput laut tersebut masih mengandung kotoran, seperti garam, pasir, karang, dan benda-benda asing lainnya yang tersangkut dalam rumput laut. Menurut Sudarmadji *et al.*, (1984) kadar abu suatu bahan berhubungan dengan kandungan mineral dari suatu bahan tersebut.

Berdasarkan hasil analisis proksimat, juga diketahui bahwa tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) yang diekstraksi dengan NaOH, KOH, dan Ca(OH)₂ sebagian besar tersusun dari karbohidrat (65,19%, 65,88%, dan 66,23%). Karbohidrat merupakan salah satu sumber bahan pangan yang banyak mengandung polisakarida. Polisakarida adalah serat tanaman yang mengandung berbagai serat, salah satunya yaitu pektin yang merupakan serat larut (*soluble fiber*). Pektin merupakan kompleks polimer yang berasal dari dinding sel dan bagian-bagian berserat dalam buah-buahan, sayuran dan tanaman lainnya yang mampu menurunkan kadar kolesterol (Pilliang dan Djojosoebago, 1996).

Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis serat makanan (*Dietary Fiber*) dari rumput laut *Gelidium* spp. dan tepung agar-agar Na, K dan Ca sebagai serat alami yang akan diberikan. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil analisa total serat makanan yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kadar serat makanan *Gelidium* spp. dan tepung agar-agar

Bahan	Kadar serat makanan (%)		
	Tidak larut	Larut	Total
<i>Gelidium</i> spp.	31,0387±2,18	37,5252±2,36	68,5639±4,54
Tepung agar-agar Ca	29,3521±1,78	35,4242±2,86	64,7762±4,64
Tepung agar-agar Na	16,8662±0,98	40,38835±4,03	57,2546±5,01
Tepung agar-agar K	11,6445±0,85	58,004±5,76	69,6485±6,61

Ket : n = 2 ulangan

Berdasarkan hasil analisis serat makanan total, didapatkan rata-rata kadar serat makanan total tepung agar-agar tertinggi pada tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan

KOH sebesar 69,6485%. Dari berbagai hasil penelitian, yang pernah dilakukan bahwa makanan yang mengandung serat tinggi terdapat pada buah-buahan dan sayuran dengan nilai serat total sebesar 3,16%. Dedak padi yang telah distabilisasi mempunyai kandungan serat sebesar 33,00-40,00% (Khomsan,2001), sehingga tepung agar-agar yang memiliki kandungan serat makanan total sebesar 57,2546-69,6485% dikategorikan sebagai produk yang mengandung serat makanan sangat tinggi.

Tepung agar-agar yang komposisinya sebagian besar tersusun dari karbohidrat (67,85-76,15%) merupakan salah satu sumber bahan pangan yang banyak mengandung senyawa polisakarida (Winarno, 1996). Dalam hal ini polisakarida merupakan serat tanaman yang mengandung berbagai serat diantaranya pektin dan hemiselulosa. Pektin (serat larut) merupakan kompleks polimer berasal dari dinding sel dan bagian-bagian berserat dalam buah-buahan, sayuran, dan tanaman lainnya. Mampu menurunkan kadar kolesterol (Pilliang dan Djojoseobagyo,1996). Dengan demikian, banyak polisakarida yang terdapat dalam tepung agar-agar menyebabkan semakin tingginya kadar serat makanan yang terkandung didalamnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahayu (1998), menunjukkan bahwa serat makanan dalam sayuran yang dimasak atau diolah akan meningkat bila dibandingkan dengan sayuran mentah, begitu pula pada tepung agar-agar dari rumput laut laut *Gelidium* spp. memiliki kandungan serat yang lebih besar dibandingkan dengan rumput laut mentah. Kadar serat makanan total rumput laut *Gelidium* spp. sebesar 68,5639 %.

4.1.2 Ransum pakan

Disamping analisis proksimat terhadap tepung agar-agar NaOH, KOH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, juga dilakukan analisis proksimat pada ransum pakan tikus, baik itu ransum

standar, ransum berkolesterol dan ransum perlakuan. Tujuannya adalah untuk mengetahui jumlah komposisi gizi yang terdapat dalam setiap ransum pakan yang berfungsi sebagai zat nutrisi (protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral) dan juga untuk menunjang percepatan proses penurunan kadar lipid darah dalam kondisi berlebih. Hasil analisis proksimat ransum pakan tikus dapat dilihat dalam Tabel 10.

Tabel 10. Komposisi gizi ransum standar, berkolesterol dan perlakuan (%)

Parameter Uji	Jenis Ransum				
	Standar (%)	Kolesterol (%)	Perlakuan (%)		
			Penambahan tepung agar-agar Na	Penambahan tepung agar-agar K	Penambahan tepung agar-agar Ca
Protein	21,01	20,82	20,80	20,21	20,67
Lemak	4,99	24,10	4,75	4,81	4,34
Air	9,20	9,10	9,59	8,34	9,63
Abu	5,05	5,03	5,90	5,89	6,53
Karbohidrat	59,75	40,95	58,96	60,75	58,83

Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa proporsi zat gizi yang dibutuhkan oleh tikus telah sesuai dengan standar *National Research Council* (NRC). Pada ransum perlakuan, kandungan karbohidrat lebih tinggi dari pada ransum standar dan berkolesterol. Hal ini disebabkan pada ransum perlakuan ditambahkan tepung agar-agar yang juga mengandung karbohidrat. Sedangkan pada ransum berkolesterol, kandungan lemak lebih tinggi dibandingkan ransum standar dan ransum perlakuan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kadar lipid dalam darah, sehingga tikus dalam kondisi *hiperlipidemia*. Lemak jenuh merupakan lemak yang mengandung asam lemak jenuh dan apabila dikonsumsi dalam jumlah berlebihan akan dapat meningkatkan kolesterol darah (Anonymous, 2003^a). Ditambahkan oleh Guyton (1993), bahwa diet lemak jenuh dapat meningkatkan konsentrasi kolesterol darah sebanyak 15-25%. Sedangkan ransum

perlakuan memiliki kadar lemak yang sedikit karena mulai masuk pada tahap perlakuan pemberian rumput laut *Gelidium* spp. yang memiliki kandungan lemak <0.5%

4.2 Kekuatan gel

Struktur agar ditentukan oleh fraksi yang memiliki kemampuan membentuk gel terbesar yaitu agrose. Menurut Winarno (1996), kekuatan gel agar-agar sangat tergantung pada perbandingan kandungan agarosa dan agaropektin. Umumnya genus *Gracillaria* memiliki perbandingan agarosa dan agaropektin sekitar 20:1, jauh lebih besar dari genus *Gelidium* yang memiliki perbandingan 5:1. Hal ini menyebabkan gel agar-agar *Gracillaria* lebih kuat dan kokoh. Hasil analisis kekuatan gel dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil analisis kekuatan gel

No.	Sampel	Kekuatan gel (N)
1.	Agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH	0,786
2.	Agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH	2,260
3.	Agar-agar hasil ekstraksi dengan Ca(OH) ₂	1,867

Hasil analisis kekuatan gel menunjukkan bahwa kekuatan gel tertinggi dimiliki oleh agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH dan kekuatan gel terendah dimiliki oleh agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH. Pembentukan gel dipengaruhi oleh beberapa macam faktor, antara lain konsentrasi agar-agar, derajat keasaman (pH), gula dan banyaknya kandungan sulfat dalam agar-agar. Menurut Stephen (1995), nilai pH sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, dimana semakin pH asam maka kekuatan gel agar-agar semakin lemah. Sebaliknya semakin pH basa, semakin tinggi kekuatan gel agar-agar yang dihasilkan.

Berdasarkan keberadaannya dalam tabel unsur periodik, K mempunyai sifat kebasaan yang lebih kuat daripada Na dan Ca. Hal ini sesuai dengan hasil kekuatan gel diatas, dimana kekuatan gel KOH lebih tinggi dibanding kekuatan gel NaOH dan Ca(OH)_2 . Na dan K merupakan logam alkali golongan IA yang membentuk basa-basa kuat. Ditambahkan oleh Suryaningrum (1998), adanya garam natrium (Na) akan menghasilkan gel yang kental dengan kekuatan gel yang rendah, garam kalsium (Ca) menyebabkan gel yang elastis, dan garam kalium (K) memberikan gel yang kaku.

4.3 Pembuatan tikus *hiperlipidemia*

Peningkatan kadar kolesterol darah tikus dilakukan melalui pemberian ransum berkolesterol selama 6 hari. Menurut Kasim (2004), tikus akan mengalami kondisi *hiperlipidemia* setelah mengkonsumsi ransum yang mengandung lemak sapi jenuh 20% selama 6 hari. Lemak sapi jenuh mempunyai kadar lemak sebesar 98,62% dan kadar kolesterol sebesar 95 mg/100g. Diet tinggi lemak, khususnya yang banyak mengandung kolesterol dan lemak jenuh, umumnya dapat menambah kadar kolesterol dalam darah sehingga dapat meningkatkan kemungkinan seseorang *atherosklerosis* (Sargowo, 1997).

Pada penelitian ini, setelah mengkonsumsi ransum berkolesterol selama 6 hari, nilai kadar kolesterol darah tikus pada hari ke-6 berkisar antara 233.06 ± 12.306 mg/dl. Dari nilai ini maka dapat diketahui bahwa tikus mengalami *hiperlipidemia*. Menurut Kritchevsky (1964), kadar kolestarol darah tikus dalam kondisi normal berkisar antara (50-140) mg/dl. Sedangkan pada manusia kadar kolesterol dalam darah pada keadaan normal adalah kurang dari 200 mg/dl dan diatas 200 mg/dl sudah tergolong *hiperlipidemia* (Kaptiningsih, 1990).

Berdasarkan nilai tersebut, tikus pada kondisi *hiperlipidemia* mempunyai nilai kolesterol total hampir 2x dari nilai kolesterol pada kondisi normal. Keadaan tikus yang *hiperlipidemia* ini dapat juga diamati secara visual dari perubahan tingkah lakunya, yaitu tikus mulai ganas dan tidak mau diam.

4.4 Pengaruh tepung agar-agar NaOH, KOH dan Ca(OH)₂ terhadap jumlah ransum pakan yang dikonsumsi, berat badan dan jumlah feses tikus percobaan

4.4.1 Jumlah konsumsi ransum pakan

Ransum pakan yang dikonsumsi tikus percobaan adalah ransum perlakuan yang berbentuk pellet dan diberikan secara *ad libitum* (bebas makan) selama 18 hari. Jumlah ransum yang dikonsumsi tikus dapat diketahui dengan menghitung selisih ransum yang diberikan dengan sisa ransum yang dimakan oleh tikus. Perhitungan jumlah ransum yang dikonsumsi tikus dihitung setiap hari selama 18 hari. Data jumlah ransum setiap hari selama 18 hari dapat dilihat pada Lampiran 4 dan untuk data rata-rata jumlah ransum pakan yang dikonsumsi oleh tikus selama perlakuan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus (g/ekor tikus/hari)

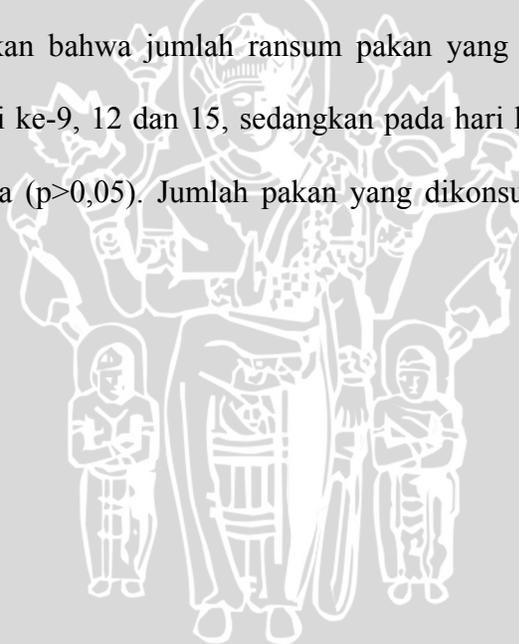
Hari ke-	Kontrol	Na		K		Ca	
		7,5%	12,5%	7,5%	12,5%	7,5%	12,5%
0	9,20±0,173	11,83±0,789	12,03±2,579	9,90±3,364	10,59±3,570	12,33±3,154	10,88±3,353
3	12,66±0,513	10,74±0,555	8,98±2,217	6,98±2,241	8,15±4,300	9,55±2,257	9,09±2,052
6	8,58±1,007	10,41±0,779	8,96±2,204	7,64±2,681	8,38±4,449	9,60±2,301	8,87±1,866
9	8,41±0,351	11,54±1,919	10,16±3,599	9,09±4,396	9,10±5,286	10,29±3,015	9,98±3,382
12	8,42±0,379	11,11±2,141	10,96±2,433	10,05±3,003	10,12±3,647	11,01±1,847	10,34±2,893
15	12,51±0,5	10,61±2,714	10,76±2,522	10,32±2,950	9,62±3,683	10,59±1,958	10,03±3,032
18	8,03±1,498	9,43±1,011	9,86±1,047	9,23±1,556	8,35±1,801	10,01±0,992	8,82±1,032

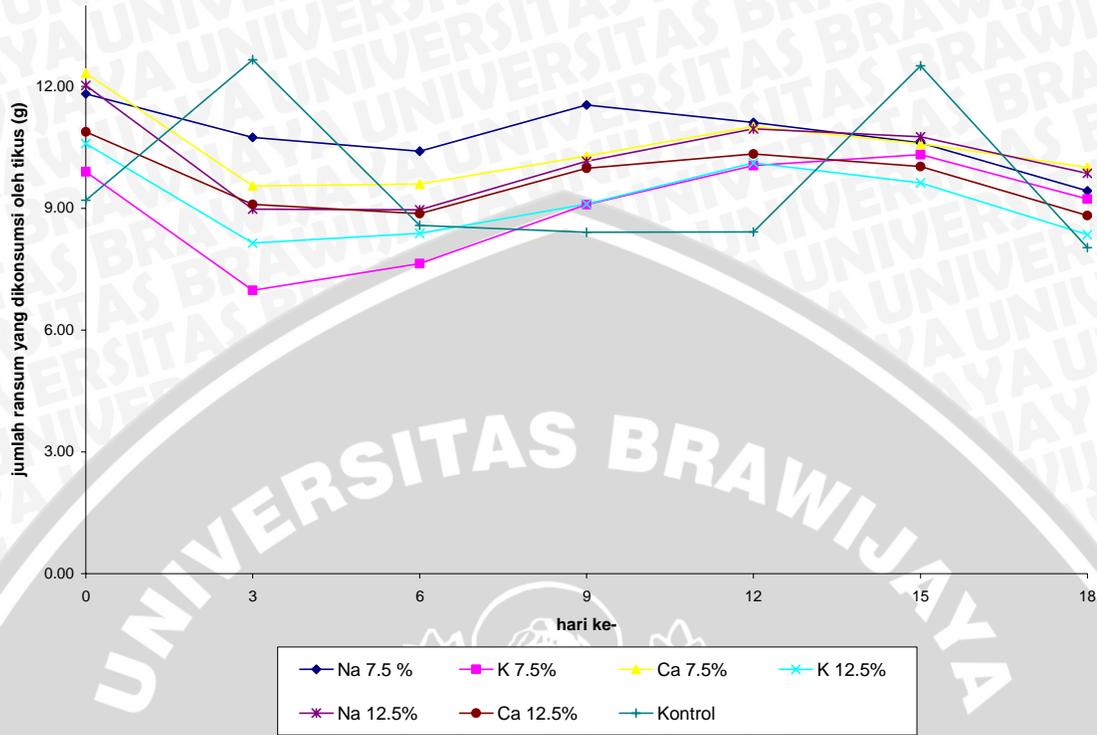
Keterangan : n = 3 ulangan

Berdasarkan Tabel 12, terlihat bahwa keseluruhan jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus cukup tinggi. Menurut NRC (1978), rata-rata jumlah konsumsi untuk tikus (*Rattus norvegicus*) setiap harinya adalah 10-15 g. Sedangkan menurut Warsito

(1992), konsumsi pakan untuk tikus adalah 5% dari berat badan tikus, dimana berat badan tikus berkisar antara 195,6-235,2 g, sehingga dari hasil penelitian didapatkan jumlah konsumsi yang sesuai jika dibandingkan dengan literatur.

Dari analisis statistik (Lampiran 5) menunjukkan bahwa proses *alkali treatment* pada pembuatan tepung agar-agar berpengaruh terhadap jumlah pakan yang dikonsumsi tikus ($p < 0,05$), sedangkan konsentrasi pemberian tepung agar-agar tidak berpengaruh terhadap jumlah pakan yang dikonsumsi tikus ($p > 0,05$). Tidak terjadi interaksi antara proses *alkali treatment* dengan konsentrasi pemberian tepung agar-agar terhadap jumlah pakan yang dikonsumsi tikus ($p > 0,05$). Dari hasil uji BNJ (Beda Nyata Jujur) pada hari pengamatan, menunjukkan bahwa jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus beda nyata ($p < 0,05$) pada hari ke-9, 12 dan 15, sedangkan pada hari ke-0, 3, 6, dan 18 tidak menunjukkan beda nyata ($p > 0,05$). Jumlah pakan yang dikonsumsi dapat dilihat pada Gambar 6.



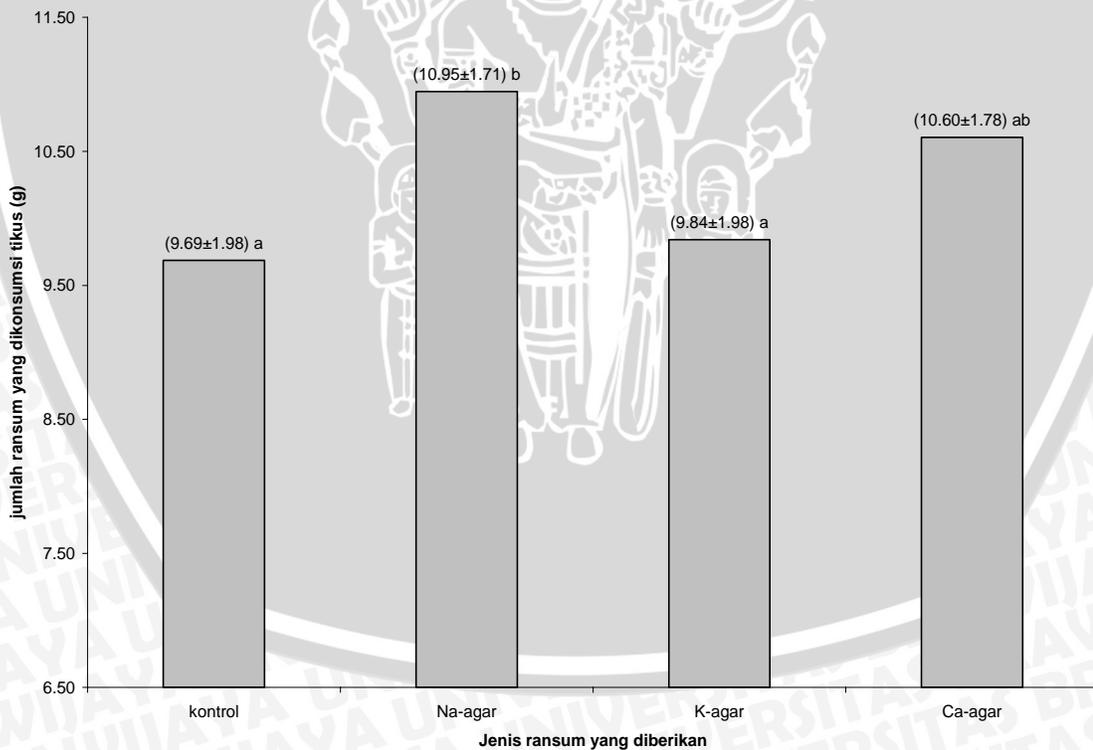


Gambar 6 Grafik pengaruh konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap jumlah konsumsi pakan pada tikus.

Pada Gambar 6, dapat dilihat jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus percobaan, dimana dapat diketahui bahwa jumlah konsumsi terendah terdapat pada tikus yang mendapat ransum perlakuan dengan penambahan tepung agar-agar K 7,5%, pada hari ke-3 dan hari ke-6. Hal ini dikarenakan ransum yang ditambahkan tepung agar-agar K memiliki tekstur yang keras, sulit untuk dihancurkan, warnanya coklat tua dan bau yang lebih menyengat, sehingga mempengaruhi selera makan tikus dan tikus masih berada pada tahap penyesuaian dengan ransum perlakuan. Sedangkan untuk ransum yang ditambahkan tepung agar-agar Ca memiliki tekstur lunak, tapi tidak mudah untuk dihancurkan, baunya agak menyengat dan warnanya coklat terang dan untuk

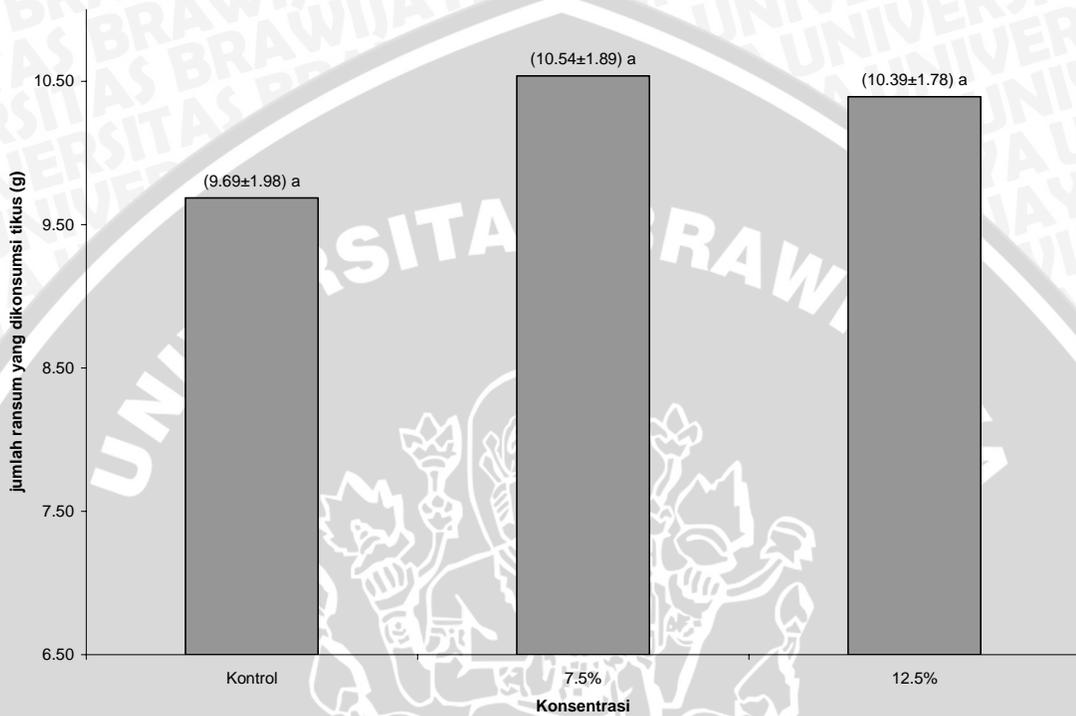
ransum yang ditambahkan tepung agar-agar Na memiliki tekstur yang empuk, mudah hancur, baunya tidak mengenyat warna coklat muda.

Berdasarkan hasil uji BNJ pada proses *alkali treatment* dengan $p=0,05$, bahwa jumlah ransum pakan yang dikonsumsi oleh tikus kontrol tidak berbeda nyata dengan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH dan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, tetapi menunjukkan perbedaan yang nyata dengan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH. Jumlah ransum yang dikonsumsi oleh tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH tidak berbeda nyata dengan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Histogram jenis ransum yang diberikan terhadap jumlah ransum yang dikonsumsi tikus (tanpa melihat konsentrasi).

Untuk hasil uji BNJ pada konsentrasi yang berbeda dengan $p=0,05$, tidak berbeda nyata baik itu untuk konsentrasi 7,5%, 12,5% maupun tikus kontrol. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Histogram konsentrasi tepung agar-agar yang ditambahkan kedalam ransum tikus terhadap jumlah ransum yang dikonsumsi oleh tikus (tanpa melihat jenis alkali).

Untuk data rata-rata jumlah ransum pakan yang dikonsumsi oleh tikus per berat badan tikus setiap 3 hari sekali dapat dilihat pada Tabel 13, sedangkan untuk hasil analisis statistik jumlah ransum pakan yang dikonsumsi oleh tikus per berat badan tikus setiap 3 hari sekali dapat dilihat pada Lampiran 15.

Tabel 13. Jumlah ransum pakan yang dikonsumsi tikus per berat badan tikus (g/g BB/hari)

Hari ke-	Kontrol	Na		K		Ca	
		7,5%	12,5%	7,5%	12,5%	7,5%	12,5%
0	0,05±0,001	0,05±0,004	0,05±0,014	0,04±0,015	0,05±0,016	0,05±0,015	0,05±0,013
3	0,06±0,004	0,05±0,007	0,04±0,013	0,03±0,005	0,04±0,005	0,04±0,014	0,04±0,002
6	0,04±0,006	0,05±0,008	0,04±0,010	0,03±0,004	0,04±0,001	0,04±0,008	0,04±0,002
9	0,04±0,004	0,05±0,007	0,05±0,006	0,04±0,005	0,04±0,003	0,04±0,007	0,05±0,002
12	0,04±0,004	0,05±0,006	0,05±0,003	0,04±0,004	0,05±0,002	0,04±0,003	0,05±0,003
15	0,06±0,005	0,04±0,003	0,05±0,002	0,04±0,004	0,04±0,002	0,04±0,003	0,04±0,005
18	0,06±0,006	0,04±0,005	0,04±0,007	0,04±0,006	0,04±0,004	0,04±0,006	0,04±0,004

Keterangan : n = 3 ulangan

Berdasarkan hasil analisis statistik pada (Lampiran 15) menunjukkan bahwa proses *alkali treatment* pada pembuatan tepung agar-agar berpengaruh terhadap jumlah pakan yang dikonsumsi tikus per berat badan tikus ($p < 0,05$), sedangkan konsentrasi pemberian tepung agar-agar tidak berpengaruh terhadap jumlah pakan yang dikonsumsi tikus per berat badan tikus ($p > 0,05$). Tidak terjadi interaksi antara proses *alkali treatment* dengan konsentrasi pemberian tepung agar-agar terhadap jumlah pakan yang dikonsumsi tikus per berat badan tikus ($p > 0,05$).

4.4.2 Berat badan tikus

Pengukuran berat badan tikus dilakukan untuk mengetahui berat badan tikus setelah diberi ransum perlakuan secara *ad libitum*. Cara menimbang tikus pada prinsipnya adalah tikus dipegang pada bagian dada, telunjuk, dan ibu jari diletakkan dibawah rahang kemudian tikus dimasukkan dalam timbangan dan catat beratnya. Berat badan tikus diukur setiap 3 hari selama 18 hari dan dilakukan sebelum pemberian ransum pakan. Data berat badan tikus dapat dilihat pada Lampiran 6. Untuk lebih jelasnya data rerata berat badan tikus terdapat pada Tabel 14.

Tabel 14. Berat badan tikus per 3 hari selama perlakuan (g)

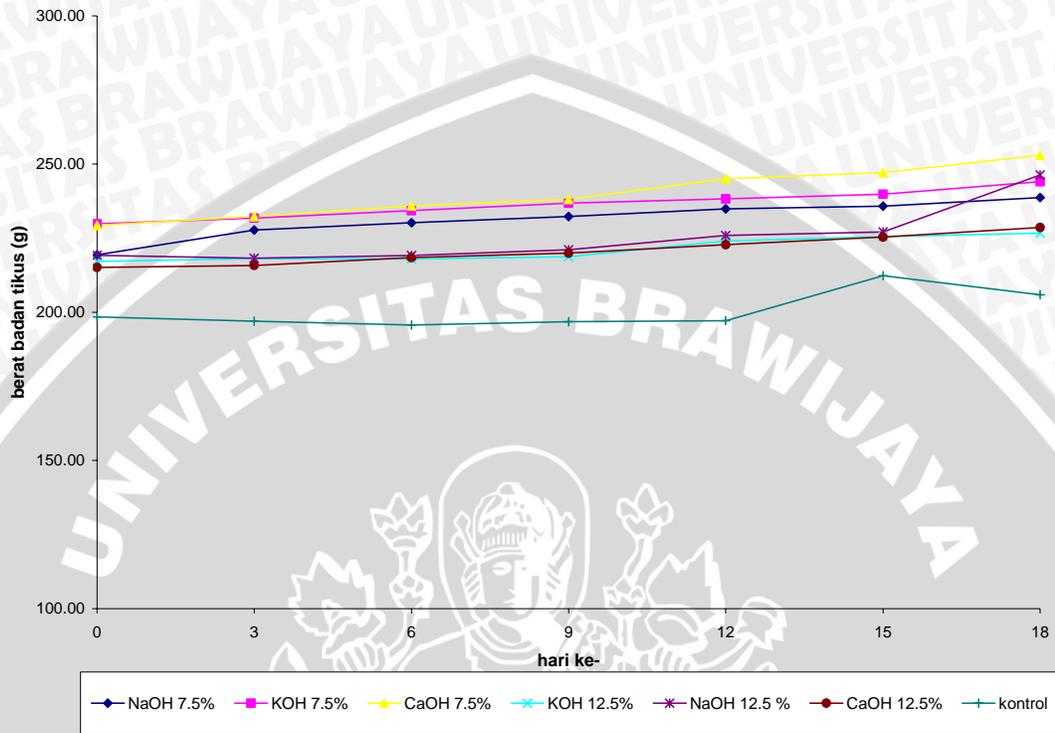
Hari ke-	Kontrol	Na		K		Ca	
		7,5%	12,5%	7,5%	12,5%	7,5%	12,5%
0	198,43±6,516	219,33±2,316	219,23±20,53	229,87±4,826	217,20±4,045	229,30±7,957	215,13±9,872
3	196,93±6,1	227,77±2,312	218,20±14,46	231,77±1,258	218,07±3,053	232,27±6,045	215,80±6,756
6	195,70±6,92	230,20±3,635	219,13±14,53	234,27±3,253	217,93±3,761	235,83±5,04	218,40±9,199
9	196,80±8,242	232,27±8	221,10±16,95	236,80±3,897	218,67±1,301	238,13±6,611	219,93±6,332
12	197,13±8,607	234,87±13,28	225,87±20,45	238,27±7,206	224,03±3,215	245,07±9,834	222,80±4,309
15	212,33±10,433	235,80±13,12	227,07±18,54	239,80±10,07	225,57±2,354	247,07±7,769	225,37±0,896
18	205,87±7,91	238,73±14,19	246,33±26,21	244,07±13,23	226,70±4,471	253,00±7,3	228,60±1,253

Keterangan : n = 3 ulangan

Berdasarkan hasil analisis statistik pada (Lampiran 14) menunjukkan bahwa berat badan tikus hari ke-0 untuk perlakuan dan kontrol berbeda nyata ($p < 0,05$), selanjutnya dilakukan uji BNJ pada berat badan hari ke-0 dengan $\alpha = 0,05$, menunjukkan bahwa berat badan tikus kontrol pada hari ke-0 berbeda nyata dengan berat badan tikus perlakuan hari ke-0. Berat badan tikus, untuk tikus perlakuan yang diberi ransum tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konsentrasi 7,5% dan tikus perlakuan yang diberi ransum tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH konsentrasi 7,5%, berbeda nyata dengan tikus perlakuan yang diberi ransum tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konsentrasi 12,5%, tikus perlakuan ransum yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH konsentrasi 12,5%, tikus perlakuan yang diberi ransum tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH konsentrasi 7,5% dan tikus perlakuan ransum yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH konsentrasi 12,5%.

Dari hasil analisis statistik pada (Lampiran 7) menunjukkan bahwa proses *alkali treatment* tidak berpengaruh nyata terhadap berat badan tikus ($p > 0,05$), sedangkan konsentrasi pemberian tepung-tepung agar-agar berpengaruh nyata terhadap berat badan tikus ($p < 0,05$) dan terjadi interaksi antara proses *alkali treatment* dengan konsentrasi

pemberian tepung agar-agar terhadap berat badan tikus ($p < 0,05$). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.

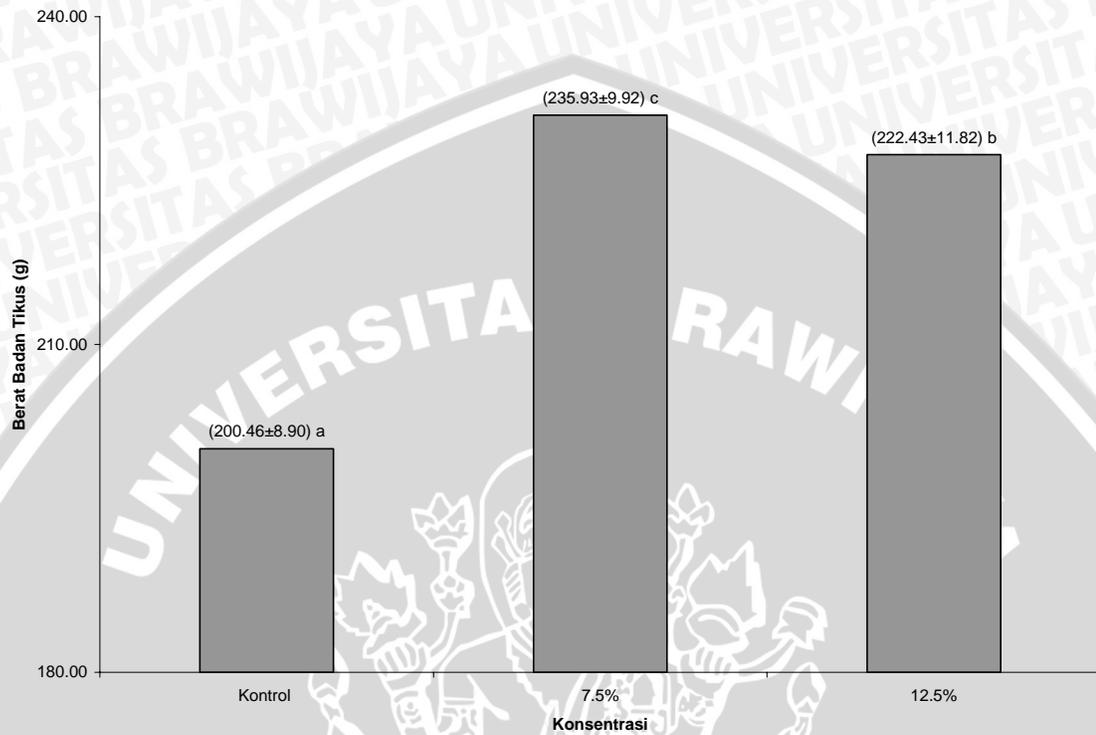


Gambar 9. Grafik pengaruh konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap berat badan tikus.

Dari grafik diatas dapat dilihat perkembangan berat badan tikus pada tiap perlakuan dan konsentrasi yang berbeda. Grafik diatas menunjukkan bahwa berat badan tikus tertinggi terdapat pada tikus perlakuan yang ransumnya ditambahkan tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan Ca(OH)_2 konsentrasi 7,5% dan berat badan terendah terdapat pada tikus yang diberi perlakuan ransum yang dicampur tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan Ca(OH)_2 dengan konsentrasi 12,5%.

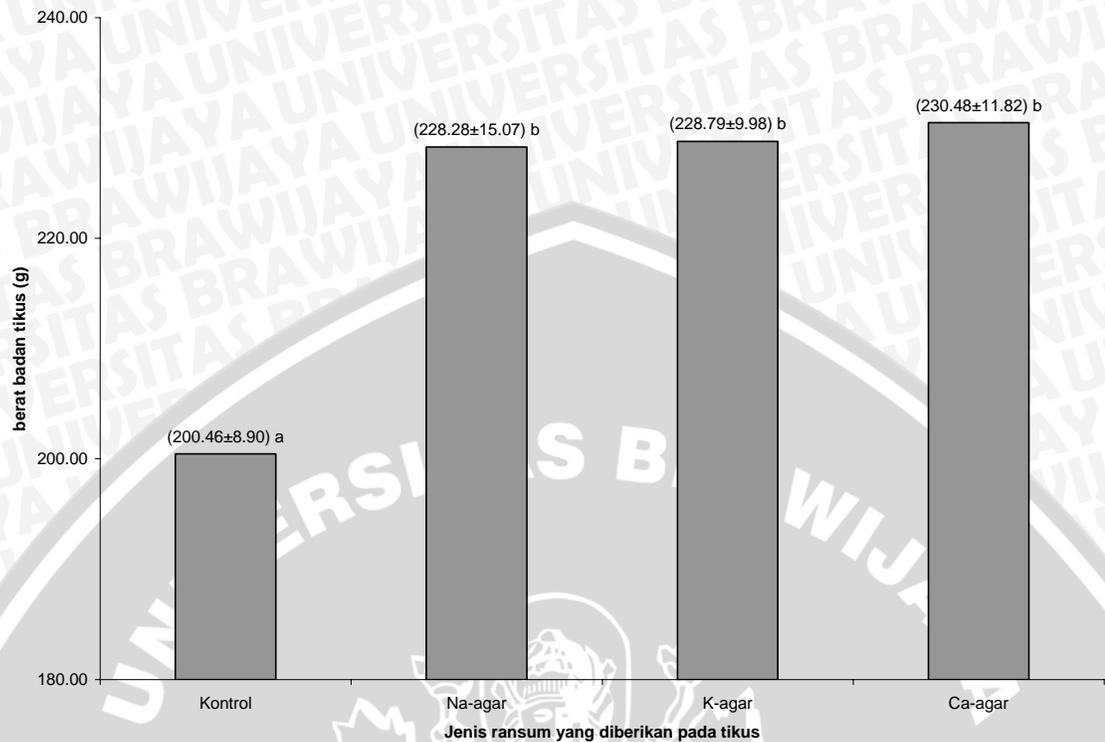
Berdasarkan hasil uji BNJ pada konsentrasi dengan $\alpha = 0,05$, bahwa penambahan konsentrasi dari 7,5% menjadi 12,5% menunjukkan penurunan yang beda nyata terhadap berat badan tikus perlakuan. Penambahan konsentrasi juga menunjukkan

perbedaan yang nyata dengan berat badan tikus kontrol. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Histogram konsentrasi tepung agar-agar yang ditambahkan pada ransum terhadap berat badan tikus (tanpa melihat jenis alkali)

Untuk hasil uji BNJ pada perlakuan *alkali treatment* dengan $\alpha=0,05$, bahwa penambahan *alkali treatment* pada proses pembuatan tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap berat badan tikus perlakuan tetapi menunjukkan perbedaan yang nyata dengan berat badan tikus kontrol. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Histogram jenis ransum yang diberikan pada tikus terhadap berat badan tikus (tanpa melihat konsentrasi)

Menurut Effendie (1997), laju pertumbuhan relatif adalah panjang/bobot yang dicapai dalam suatu periode tertentu yang dibandingkan dengan panjang/bobot tubuh awal periode. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan relatif adalah jumlah pakan yang tersedia, ukuran/berat awal, dan jumlah pakan yang dikonsumsi. Data laju perkembangan berat badan tikus per 3 hari dapat dilihat pada Tabel 15, sedangkan untuk laju perkembangan berat badan tikus setiap 3 hari dapat dilihat pada Gambar 12. Menurut Sitompul dan Bambang (1995), laju pertumbuhan relatif berat badan tikus dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{LPR (g/hari)} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Ket : W_2 = Berat badan pada hari ke-x

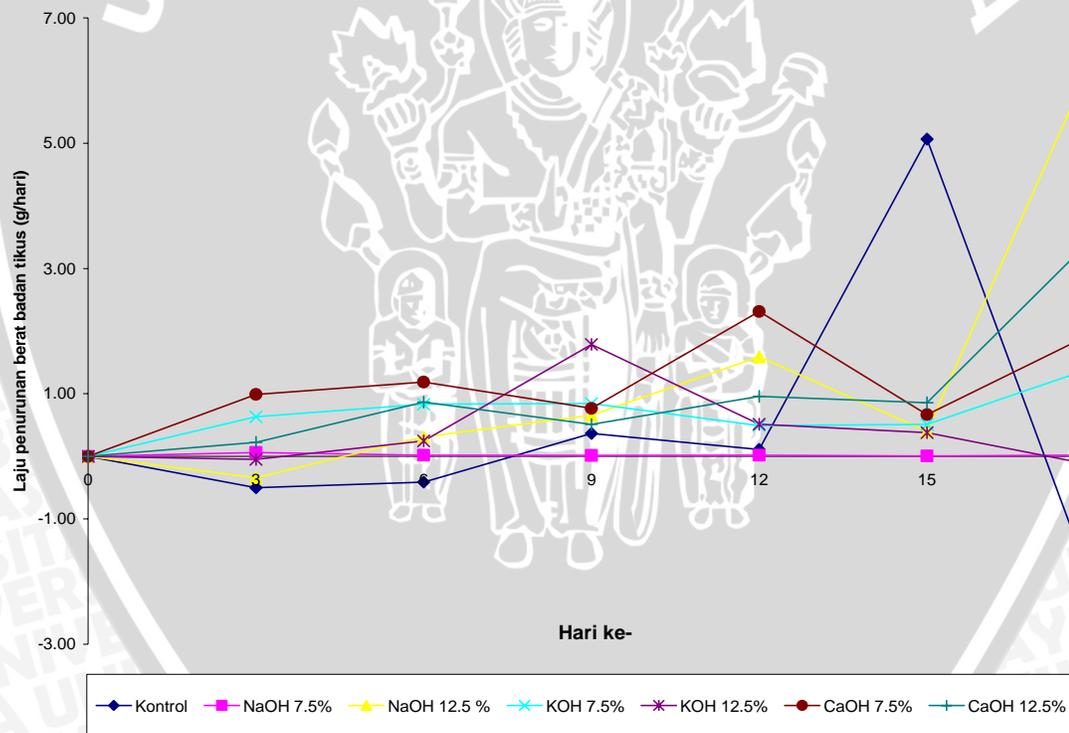
W_1 = Berat badan pada hari sebelumnya

t_2 = Hari ke-x

t_1 = Hari sebelumnya

Tabel 15. Laju pertumbuhan berat badan tikus per 3 hari (g/hari)

Hari ke-	Kontrol (%)	Perlakuan					
		NaOH 7,5%	NaOH 12,5 %	KOH 7,5%	KOH 12,5%	CaOH 7,5%	CaOH 12,5%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	-0,50	0,06	-0,34	0,63	-0,05	0,99	0,22
6	-0,41	0,02	0,31	0,83	0,25	1,19	0,87
9	0,37	0,02	0,66	0,84	1,79	0,77	0,51
12	0,11	0,02	1,59	0,49	0,51	2,31	0,96
15	5,07	0,01	0,40	0,51	0,38	0,67	0,86
18	-2,15	0,02	6,42	1,42	-0,14	1,98	3,51



Gambar 12. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap laju pertumbuhan berat badan tikus.

Dari hasil analisis statistik laju pertumbuhan berat badan tikus pada (Lampiran 5) menunjukkan bahwa proses *alkali treatment* tidak berpengaruh nyata terhadap laju penambahan badan tikus ($p>0,05$), sedangkan konsentrasi pemberian tepung-tepung agar-agar berpengaruh nyata terhadap berat badan tikus ($p<0,05$) dan terjadi interaksi antara proses *alkali treatment* dengan konsentrasi pemberian tepung agar-agar terhadap berat badan tikus ($p<0,05$).

Banyaknya jumlah makanan yang dikonsumsi berpengaruh terhadap pertumbuhan tikus. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 12, dimana terlihat sangat jelas adanya fluktuasi laju pertumbuhan berat badan tikus perlakuan dan kontrol. Pada tikus kontrol berdasarkan hasil data laju pertumbuhan, berat badan tikus kontrol mengalami penurunan pada yang drastis hari ke-0, 3 dan 15. Hal ini dikarenakan jumlah konsumsi ransum pakan tikus sedikit sehingga terjadi penurunan berat badan. Tikus kontrol mengkonsumsi ransum pakan sedikit karena kondisi tikus yang tidak nyaman akibat dari *hiperlipidemia*.

4.4.3 Jumlah feses tikus

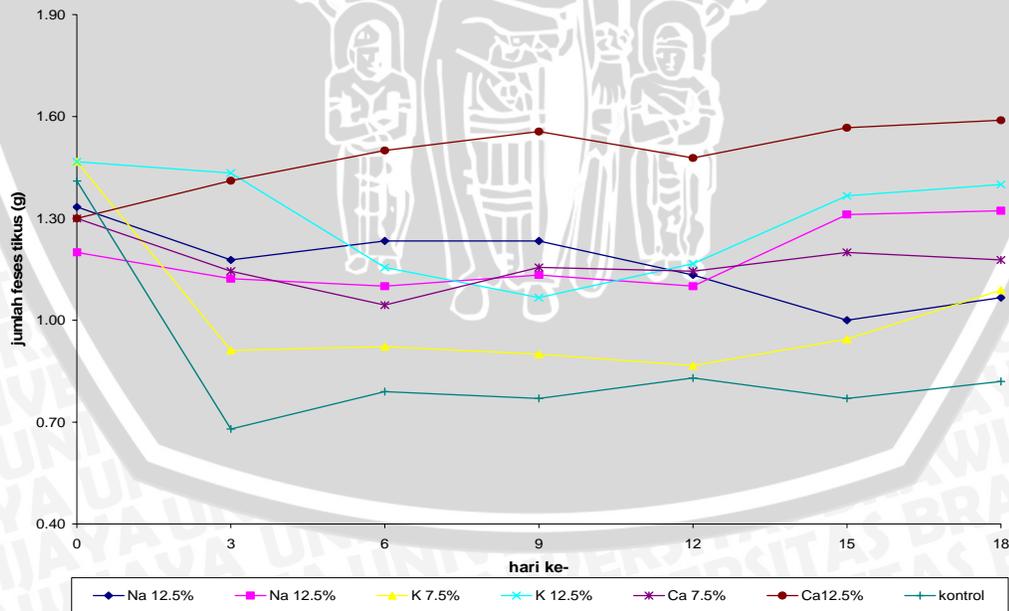
Penghitungan jumlah feses tikus percobaan dilakukan untuk mengetahui peranan serat tepung agar-agar terhadap banyaknya feses yang dikeluarkan oleh tikus. Feses tikus ditimbang tiap hari selama tikus diberi ransum perlakuan. Data jumlah feses yang dikeluarkan tikus dapat dilihat pada Lampiran 8. Untuk lebih jelasnya data rerata jumlah feses yang dikeluarkan tikus terdapat pada Tabel 16.

Tabel 16. Rerata jumlah feses tikus tiap 3 hari selama perlakuan (g)

Hari ke-	Kontrol	Na		K		Ca	
		7,5%	12,5%	7,5%	12,5%	7,5%	12,5%
0	1,41±0,265	1,33±0,586	1,20±0,361	1,47±0,058	1,47±0,569	1,30±0,400	1,30±0,346
3	0,68±0,153	1,18±0,214	1,12±0,193	0,91±0,051	1,43±0,115	1,41±0,184	0,68±0,084
6	0,79±0,058	1,23±0,265	1,10±0,176	0,92±0,038	1,16±0,435	1,50±0,192	0,79±0,167
9	0,77±0,058	1,23±0,265	1,13±0,219	0,90±0,067	1,07±0,348	1,56±0,192	0,74±0,096
12	0,83±0,116	1,13±0,265	1,10±0,219	0,87±0,033	1,17±0,470	1,48±0,184	0,83±0,201
15	0,77±0,116	1,10±0,058	1,31±0,234	0,94±0,164	1,37±0,203	1,57±0,088	0,76±0,338
18	0,82±0,1	1,07±0,058	1,32±0,236	1,09±0,204	1,40±0,176	1,59±0,069	0,82±0,334

Keterangan : n = 3 ulangan

Dari hasil analisis statistik pada (Lampiran 9) menunjukkan bahwa proses *alkali treatment* berpengaruh nyata terhadap jumlah feses yang dikeluarkan tikus ($p < 0,05$), sedangkan konsentrasi pemberian tepung-tepung agar-agar juga berpengaruh nyata terhadap jumlah feses tikus ($p < 0,05$) dan terjadi interaksi antara proses *alkali treatment* dengan konsentrasi pemberian tepung agar-agar terhadap jumlah feses tikus ($p < 0,05$). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 13.

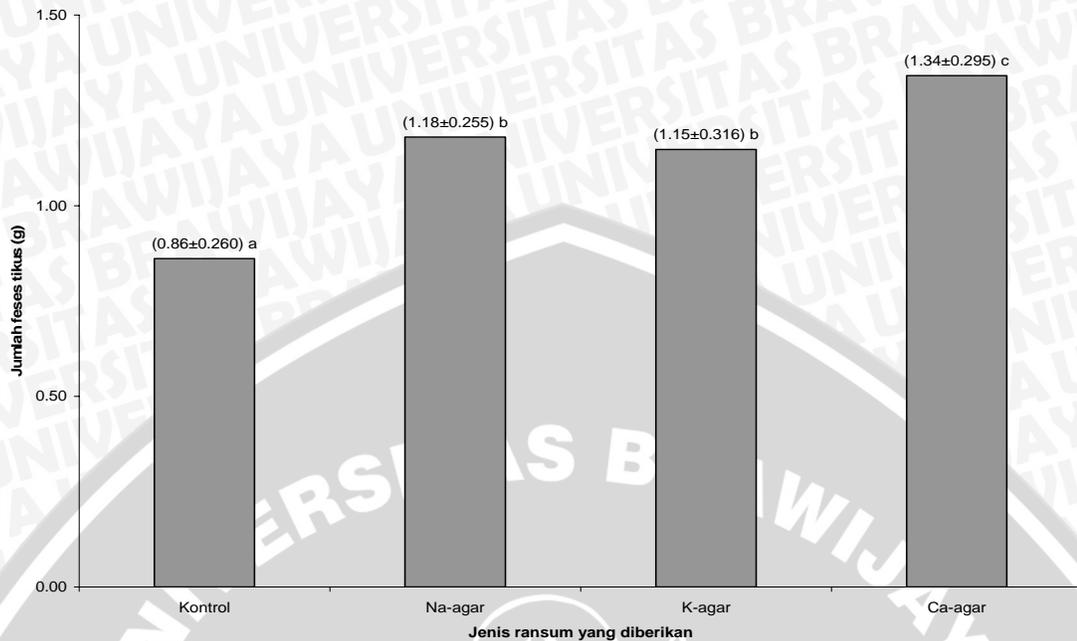


Gambar 13. Grafik pengaruh konsentrasi konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) terhadap jumlah feses tikus.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa pengaruh pemberian ransum perlakuan yang berbeda memberikan pengaruh terhadap jumlah feses yang dikeluarkan tikus dibandingkan dengan tikus kontrol yang lebih sedikit. Hasil uji BNJ pada hari pengamatan dengan $\alpha=0,05$, bahwa jumlah feses tikus berbeda nyata di hari ke hari. Jumlah feses tikus tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi 12,5%. Jumlah feses tikus perlakuan dengan konsentrasi 7,5% menunjukkan perbedaan yang nyata dengan jumlah feses tikus perlakuan dengan konsentrasi 12,5%, dimana terjadi kenaikan jumlah feses tikus perlakuan konsentrasi 12,5%. Jumlah feses tikus perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata dengan jumlah feses tikus kontrol. Dimana semakin besar konsentrasi tepung agar-agar yang diberikan maka jumlah feses yang dihasilkan juga semakin banyak.

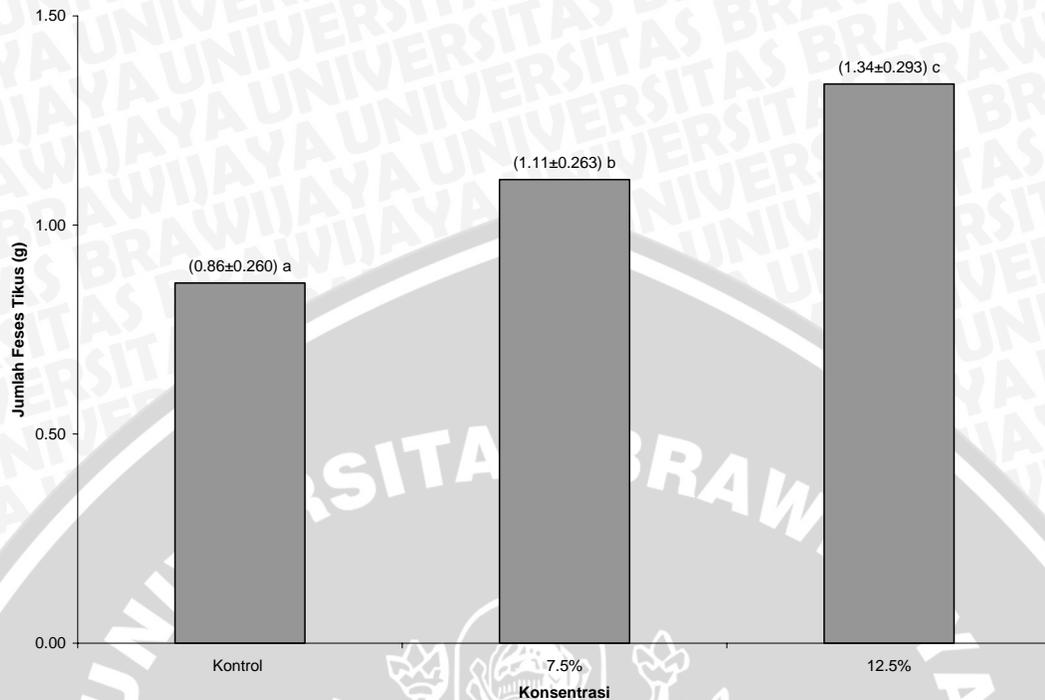
Jumlah feses tikus perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata dengan jumlah feses tikus kontrol. Dimana jumlah feses tikus terendah diperoleh pada tikus kontrol. Jumlah feses tikus tertinggi diperoleh tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang berbeda nyata dengan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH dan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar

14.



Gambar 14. Histogram pengaruh jenis ransum yang diberikan terhadap jumlah feses tikus (tanpa melihat konsentrasi)

Banyak jumlah makanan yang dikonsumsi selain berpengaruh pada pertumbuhan tikus juga berpengaruh terhadap jumlah feses yang dikeluarkan. Dimana tepung agar-agar sebagai serat makanan yang diberikan memiliki kandungan serat makanan yang tidak larut yang sangat tinggi yaitu sekitar 40,59%, sehingga serat akan mengikat air lebih banyak dan akan mengeluarkannya didalam jumlah yang besar (Joseph, 2002).



Gambar 15. Histogram pengaruh konsentrasi terhadap berat feses tikus (tanpa melihat jenis alkali)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi dan semakin lama pemberian tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 12,5% akan mempengaruhi jumlah feses yang dihasilkan oleh tikus. Hal ini diduga karena aktivitas dari serat makanan. Menurut Suhardjo dan Kusharto (2000), serat merupakan polisakarida yang tidak dapat dicerna, tetapi mempunyai fungsi yang penting bagi kesehatan yaitu mengatur peristaltik usus (memungkinkan terjadinya gerakan usus yang teratur) dan mencegah terjadinya *konstipasi* (sulit buang air besar), karena serat memberi muatan atau pemberat pada sisa-sisa makanan pada bagian usus besar. Piliang dan Djojosoebagio (1996), menambahkan bahwa meskipun serat makanan tidak mengandung nutrisi penting, tetapi fungsinya sebagai pengatur ekskresi sisa makanan sangatlah penting. Kekurangan konsumsi serat kasar dapat menyebabkan kelainan dalam

tubuh yang sifatnya kronik. Menurut Heslet (2004), jenis serat yang berperan dalam memperlancar pembuangan sisa makanan secara alami adalah serat tidak larut. Suytino (1991), contoh serat tidak larut adalah selulosa, lignin dan sedikit hemiselulosa.

Untuk data rata-rata berat feses tikus per berat badan tikus setiap 3 hari sekali dapat dilihat pada Tabel 17, sedangkan untuk hasil analisis statistik berat feses tikus per berat badan tikus setiap 3 hari sekali dapat dilihat pada Lampiran 16.

Tabel 17. Berat feses tikus per berat badan tikus (g/g BB/hari)

Hari ke-	Kontrol	Na		K		Ca	
		7,5%	12,5%	7,5%	12,5%	7,5%	12,5%
0	0,007±0,001	0,006±0,003	0,005±0,002	0,006±0,000	0,007±0,003	0,006±0,002	0,006±0,002
3	0,003±0,001	0,005±0,001	0,005±0,001	0,004±0,000	0,007±0,001	0,006±0,001	0,003±0,000
6	0,004±0,000	0,005±0,001	0,005±0,001	0,004±0,000	0,005±0,000	0,006±0,000	0,004±0,001
9	0,004±0,00	0,005±0,001	0,005±0,001	0,004±0,001	0,005±0,001	0,007±0,001	0,003±0,001
12	0,004±0,001	0,005±0,001	0,005±0,001	0,004±0,000	0,005±0,000	0,006±0,000	0,004±0,000
15	0,004±0,001	0,005±0,001	0,006±0,001	0,004±0,002	0,006±0,001	0,006±0,001	0,003±0,001
18	0,004±0,001	0,004±0,001	0,005±0,001	0,004±0,000	0,006±0,001	0,006±0,001	0,004±0,002

Keterangan : n = 3 ulangan

Berdasarkan hasil analisis statistik pada (Lampiran 16) menunjukkan bahwa proses *alkali treatment* pada pembuatan tepung agar-agar berpengaruh terhadap berat feses tikus per berat badan tikus ($p < 0,05$), dan konsentrasi pemberian tepung agar-agar juga berpengaruh terhadap berat feses tikus per berat badan tikus ($p < 0,05$). Terjadi interaksi antara proses *alkali treatment* dengan konsentrasi pemberian tepung agar-agar terhadap berat feses tikus per berat badan tikus ($p < 0,05$).

4.5 Pengaruh konsumsi tepung agar-agar *Gelidium spp.* NaOH, KOH dan Ca(OH)₂ terhadap kadar lipid serum darah (kolesterol dan trigliserida darah) dan kolesterol feses tikus

4.5.1 Kolesterol darah

Kolesterol darah tikus dianalisis setiap 3 hari sekali selama 18 hari masa pemberian ransum perlakuan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsumsi

tepung agar-agar *Gelidium* spp. NaOH, KOH dan Ca(OH)₂ sebagai sumber serat larut terhadap kadar kolesterol darah tikus. Data nilai kolesterol darah tikus setiap 3 hari selama perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 10. Untuk lebih jelasnya data rerata nilai kolesterol darah tikus setiap 3 hari selama perlakuan dapat dilihat pada Tabel 18.

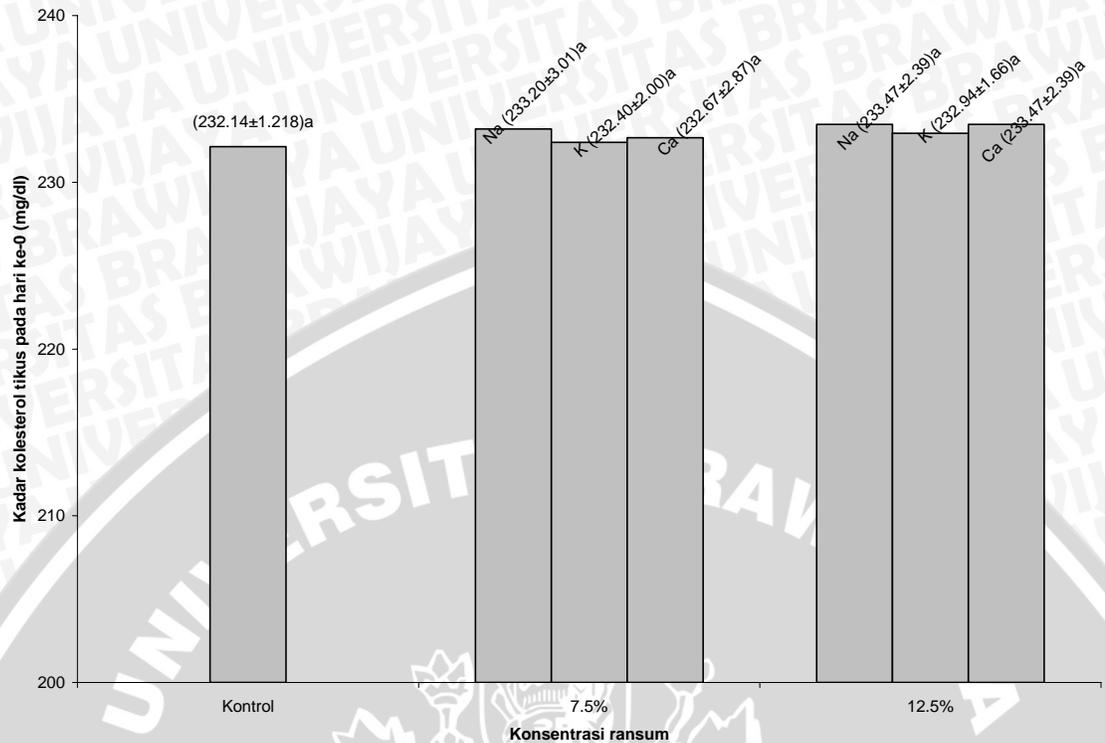
Tabel 18. Rerata nilai kolesterol darah tikus (mg/dl)

Hari ke-	Kontrol	Na		K		Ca	
		7,5%	12,5%	7,5%	12,5%	7,5%	12,5%
0	232,14±1,218	233,20±3,01	233,47±2,39	232,40±2,00	232,94±1,66	232,67±2,87	233,47±2,39
3	233,01±1,217	228,95±3,32	217,53±4,78	223,64±4,81	210,89±3,59	211,95±3,99	202,39±2,39
6	233,30±1,217	209,29±0,92	189,38±2,01	174,50±1,60	149,00±0,80	181,67±2,39	163,35±1,60
9	233,47±0,795	178,22±2,43	152,72±1,66	130,68±1,60	100,13±1,66	146,35±2,43	117,13±1,60
12	234,53±1,218	161,22±4,01	124,83±2,80	109,69±2,43	99,07±1,66	126,69±2,11	100,40±1,60
15	234,53±0,918	158,30±1,22	121,12±2,11	106,24±2,01	98,27±0,92	121,38±2,79	99,60±0,80
18	234,53±0,462	153,78±0,80	113,15±2,11	101,73±1,22	99,60±0,80	117,40±1,66	100,40±,80

Keterangan : ^a. kolesterol darah tikus normal ≤ 140 mg/dl (Kritchevsky, 1964).

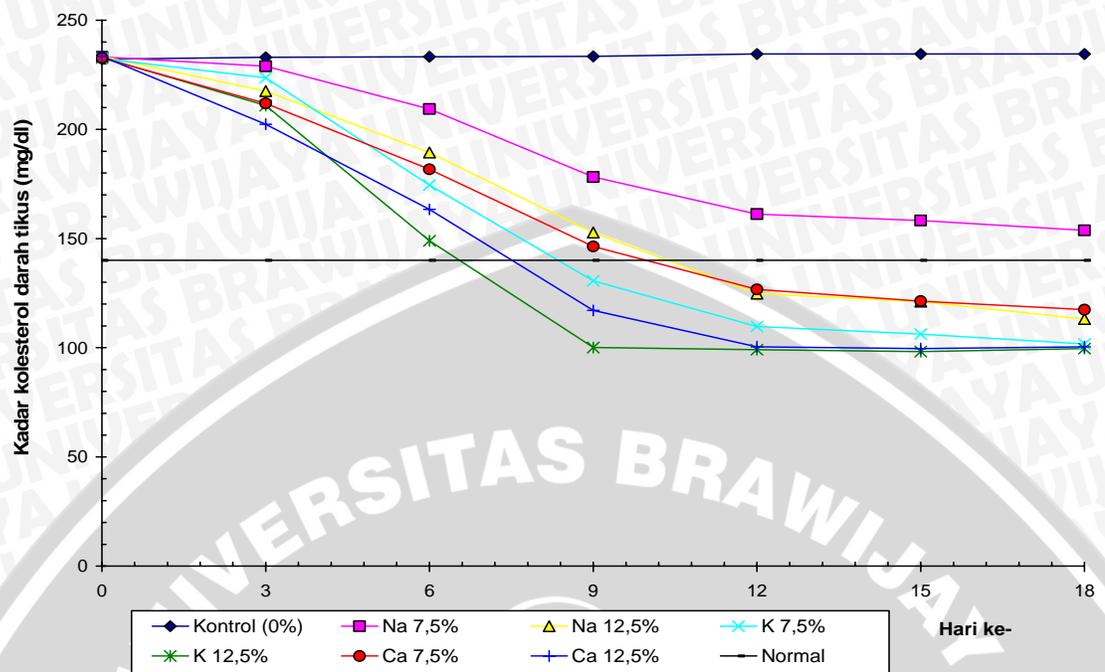
^b. n = 3 ulangan

Berdasarkan hasil analisis statistik pada (Lampiran 14) menunjukkan bahwa kadar kolesterol tikus hari ke-0 untuk perlakuan dan kontrol tidak berbeda nyata ($p > 0,05$), selanjutnya dilakukan uji BNJ pada kadar kolesterol hari ke-0 dengan $\alpha = 0,05$, menunjukkan bahwa kadar kolesterol tikus kontrol pada hari ke-0 tidak berbeda nyata dengan kadar kolesterol tikus perlakuan hari ke-0. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Histogram pengaruh jenis ransum yang diberikan terhadap kadar kolesterol tikus pada hari ke-0

Dari hasil analisis statistik pada (Lampiran 11) menunjukkan bahwa proses *alkali treatment* berpengaruh nyata terhadap kadar kolesterol darah tikus ($p < 0,05$), dan konsentrasi pemberian tepung-tepung agar-agar juga berpengaruh nyata terhadap kadar kolesterol darah tikus ($p < 0,05$) dan terjadi interaksi antara proses *alkali treatment* dengan konsentrasi pemberian tepung agar-agar terhadap kadar kolesterol darah tikus ($p < 0,05$). Berdasarkan hasil uji BNJ pada hari pengamatan dengan $\alpha = 0,05$, bahwa penurunan kadar kolesterol darah tikus yang berbeda nyata dari hari ke-0 hingga hari ke-18. Penurunan optimal kadar kolesterol terjadi pada hari ke-9. Untuk faktor alkali dan konsentrasi yang berbeda nyata terhadap kadar kolesterol darah dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap berat kadar kolesterol darah tikus

Berdasarkan grafik diatas, kadar kolesterol darah tikus perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kadar kolesterol darah tikus kontrol. Nilai kadar kolesterol darah tikus perlakuan terendah diperoleh tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH yang berbeda nyata dengan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH. Nilai kadar kolesterol darah tikus menunjukkan perbedaan yang nyata antara konsentrasi 7,5% dan konsentrasi 12,5%. Nilai kadar kolesterol darah tikus terendah diperoleh dari konsentrasi 12,5%.

Kadar kolesterol darah tikus pada perlakuan kontrol, pemberian tepung agar-agar NaOH, pemberian tepung agar-agar KOH dan pemberian tepung agar-agar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah sebagai berikut: 233,07 mg/dl; 176,80 mg/dl; 144,77 mg/dl dan 153,92 mg/dl.

Pemberian tepung agar-agar KOH lebih optimal dalam menurunkan kadar kolesterol darah tikus jika dibandingkan dengan kontrol, tepung agar-agar NaOH dan tepung agar-agar Ca(OH)₂. Jika dikaitkan dengan kekuatan gel, didapatkan bahwa semakin kuat gel yang dihasilkan maka akan semakin besar pula kemampuannya dalam menurunkan kadar kolesterol dalam darah. Hasil analisa kekuatan gel, kekuatan gel tertinggi diperoleh tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH dan kekuatan gel terendah diperoleh tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH. Jika dilihat dari keberadaannya dalam tabel unsur periodik, K mempunyai sifat kebasaaan yang lebih kuat daripada Na dan Ca. Nilai pH sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, dimana semakin kecil nilai pH/asam maka kekuatan gel agar-agar semakin lemah. Sebaliknya semakin tinggi pH/ basa, semakin tinggi pula kekuatan gel agar-agar.

Menurut Agustin (2006), rumput laut *Gracilaria* bentuk gel lebih cepat menurunkan kadar kolesterol daripada bentuk larutan. Ditambahkan pula oleh Istini *et al* (2005), pembentukan gel rumput laut yang kuat dalam sistem pencernaan akan mempercepat gerak peristaltik usus, yang akan membantu mempercepat keluarnya sisa-sisa makanan melalui saluran pencernaan dan membantu mengurangi kelebihan kadar kolesterol dengan mempercepat waktu transit makanan berlemak.

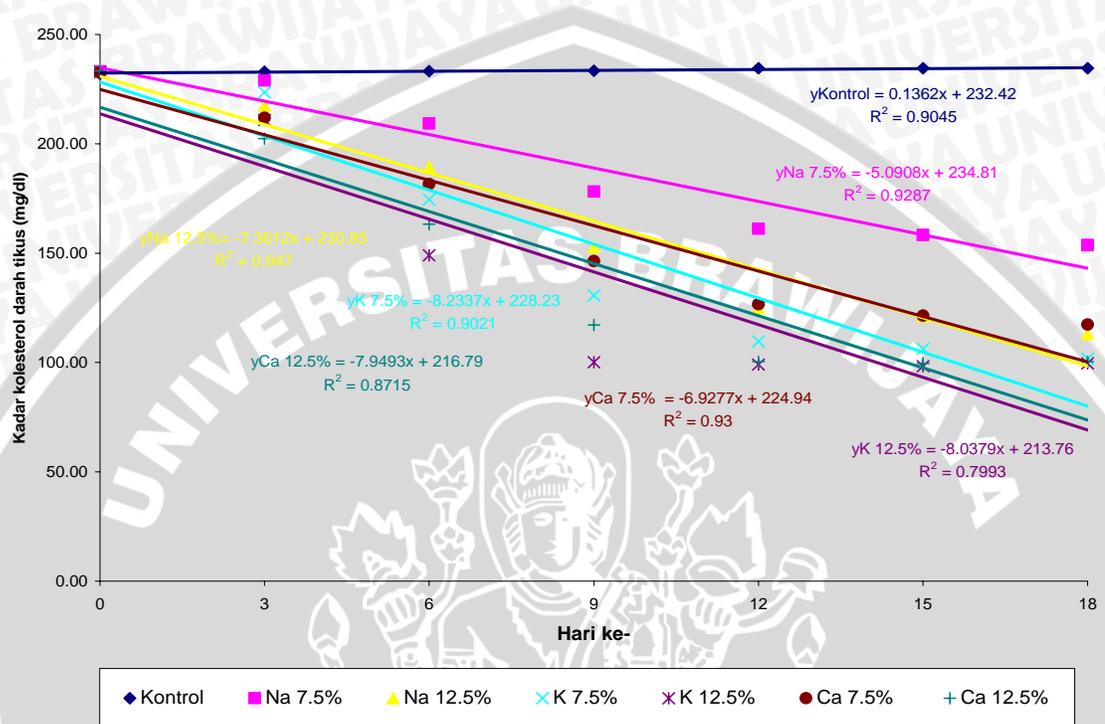
Berdasarkan pada Gambar 17, penurunan kadar kolesterol darah tikus berbeda nyata yang terjadi dari hari ke-0 hingga hari ke18. Penurunan kadar kolesterol darah tikus yang optimal terjadi pada hari yang ke-9. Kadar kolesterol darah tikus perlakuan berbeda nyata dengan kadar kolesterol darah tikus kontrol, dimana pada hari ke-18, kadar kolesterol tikus kontrol belum mengalami penurunan atau dapat dikatakan masih dalam kondisi hiperlipidemia.

Pemberian tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) dengan konsentrasi 12,5% lebih mampu menurunkan kolesterol darah dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan perlakuan pemberian tepung agar-agar dengan konsentrasi 7,5%. Heslet (2004), menyatakan bahwa jumlah serat dalam susunan menu dapat mempengaruhi jumlah kolesterol dalam darah, dimana serat larut mampu menurunkan kadar kolesterol. Penurunan ini diduga karena kandungan serat larut dalam rumput laut *Gelidium* spp. sebesar 68,5639%. Dimana semakin besar konsentrasi tepung agar-agar yang dikonsumsi maka semakin besar pula kandungan seratnya, sehingga kemampuan untuk menurunkan kadar kolesterol dalam darah akan semakin optimal. Lebih lanjut Muchtadi (2001), menyatakan bahwa penambahan serat ke dalam makanan dengan konsentrasi yang berbeda mampu menurunkan kadar kolesterol dalam darah.

Serat dapat menurunkan kadar kolesterol darah secara efektif. Karena serat akan mengikat asam empedu yang berguna untuk mengemulsikan lemak dan kolesterol yang terdapat dalam saluran cerna, lalu membawanya keluar tubuh bersama dengan feses (Anonymous, 2003^b). Ditambahkan oleh Siagian (2003), bahwa dengan mengkonsumsi beberapa jenis serat makanan tertentu maka dapat menurunkan kadar kolesterol total darah. Tidak semua jenis serat dapat menurunkan kolesterol darah, jenis serat yang dapat menurunkan kolesterol adalah adalah serat larut air (*soluble dietary fiber*) seperti pektin, gum, dan sebagian hemiselulosa (Wardlaw *et al.*, 2004).

Jika dibandingkan dengan perlakuan CMC makanan (kontrol), tepung agar-agar lebih optimal dalam menurunkan kolesterol darah sampai hari ke-18. CMC makanan belum mampu untuk menjadikan kolesterol darah menjadi normal sampai pada hari ke-18.

Hasil regresi hubungan kadar kolesterol darah tikus untuk perlakuan alkali NaOH, KOH dan Ca(OH)₂ dan lamanya konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik hubungan antara perbedaan penggunaan alkali dan konsentrasi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) terhadap kadar kolesterol darah tikus

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tikus kontrol didapatkan persamaan $y = 0,1362x + 232,42$ dengan $R^2 = 0,9045$, menunjukkan bahwa setiap hari kolesterol darah tikus kontrol bertambah 0,1362, maka pada perlakuan kontrol tidak mengalami penurunan kolesterol darah. Untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH 7,5% didapatkan persamaan $y = -5,0908 x + 234,81$ dengan $R^2 = 0,9287$, menunjukkan bahwa setiap hari kolesterol darah tikus berkurang 5,0908, maka kadar kolesterol tikus akan normal pada hari ke-21; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH 12,5% didapatkan persamaan $y = -7,3612$

$x + 230,85$ dengan $R^2 = 0,947$, menunjukkan bahwa setiap hari kolesterol darah tikus berkurang 7,3612, maka kadar kolesterol tikus akan normal pada hari ke-12; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH 7,5% didapatkan persamaan $y = -8,2337 x + 228,23$ dengan $R^2 = 0,9021$, menunjukkan bahwa setiap hari trigliserida darah tikus berkurang 8,2337, maka kadar kolesterol tikus akan normal pada hari ke-12; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH 12,5% didapatkan persamaan $y = -8,0379 x + 213,76$ dengan $R^2 = 0,7993$, menunjukkan bahwa setiap hari kolesterol darah tikus berkurang 8,0379, maka kadar kolesterol tikus akan normal pada hari ke-9; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan Ca(OH)_2 7,5% didapatkan persamaan $y = -6,9277 x + 224,94$ dengan $R^2 = 0,8715$, menunjukkan bahwa setiap hari kolesterol darah tikus berkurang 6,9277, maka kadar kolesterol tikus akan normal pada hari ke-12; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan Ca(OH)_2 12,5% didapatkan persamaan $y = -7,9493 x + 216,79$ dengan $R^2 = 0,93$ menunjukkan bahwa setiap hari kolesterol darah tikus berkurang 2,4633, maka kadar kolesterol tikus akan normal pada hari ke-9; Dari garis regresi tersebut dapat diketahui bahwa kadar kolesterol darah tikus mengalami penurunan dengan pemberian alkali pada proses pembuatan tepung agar-agar (*Gelidium* spp.). Jika dilihat dari slopenya maka dapat ditarik kesimpulan jika semakin besar slopenya maka semakin besar juga pengaruh *alkali treatment* dan konsentrasi terhadap penurunan kadar kolesterol tikus. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Hasil regresi hubungan kadar kolesterol darah tikus dengan produk agar-agar (*Gelidium spp.*) hasil ekstraksi NaOH, KOH dan Ca(OH)₂ dan lamanya konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium spp.*)

No.	Tepung agar-agar hasil ekstraksi	y	R ²	Kolesterol akan normal pada hari ke-
1.	NaOH 7,5%	-5,0908 x + 234,81	0,9287	21
2.	NaOH 12,5%	-7,3612 x + 230,85	0,947	12
3.	KOH 7,5%	-8,2337 x + 228,23	0,9021	12
4.	KOH 12,5%	-8,0379 x + 213,76	0,7993	9
5.	Ca(OH) ₂ 7,5%	-6,9277 x + 224,94	0,8715	12
6.	Ca(OH) ₂ 12,5%	-7,9493 x + 216,79	0,93	9

Data laju penurunan kadar kolesterol (mg/dl) pada tikus per 3 hari dapat dilihat pada Tabel 20, sedangkan untuk laju penurunan kadar kolesterol (mg/dl) pada tikus setiap 3 hari dapat dilihat pada Gambar 19. Menurut Sitompul dan Bambang (1995), laju penurunan relatif kadar kolesterol darah tikus dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$LPR \text{ (mg/dl/hari)} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Ket : W₂ = Kadar kolesterol pada hari ke-x (mg/dl)

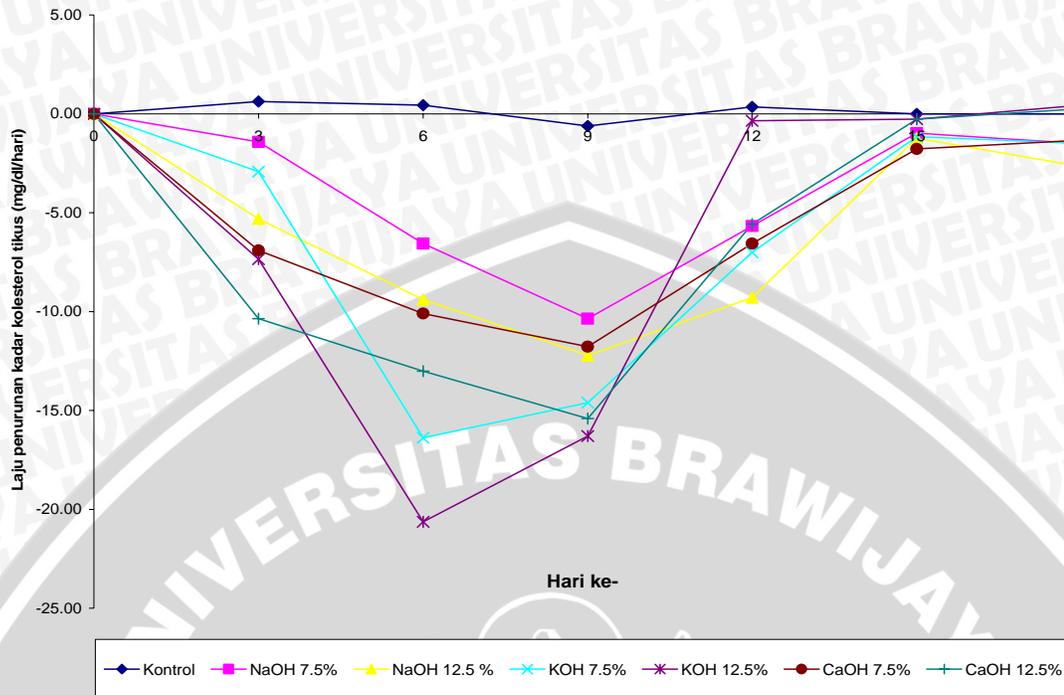
W₁ = Kadar kolesterol pada hari sebelumnya (mg/dl)

t₂ = Hari ke-x

t₁ = Hari sebelumnya

Tabel 20. Laju penurunan kadar kolesterol tikus per 3 hari (mg/dl/hari)

Hari ke-	Kontrol	Perlakuan					
		NaOH 7,5%	NaOH 12,5 %	KOH 7,5%	KOH 12,5%	CaOH 7,5%	CaOH 12,5%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,62	-1,42	-5,31	-2,92	-7,35	-6,91	-10,36
6	0,44	-6,55	-9,38	-16,38	-20,63	-10,09	-13,01
9	-0,62	-10,36	-12,22	-14,61	-16,29	-11,77	-15,41
12	0,35	-5,67	-9,30	-7,00	-0,35	-6,55	-5,58
15	0,00	-0,97	-1,24	-1,15	-0,27	-1,77	-0,27
18	0,00	-1,51	-2,66	-1,50	0,44	-1,33	0,27



Gambar 19. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap laju penurunan kadar kolesterol pada tikus

Berdasarkan grafik diatas maka dapat dilihat pengaruh konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap laju penurunan kadar kolesterol tikus, dimana terlihat sangat jelas dari hari ke hari kadar kolesterol tikus perlakuan terus menunjukkan penurunan, sedangkan untuk tikus kontrol berdasarkan hasil laju penurunan kadar kolesterol, kadar kolesterol tikus kontrol mengalami kenaikan dari hari ke hari. Hal ini dikarenakan serat yang terkandung dalam CMC 5% dalam ransum standart belum optimal menurunkan kadar kolesterol darah tikus menjadi normal pada hari yang ke-18.

4.5.2 Trigliserida darah

Lemak yang terdapat dalam makanan, hampir secara keseluruhan (90%) merupakan lemak yang terdapat dalam trigliserida, sedangkan 10% sisanya terdapat dalam bentuk kolesterol dan fosfolipida (Pilliang dan Djojosoebagio, 1996). Trigliserida merupakan bentuk lemak yang paling efisien untuk menyimpan kalor yang penting untuk proses-proses yang membutuhkan energi (Linder, 1992). Trigliserida darah tikus dianalisis setiap 3 hari sekali. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsumsi tepung agar-agar *Gelidium* spp. NaOH, KOH dan Ca(OH)₂ sebagai sumber serat larut terhadap kadar trigliserida darah tikus Hal ini untuk membuktikan peran serat larut dari agar-agar dalam mengontrol dan mempertahankan nilai trigliserida pada kisaran normal. Data nilai trigliserida darah tikus setiap 3 hari selama perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 12. Untuk lebih jelasnya data rerata nilai trigliserida darah tikus setiap 3 hari selama perlakuan dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Rerata nilai trigliserida darah tikus (mg/dl)

Hari ke-	Kontrol	Na		K		Ca	
		7,5%	12,5%	7,5%	12,5%	7,5%	12,5%
0	113,58±2,265	112,34±2,807	112,09±1,130	112,34±2,260	111,60±2,260	112,09±2,260	112,34±2,260
3	114,81±2,965	106,42±2,805	105,68±1,867	107,41±1,48	103,45±2,266	105,92±2,266	102,71±2,266
6	116,05±2,604	106,17±1,175	101,48±1,48	98,76±2,260	94,31±0,854	100,49±1,130	95,31±1,135
9	117,53±2,604	104,69±1,135	97,28±1,130	90,86±1,540	70,37±0,74	94,07±0,74	86,17±1,130
12	119,51±3,337	99,75±1,862	87,16±1,862	80,01±2,598	70,86±0,427	88,39±1,130	73,08±0,427
15	119,51±2,261	98,27±1,862	89,38±1,130	72,83±1,862	71,11±0,74	89,87±1,862	71,51±0,74
18	120,25±2,261	97,28±1,130	83,45±1,130	73,08±1,130	70,61±0,427	87,16±1,130	71,35±0,427

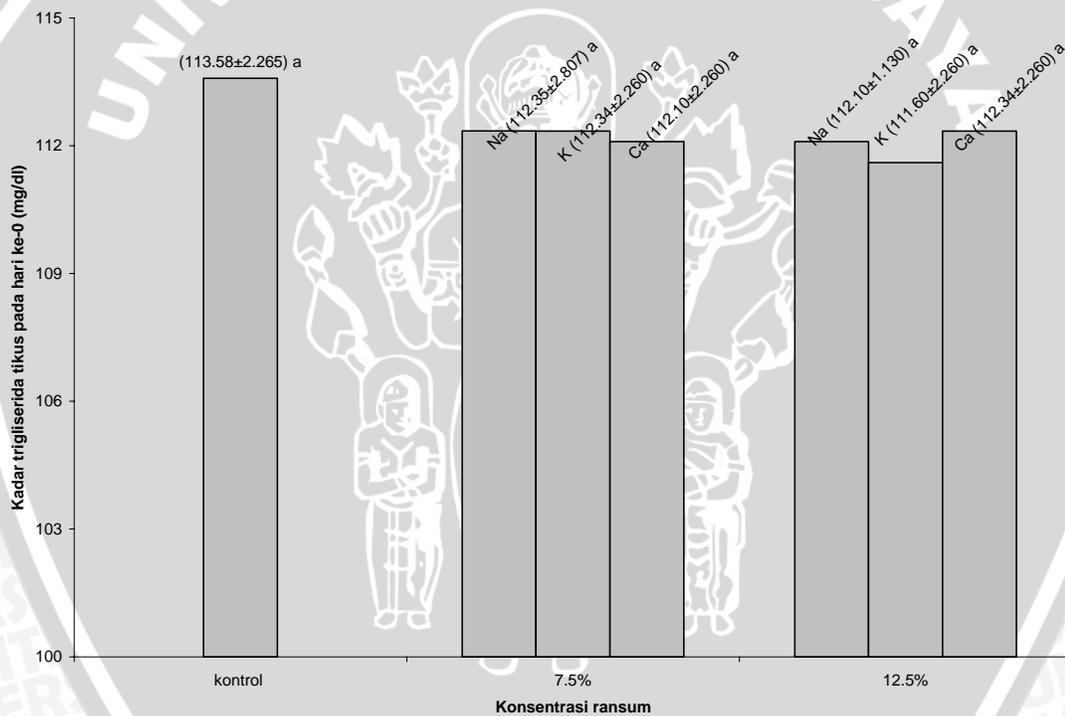
Keterangan : ^{a.} kadar trigliserida tikus normal ≤ 70 mg/dl (Agustin, 2006)

^{b.} n = 3 ulangan

Kadar trigliserida darah tikus pada perlakuan kontrol, pemberian tepung agar-agar NaOH, pemberian tepung agar-agar KOH dan pemberian tepung agar-agar Ca(OH)₂ adalah sebagai berikut: 117,31 mg/dl; 100,09 mg/dl; 87,70 mg/dl dan 92,16 mg/dl. Pemberian tepung agar-agar KOH 12,5% lebih optimal dalam menurunkan kadar

trigliserida darah tikus jika dibandingkan dengan kontrol, tepung agar-agar NaOH dan tepung agar-agar $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

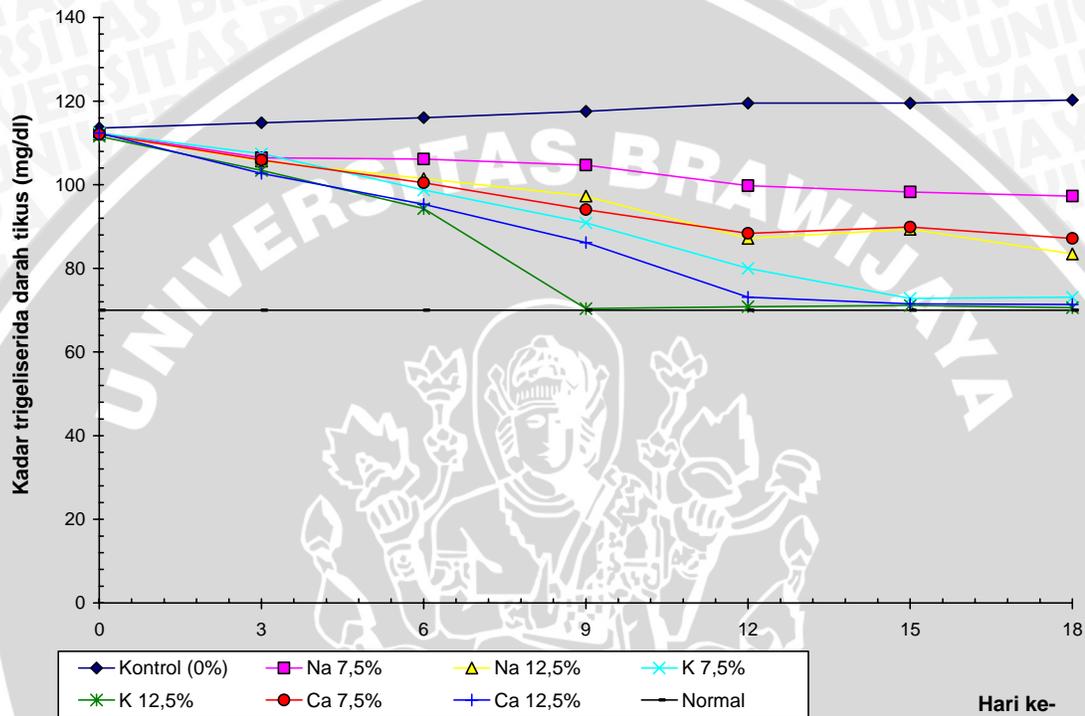
Berdasarkan hasil analisis statistik pada (Lampiran 14) menunjukkan bahwa kadar trigliserida tikus hari ke-0 untuk perlakuan dan kontrol tidak berbeda nyata ($p>0,05$), selanjutnya dilakukan uji BNJ pada kadar trigliserida hari ke-0 dengan $\alpha=0,05$, menunjukkan bahwa kadar trigliserida tikus kontrol pada hari ke-0 tidak berbeda nyata dengan kadar trigliserida tikus perlakuan hari ke-0. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Histogram pengaruh jenis ransum yang diberikan terhadap kadar trigliserida tikus pada hari ke-0

Dari hasil analisis statistik pada (Lampiran 13) menunjukkan bahwa proses *alkali treatment* berpengaruh nyata terhadap kadar trigliserida darah tikus ($p<0,05$), dan konsentrasi pemberian tepung-tepung agar-agar juga berpengaruh nyata terhadap kadar

trigliserida darah tikus ($p < 0,05$) dan terjadi interaksi antara proses *alkali treatment* dengan konsentrasi pemberian tepung agar-agar terhadap kadar trigliserida darah tikus ($p < 0,05$). Untuk faktor alkali dan konsentrasi yang berbeda nyata terhadap kadar trigliserida darah dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (*Gelidium spp.*) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap berat kadar trigliserida darah tikus

Berdasarkan grafik diatas, kadar trigliserida darah tikus perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kadar trigliserida darah tikus kontrol. Nilai kadar trigliserida darah tikus perlakuan terendah diperoleh tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH yang berbeda nyata dengan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH dan tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Nilai kadar trigliserida darah tikus

menunjukkan perbedaan yang nyata antara konsentrasi 7,5% dan konsentrasi 12,5%. Nilai kadar kolesterol darah tikus terendah diperoleh dari konsentrasi 12,5%. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar konsentrasi pemberian tepung agar-agar maka semakin cepat pula penurunan kadar trigliserida dalam darah. Hal ini diduga karena aktivitas dari serat makanan yang terkandung dalam tepung agar-agar.

Jika dikaitkan dengan kekuatan gel, maka semakin kuat gel yang dihasilkan maka akan semakin besar pula kemampuannya dalam menurunkan kadar trigliserida dalam darah. Hasil dari analisa kekuatan gel, kekuatan gel tertinggi diperoleh tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH dan kekuatan gel terendah diperoleh tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH. Jika dilihat keberadaannya dalam tabel unsur periodik, K mempunyai sifat kebasaan yang lebih kuat daripada Na dan Ca. Nilai pH sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, dimana semakin kecil nilai pH/asam maka kekuatan gel agar-agar semakin lemah. Sebaliknya semakin tinggi pH/ basa, semakin tinggi pula kekuatan gel agar-agar.

Menurut Agustin (2006), rumput laut *Gracilaria* bentuk gel lebih cepat menurunkan kadar kolesterol daripada bentuk larutan. Ditambahkan pula oleh Istini *et al* (2005), pembentukan gel rumput laut yang kuat dalam sistem pencernaan akan mempercepat gerak peristaltik usus, yang akan membantu mempercepat keluarnya sisa-sisa makanan melalui saluran pencernaan dan membantu mengurangi kelebihan kadar kolesterol dengan mempercepat waktu transit makanan berlemak.

Berdasarkan grafik diatas, penurunan kadar trigliserida darah tikus berbeda nyata yang terjadi dari hari ke-0 hingga hari ke-9, namun setelah hari ke-9 kadar trigliserida tidak menunjukkan penurunan yang berbeda nyata. Penurunan kadar trigliserida darah tikus yang optimal terjadi pada hari yang ke-9. Kadar trigliserida darah tikus perlakuan

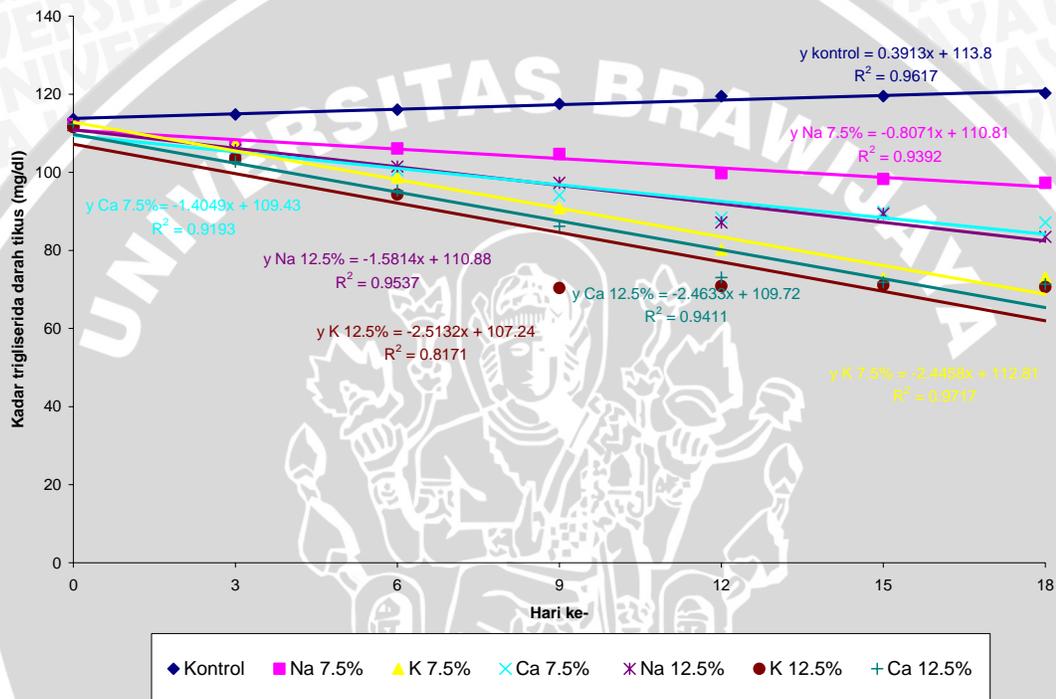
berbeda nyata dengan kadar trigliserida darah tikus kontrol, dimana pada hari ke-18, kadar trigliserida tikus kontrol belum mengalami penurunan, sehingga dapat dikatakan bahwa CMC makanan belum mampu untuk menjadikan kadar trigliserida darah menjadi normal sampai pada hari ke-18. Pernyataan ini didukung oleh pendapat dari Hambali (2003), yang menyatakan bahwa serat komersil (CMC) kurang mampu menurunkan kadar trigliserida.

Menurut Linder (1992), diet serat yang tinggi dapat menghambat penyerapan lemak-lemak jenuh serta akan banyak mengikat air dan juga mempercepat pengeluaran sisa makanan dan asam-asam lemak dalam pencernaan (trigliserida), sehingga dengan banyaknya lemak-lemak yang dikeluarkan maka akan semakin berkurang jumlah lemak dalam tubuh, hal ini dapat mengakibatkan turunnya kadar trigliserida dalam darah. Ditambahkan oleh Montgomery *et al.*, (1993), lemak dalam bentuk trigliserida merupakan bentuk penyimpanan energi yang utama pada manusia. Lemak dapat disimpan pada jaringan adiposit. Akumulasi lemak dalam tubuh secara berlebihan, berhubungan dengan naiknya jumlah adiposit akibat dari menumpuknya trigliserida. Hal ini dapat menyebabkan terjadi obesitas (kegemukan). Obesitas dapat dicegah dengan cara mengkonsumsi serat pangan secara teratur. Ada beberapa alasan mengapa serat pangan dapat mencegah obesitas, yaitu :

1. Makanan tanpa serat mengandung energi lebih banyak, jika dibandingkan dengan yang mengandung serat.
2. Serat dapat meningkatkan intensitas pengunyahan, memperlambat proses makan dan menghambat laju pencernaan makanan.
3. Diet kaya serat dapat meningkatkan ekskresi lemak dan nitrogen melalui feses.

- Makanan yang mengandung serat akan memberikan rasa kenyang lebih lama dibandingkan dengan tanpa serat.

Hasil regresi hubungan kadar trigliserida darah tikus untuk perlakuan alkali NaOH, KOH dan Ca(OH)₂ dan lamanya konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Grafik hubungan antara perbedaan penggunaan alkali dan konsentrasi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) terhadap kadar trigliserida darah tikus

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tikus kontrol didapatkan persamaan $y = 0,3913 x + 113,8$ dengan $R^2 = 0,9617$, menunjukkan bahwa setiap hari trigliserida darah tikus kontrol bertambah 0,3913, maka pada perlakuan tikus kontrol tidak mengalami penurunan trigliserida darah, melainkan mengalami kenaikan trigliserida sebesar 0,3913. Untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH 7,5% didapatkan persamaan $y = -0,8071 x + 110,81$ dengan $R^2 = 0,9392$, menunjukkan bahwa

setiap hari trigliserida darah tikus berkurang 0,8071, maka kadar trigliserida tikus akan normal pada hari ke-28; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH 12,5% didapatkan persamaan $y = -1,5814 x + 110,88$ dengan $R^2 = 0,9537$, menunjukkan bahwa setiap hari trigliserida darah tikus berkurang 1,5814, maka kadar trigliserida tikus akan normal pada hari ke-21; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH 7,5% didapatkan persamaan $y = -2,4458 x + 112,81$ dengan $R^2 = 0,9717$, menunjukkan bahwa setiap hari trigliserida darah tikus berkurang 2,4458, maka kadar trigliserida tikus akan normal pada hari ke-18; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH 12,5% didapatkan persamaan $y = -2,5132 x + 107,24$ dengan $R^2 = 0,8171$, menunjukkan bahwa setiap hari trigliserida darah tikus berkurang 2,5132, maka kadar trigliserida tikus akan normal pada hari ke-9; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 7,5% didapatkan persamaan $y = -1,4049 x + 109,43$ dengan $R^2 = 0,9193$, menunjukkan bahwa setiap hari trigliserida darah tikus berkurang 1,4049, maka kadar trigliserida tikus akan normal pada hari ke-24; untuk tikus perlakuan yang diberi tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 12,5% didapatkan persamaan $y = -2,4633 x + 109,72$ dengan $R^2 = 0,9411$, menunjukkan bahwa setiap hari trigliserida darah tikus berkurang 2,4633, maka kadar trigliserida tikus akan normal pada hari ke-15; Dari garis regresi tersebut dapat diketahui bahwa kadar trigliserida darah tikus mengalami penurunan dengan pemberian alkali pada proses pembuatan tepung agar-agar (*Gelidium* spp.). Jika dilihat dari slopenya maka dapat ditarik kesimpulan jika semakin besar slopenya maka semakin besar juga pengaruh *alkali treatment* dan konsentrasi terhadap penurunan kadar trigliserida tikus. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Hasil regresi hubungan kadar trigliserida darah tikus dengan produk agar-agar (*Gelidium spp.*) hasil ekstraksi NaOH, KOH dan Ca(OH)₂ dan lamanya konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium spp.*)

No.	Tepung agar-agar hasil ekstraksi	y	R ²	Kolesterol akan normal pada hari ke-
1.	NaOH 7,5%	-0,8071 x + 110,81	0,9392	28
2.	NaOH 12,5%	-1,5814 x + 110,88	0,9537	21
3.	KOH 7,5%	-2,4458 x + 112,81	0,9717	18
4.	KOH 12,5%	-2,5132 x + 107,24	0,8171	9
5.	Ca(OH) ₂ 7,5%	-1,4049 x + 109,43	0,9193	24
6.	Ca(OH) ₂ 12,5%	-2,4633 x + 109,72	0,9411	15

Data laju penurunan kadar trigliserida (mg/dl) pada tikus per 3 hari dapat dilihat pada Tabel 23, sedangkan untuk laju penurunan kadar trigliserida (mg/dl) pada tikus setiap 3 hari dapat dilihat pada Gambar 23. Menurut Sitompul dan Bambang (1995), laju penurunan relatif kadar trigliserida darah tikus dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{LPR (mg/dl/hari)} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Ket : W₂ = Kadar trigliserida pada hari ke-x (mg/dl)

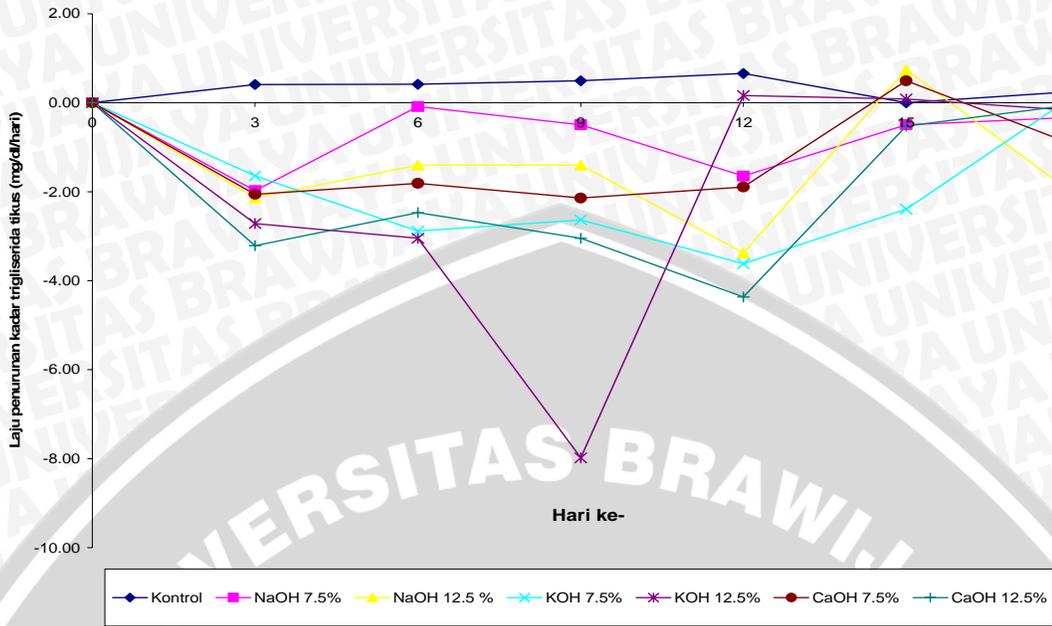
W₁ = Kadar trigliserida pada hari sebelumnya (mg/dl)

t₂ = Hari ke-x

t₁ = Hari sebelumnya

Tabel 23. Laju penurunan kadar trigliserida tikus per 3 hari (mg/dl/hari)

Hari ke-	Kontrol	Perlakuan					
		NaOH 7.5%	NaOH 12.5 %	KOH 7.5%	KOH 12.5%	CaOH 7.5%	CaOH 12.5%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,41	-1,97	-2,14	-1,64	-2,72	-2,06	-3,21
6	0,41	-0,08	-1,40	-2,88	-3,05	-1,81	-2,47
9	0,49	-0,49	-1,40	-2,63	-7,98	-2,14	-3,05
12	0,66	-1,65	-3,37	-3,62	0,16	-1,89	-4,36
15	0,00	-0,49	0,74	-2,39	0,08	0,49	-0,52
18	0,25	-0,33	-1,98	0,08	-0,17	-0,90	-0,05



Gambar 23. Grafik pengaruh pemberian tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap laju penurunan kadar trigliserida pada tikus

Berdasarkan grafik diatas maka dapat dilihat pengaruh konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) dengan alkali dan konsentrasi yang berbeda terhadap laju penurunan kadar trigliserida tikus, dimana terlihat sangat jelas dari hari ke hari kadar trigliserida tikus perlakuan terus menunjukkan penurunan, sedangkan untuk tikus kontrol berdasarkan hasil laju penurunan kadar trigliserida, kadar trigliserida tikus kontrol mengalami kenaikan dari hari ke hari. Hal ini dikarenakan CMC 5% yang terkandung dalam ransum standart belum mampu menurunkan kadar trigliserida darah menjadi normal pada hari yang ke-18.

4.5.3 Kolesterol dalam feses tikus

Hasil analisis kolesterol dalam feses tikus dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Nilai analisis kolesterol feses pada hari ke-6 perlakuan

No.	Perlakuan	Rata-rata Kolesterol Feses (mg/g)
1.	Tepung agar-agar NaOH 7,5%	3,9343±1,03
2.	Tepung agar-agar KOH 7,5%	1,7793±0,21
3.	Tepung agar-agar Ca(OH) ₂ 7,5%	3,5365±0,56
4.	Tepung agar-agar NaOH 12,5%	3,9636±1,85
5.	Tepung agar-agar KOH 12,5%	6,7526±2,56
6.	Tepung agar-agar Ca(OH) ₂ 12,5%	5,1422±1,86
7.	Kontrol	2,9419±2,39

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa, kandungan kolesterol dalam feses untuk pemberian tepung agar-agar KOH dengan konsentrasi 12,5% mempunyai nilai yang lebih tinggi sebesar 6,7526 mg/g jika dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini dipengaruhi oleh banyak jumlah konsumsi serat yang terdapat dalam pakan tikus, dimana jumlah serat larut yang dihasilkan oleh tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH sebesar 58,004%. Dalam hal ini jenis serat yang berperan dalam mengikat kolesterol adalah serat larut air seperti pektin, gum dan sedikit hemiselulosa. Sedangkan jenis serat yang berperan dalam membantu memperlancar pengeluaran feses adalah serat tidak larut air seperti lignin, selulosa dan hemiselulosa (Wardlaw *et al.*, 2004).

Untuk perlakuan kontrol, kandungan kolesterol dalam feses sebesar 2,9419 mg/g. Nilai ini masih kecil jika dibandingkan dengan perlakuan Na konsentrasi 7,5% dan 12,5%, perlakuan K 7,5% dan perlakuan Ca 7,5% dan 12,5%. Hal ini dipengaruhi bahwa serat yang dikandung oleh CMC kurang optimal untuk mengikat kolesterol sehingga kolesterol yang terdapat dalam feses jumlahnya kecil. Dengan demikian, jika rumput laut dibentuk menjadi gel dan konsentrasi yang diberikan semakin besar maka semakin banyak kolesterol yang terikat oleh serat. Sehingga akan semakin meningkatkan kandungan kolesterol dalam feses. Dengan semakin besarnya jumlah kolesterol dalam

feses, maka kadar kolesterol dalam darah juga akan semakin berkurang. Hal ini dapat diketahui dari kadar kolesterol dalam darah tikus pada hari ke-6 untuk perlakuan kontrol 235,32 mg/dl; untuk perlakuan NaOH 7,5% sebesar 209,29 mg/dl; untuk NaOH 12,5% sebesar 189,38 mg/dl; untuk perlakuan KOH 7,5% sebesar 174,50 mg/dl; untuk KOH 12,5% sebesar 149,00 mg/dl; untuk perlakuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 7,5% sebesar 181,67 mg/dl; untuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 12,5% sebesar 163,35 mg/dl.

Dari hasil analisis kolesterol feses tersebut diatas maka dapat diketahui bahwa semakin banyak serat yang dimakan maka semakin cepat penurunan kolesterol feses dalam darah tikus wistar sehingga kandungan kolesterol yang ikut terbuang bersama feses semakin besar. Hal ini diduga kandungan serat dalam pemberian tepung agar-agar *Gelidium* spp. benar-benar mampu mengikat kelebihan lemak dan membawanya keluar dari tubuh melalui feses. Serat pangan merupakan komponen penting dalam diet sehari-hari. Kenaikkan konsumsi serat pangan dapat berinteraksi secara langsung dalam proses absorpsi baik didalam usus halus maupun didalam usus besar. Dalam usus halus serat pangan akan menyerap dan mengikat asam-asam empedu dan selanjutnya akan dikeluarkan dari tubuh bersama-sama dengan tinja. Berkurangnya asam empedu tersebut akan menyebabkan hati mensintesis asam empedu lagi, sehingga kolesterol yang merupakan bahan dasar sintesis asam empedu tersebut, jumlahnya akan berkurang baik kolesterol dalam darah maupun dalam jaringan (Anonymous, 2003^a).

Tugas utama dari serat yaitu untuk melancarkan gerak peristaltik usus, sekaligus memudahkan pengeluaran sisa-sisa makanan. Serat membersihkan sisa makanan dengan cara mengikat sisa makanan dalam usus dan menyerap air sebanyak-banyaknya. Dengan begitu volume tinja menjadi meningkat dan lunak, sehingga bisa dengan mudah dan cepat dikeluarkan oleh usus. Hasilnya proses buang air besar pun menjadi lancar. Bukan

itu saja, lemak dan aneka macam produk hasil metabolisme tubuh yang tidak diperlukan tubuh, juga ikut terbuang (Anonymous, 2003^b). Dalam hal ini jenis serat yang berperan dalam mengikat kolesterol adalah serat larut air seperti pektin, gum dan sedikit hemiselulosa. Sedangkan jenis serat yang berperan dalam membantu memperlancar pengeluaran feses adalah serat tidak larut air seperti lignin, selulosa dan hemiselulosa (Wardlaw *et al.*, 2004). Rumput laut *Gelidium* spp. mengandung serat larut air sebesar 37,4152% dan serat tidak larut air sebesar 31,0874%, hal inilah yang diduga dapat menurunkan kadar lipid darah dalam kondisi berlebih kemudian mengeluarkannya dari dalam tubuh bersama dengan feses.

Menurut Waspadji (1990), serat makanan dapat dibagi dua bagian besar yaitu serat larut dan serat tidak larut. Serat larut berpengaruh baik terhadap metabolisme karbohidrat dan lemak. Serat larut didalam usus besar diragikan menjadi gas dan asam lemak rantai pendek yang dengan cepat dikeluarkan/dibuang sehingga kurang berpengaruh terhadap massa feses, sedangkan serat tidak larut lebih banyak berpengaruh terhadap massa feses, tetapi sedikit mempunyai pengaruh metabolik.

Menurut Istini *et al.*, (2005), pembentukan gel rumput laut yang kuat dalam sistem pencernaan akan mempercepat gerak peristaltik usus, yang akan membantu mempercepat keluarnya sisa-sisa makanan melalui saluran pencernaan dan membantu mengurangi kelebihan kadar kolesterol dengan mempercepat waktu transit makanan berlemak. Jika dikaitkan dengan kekuatan gel, didapatkan bahwa semakin kuat gel yang dihasilkan maka akan semakin besar pula kemampuan gel untuk mengikat lemak yang ada dalam tubuh sehingga semakin banyak jumlah feses yang dikeluarkan maka kolesterol dalam feses akan semakin tinggi. Hasil analisa kekuatan gel, kekuatan gel tertinggi diperoleh tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan KOH dan kekuatan gel

terendah diperoleh tepung agar-agar hasil ekstraksi dengan NaOH. Jika dilihat dari keberadaannya dalam tabel unsur periodik, K mempunyai sifat kebasaaan yang lebih kuat daripada Na dan Ca. Nilai pH sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, dimana semakin kecil nilai pH/asam maka kekuatan gel agar-agar semakin lemah. Sebaliknya semakin tinggi pH/ basa, semakin tinggi pula kekuatan gel agar-agar. Pembentukan gel sangat dipengaruhi oleh beberapa macam faktor, antara lain konsentrasi agar-agar, derajat keasaman, gula dan banyaknya kandungan sulfat dalam agar-agar. Keasaman (pH) sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, semakin pH turun kekuatan gel agar-agar semakin lemah sampai pH 2,5 (Stephen, 1995).



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) hasil *alkali treatment* terhadap kadar lipid darah tikus wistar *hiperlipidemia* maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Konsumsi tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) hasil ekstraksi dengan alkali yang berbeda mampu menurunkan kadar lipid serum darah tikus wistar.
2. Tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) hasil ekstraksi dengan KOH lebih optimal dalam menurunkan kadar lipid darah tikus wistar.
3. Penambahan tepung agar-agar (*Gelidium* spp.) hasil ekstraksi dengan NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2 dengan konsentrasi 12,5% pada ransum tikus lebih optimal menurunkan kadar lipid darah tikus wistar.
4. Kekuatan gel agar-agar berpengaruh terhadap penurunan kadar lipid serum darah tikus wistar, dimana semakin tinggi kekuatan gel agar-agar, maka semakin besar penurunan kadar lipid serum darah tikus wistar.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penambahan bahan alkali (NaOH, KOH, dan Ca(OH)_2) terhadap organ tubuh tikus putih wistar (hati dan ginjal) dan perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang proses pembuatan tepung agar-agar dengan penambahan bahan alkali (NaOH, KOH, Ca(OH)_2) sehingga menghasilkan tepung agar-agar bentuk garam Na, K dan Ca.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2003^a. Kolesterol. Majalah Nirmala. <http://cybermed.cbn.net.id>. Diakses 28 November 2006. 2 hal.
- _____. 2003^b. Macam dan Sumber Serat. www.vegeta.com. Diakses 28 November 2006. 7 hal.
- _____. 2004^a. Serat Mengikat Glukosa, Menurunkan Kolesterol. <http://www.kompas.com>. Diakses 25 April 2006. 4 hal
- _____. 2004^b. Agar-agar Pencegah Hipertensi dan Diabetes. <http://www.kompas.com/kesehatan/news/htm>. Diakses 29 Juni 2006. 3 hal.
- _____. 2006^a. A Guide To The Seaweed Industry. <http://www.fao.org/documents/show/htm>. Diakses 30 mei 2006. 16 hal.
- _____. 2006^b. Sodium hydroxide. www.thecolumbiaencyclopedia.com. Diakses 17 Juni 2006. 6 hal
- _____. 2006^c. Calcium hydroxide. www.wikipedia.com. Diakses 17 Juni 2006. 2 hal.
- Agustin, E. W. 2004. Pengaruh Pemberian Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Bentuk Larutan dan Gel Secara Parenteral Terhadap Kadar Lipid Darah Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*). Laporan Skripsi. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan.hal 60.
- Angka, S. L. dan M. T. Suhartono. 2000. Bioteknologi Hasil Laut. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 149 hal.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N. L. Puspitasari, Sedarnawati dan S. Budiyanto. 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 229 hal.
- Aslan, L. M. 1998. Budidaya Rumput Laut. Kanisius. Yogyakarta. 97 hal.
- Astawan, M. 2004. Agar-agar Pencegah Hipertensi dan Diabetes. <http://www.kompas.com/kesehatan/news/0405/30/084212.htm>. Diakses 29 Juni 2006. 4 Hal.
- Astuti. M. 1986. Uji Gizi I. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 57 hal.
- Belitz, H. D and W. Grosch. 1987. Food Chemistry. Springer-Verlag. Berlin. 992 pp.

- Daintith, J. 1997. Kamus Lengkap Kimia. Erlangga. Jakarta. 473 hal.
- Dewan Standardisasi Nasional (SNI). 1995. Standar Nasional Indonesia Agar-agar Tepung. Jakarta. hal 1-2
- Dorian, T. 2001. Benefit of Wheat Brand. <http://www.chistianity.com>. Diakses 7 Juli 2006. 7 hal.
- Effendie, M. I. 1997. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 163 hal.
- Girindra, A. 1986. Biokimia I. PT. Gramedia. Jakarta. 85 hal.
- Guyton, A. 1983. Fisiologi Kedokteran. Edisi 5. Bagian 2. Alih Bahasa Oleh A. Dharma dan P. Lukmanto. Penerbit Buku Kedokteran. EGC. Jakarta. 696 hal.
- Hambali, H. 2003. Ada Serat, Jantung Sehat. http://mail_archive.com. Diakses 23 Februari 2007. 3 hal.
- Hartono, A. 2000. Asuhan Nutrisi Rumah Sakit, Diagnosi, Konseling dan Preskripsi. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 197 hal
- Hermana, R. 2001. Pengaruh Diet Tinggi Serat Pada Fermentasi Mikroflora Kolon dan Perkembangan Sel Karsinoma Kolorental Skripsi. Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan. hal 22-23
- Heslet, L. 2004. Kolesterol yang Perlu Anda Ketahui. Diterjemahkan oleh Anton Adiwiyoto. Kesaint Blanc Anggota IKAPI. Jakarta. 99 hal.
- Indriani, H dan E. Suminarsih. 2003. Budidaya Pengolahan dan Pemasaran rumput Laut. Penebar Swadaya. Jakarta. 99 hal
- Istini, S., A. Zalnika dan Suhaimi. 1985. Manfaat dan Pengolahan Rumput Laut. <http://www.fao.org>. Diakses : 25 April 2006. 14 hal
- Joseph, G. 2002. Manfaat Serat Makanan Bagi Kesehatan Kita. Makalah Falsafah Sains. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 5 hal.
- Kaptiningsih, A. 1990. Kolesterol Ensiklopedi Nasional Indonesia. Jilid 9. PT. Cipta Adi Pustaka. Jakarta. hal 37-38.
- Kasim, S. R. 2004. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi dan Lama Pemberian Rumput Laut (*Eucheuma cottoni*) terhadap Kadar Lipid Serum Darah Tikus Putih Wistar (*Rattus novergicus*). Tidak diterbitkan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang. Hal 11.

- Khosman, A. 2001. Serat Gizi yang Terlupakan. www.kompas.com. Diakses 23 februari 2007. 4 hal.
- Kritchevsky, D. 1964. Animal Techniques For Evaluating Hypocholesteremic Drugs. Animal and Clinical Pharmacologic Techniques in Drug Evaluation. Year Book Medical Publishers. Inc. Chicago. 704 pp.
- Lamid, A., E. Rustam dan Komari. 2002. Pengaruh Rumput Laut Dalam Menurunkan Berat Badan dan Kolesterol Pada Orang Kegemukan. Seminar Nasional PATPI. Malang. hal 183-187.
- Linder, M. C. 1992. Biokimia Nutrisi dan Metabolisme. Alih bahasa oleh Aminuddin Parakkasi. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 781 hal.
- Lukito, E. H. 2002. Pengaruh pH dan Penambahan KCl Terhadap Sifat Fisiko-Kimia dan Organoleptik Agar-agar Kertas Rumput Laut (*Gracilaria curtissiae*). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan. Hal 10-32.
- McHugh, D.J. 2003. A Guide To The Seaweed Industry. www.fao.org. 25 Hal.
- Moirano, A. L. 1977. Sulfated Seaweed Polysaccharide Food Coloids. AVI Westport. Connecticut. 879 pp.
- Montgomery, R., R.L. Dryer, T. W. Conway, dan A. A. Spector. 1993. Biokimia. Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus. Jilid 2. Alih bahasa oleh M. Ismadi. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta. 1372 hal.
- Muchtadi, D. 1989. Evaluasi Nilai Gizi Pangan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Pusat antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 216 hal.
- _____. 2001. Sayuran Sebagai Sumber Serat Pangan Untuk Mencegah Timbulnya Penyakit Degeneratif. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI). Vol. XII. No.1 Institut Pertanian Bogor. Bogor. hal 61-71.
- Nasran, S. 1992. Pengolahan Agar-agar Kertas. Kumpulan Hasil-hasil Penelitian Pasca Panen Perikanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 169 Hal.
- Nasional Research Council (NRC). 1978. Nutrient Requirements of Sciences. Washington DC.
- Olson, R. E, H. P. Broquist, C. O. Chichester, W. J. Darby, A. C. Kolbye and R. M. Stalvey. 1987. Energi dan zat-zat Gizi. PT. Gramedia. Jakarta. 278 hal.
- Petrucci, R.H. 1992. Kimia Dasar. Erlangga. Jakarta. 87 hal.

- Piliang, W. G dan S. Djojosoebagio. 1996. Fisiologi Nutrisi. Volume I. Edisi kedua. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 279 hal.
- Rifal, N., Bachorich, P.S., and Albers, J.J. 1999. Lipid, Lipoprotein and Apoprotein. In : Burtis, C.A., Ashwood, E.R., editor : Tietz Textbook of Clinical Chemistry. Philadelphia : W.B. Saunders Company
- Sargowo, D. 1997. Hiperlipidemia Pada Penyakit Jantung Koroner dan Sindroma Koroner Aku. Jurnal Penelitian Ilmu-ilmu Hayati Volume 9. No. 2 Desember 1997. Lembaga Penelitian Universitas Brawijaya. Malang. hal 80-81.
- Schunack, W, K. Mayer, and M. Haake.1990. Senyawa Obat. Alih bahasa oleh S. W. Soebito dan K. Patmawinata. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta. 894 hal.
- Shanti. 2003. Studi Tentang Proses Ekstraksi Agar-agar dari Rumput Laut Merah (*Gracilaria verucosa*) di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Serpong Tangerang Banten. Laporan Praktek Kerja Lapang. Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan. hal 23-30.
- Siagian, A. 2003. Tentang Serat Makanan. <http://www.kompas.co.id>. Diakses 20 Juli 2006.
- Sitompul, S. M dan Bambang G. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. UGM Press. Yogyakarta.72 hal.
- Smith, J.B, dan Mangkoewidjojo, S. 1998. Pemeliharaan, Pembiakan dan Penggunaan Hewan Percobaan di Daerah Tropis. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 276 hal.
- Stephen, A. M. 1995. Food Polysaccharides and Their Applications. Marcel Dekker, Inc. New York. 653 pp.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, Suhardi. 1997. Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta. 160 hal.
- Suhardjo dan C. M. Kusharto. 2000. Ilmu Gizi. Kanisius. Yogyakarta. 160 hal.
- Sulaeman, A., F. Anwar, Rinbauan, dan S. A. Marliyati. 1993. Metode Analisis Komposisi Zat Gizi Makanan. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 107 hal.
- Sunardi dan Bambang C. 2000. Effect of *Gracilaria* sp. and *Gelidium* sp. Seaweed Ratio and Sodium Hydroxide Added on Leather Agar Quality. Seminar Nasional Industri Pangan. Teknologi Pangan Institut Pertanian Bogor. Hal 274-282
- Sunarti, S. 1990. Rumput Laut. Ensiklopedi Nasional Indonesia. Jilid 14. P.T. Cipta Adi Pustaka. Jakarta. hal 287-288 hal.

- Suryaningrum, T. S. 1998. Sifat-sifat Mutu Komoditi Rumput Laut *Eucheuma cottoni* dan *Eucheuma spinosum*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 145 hal.
- Susanti, W. 2004. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Pemberian Tepung Agar-Agar (*Gracilaria* sp) Terhadap Kadar Lipid Serum Darah Tikus Putih Wistar (*Rattus norvegicus*). Laporan Skripsi. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan. hal 47.
- Suyitno. (1991). Bahan Ajaran. Serat Makanan. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 256 hal.
- Tabrani. 1982. Masatua Yang Berguna Bahagia dan Sejahtera. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 36 hal.
- Tranggono. 1992. Buku Monograf. Biokimia. Pusat Antar Universitas. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 735 hal.
- Wasito. 1992. Hewan Model Dalam Uji Gizi. Pusat Antar Universitas. Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 175 hal.
- Wardlaw, G. M., J. S. Hampl and R. A. Disilvetro. 2004. Perspectives In Nutrition. Sixth Edition. Higher Education. Companies. New York. 728 pp.
- Waspadji, S. 1990. Diabetes Mellitus dan Serat. Journal of Indonesian Nutrition Association. Gizi Indonesia. P.61-72.
- Wikanta, T, R. R. Nasution dan Lestari Rahayu. 2003. Pengaruh Pemberian Natrium Alginat Terhadap penurunan Kadar Kolesterol Total Darah dan Bobot Badan Tikus. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Volume 9 nomor 5. hal 23-31.
- Williams, P. A. 2004. Gums and Stabilisers For The Food Industry II. Royal Society of Chemistry. California. 370 pp.
- Winarno, F. G. 1996. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta. 111 hal.
- _____. 1997. Kimia Pangan dan Gizi. P.T. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 253 hal.
- Yatim, F. L. 2002. Jantung Koroner Stroke Meninggal Mendadak Atasi Dengan Pola Hidup Sehat. Pustaka Obor. Jakarta. 85 hal.
- Yitnosumarto, S. 1993. Percobaan Analisis dan Interpretasinya. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 299 hal.

Yunizal. 2002. Teknologi Ekstraksi Agar-Agar dari Rumput Laut Merah (Rhodophyceae). Pusat Riset Pengolahan Produk Dan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan Pusat Riset Kelautan Dan Peikanan. Departemen Kelautan Dan Perikanan Jakarta. Jakarta. 63 hal.

