

**PENGARUH KONSUMSI LARUTAN DAN GEL RUMPUT LAUT
Gelidium spp TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH
TIKUS PUTIH WISTAR (*Rattus novergicus*)**

**LAPORAN SKRIPSI
TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN**

Oleh :
GUGUN GUNAWAN
0510832006



**FAKULTAS PERIKANAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

**PENGARUH KONSUMSI LARUTAN DAN GEL RUMPUT LAUT
Gelidium spp TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH
TIKUS PUTIH WISTAR (*Rattus novergicus*)**

Oleh :
GUGUN GUNAWAN
0510832006

Dosen Pengaji I

Ir. Sri Dayuti

Tanggal :

Dosen Pengaji II

Ir. Dwi Setijawati, M.Kes

Tanggal :

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Hardoko, MS

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

Ir. Bambang Budi Sasmito, MS

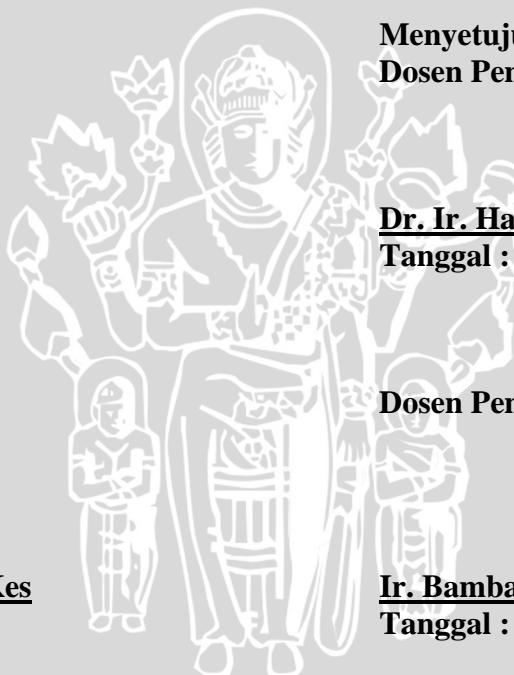
Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Ir. Maheno Sri Widodo, MS

Tanggal :

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
FAKULTAS PERIKANAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Jl. Veteran Telp./ Fax. (0341)553512, 551611. Pes 215, 216 Malang – 65145

KARTU REVISI

Nama/NIM	:	Gugun Gunawan
Jurusan	:	THP
Nama Dosen Pembimbing	:	1. Dr. Ir. Hardoko, MS 2. Ir. Bambang Budi Sasmito, MS
Nama Dosen Pengaji	:	1. Ir. Sri Dayuti 2. Ir. Dwi Setijawanti, M.Kes
Judul	:	Pengaruh Konsumsi Larutan dan Gel Rumput Laut <i>Gelidium spp</i> Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Putih Wistar (<i>Rattus novergicus</i>).

No	Hal	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	Keterangan
1	i - iii	Pengaturan spasi	Sudah diperbaiki	Daftar isi
2	3	Kondisi berlebih	Kondisi <i>hiperglikemia</i>	Bab 1
3	19	Emq/1	mEq/1	Bab 2
4	9	Gambar rumput laut	Sudah diperbaiki	Bab 2
5	26	Tepung karaginan	Tepung rumput laut <i>Gelidium spp</i>	Bab 3
6	25	Mengapa tikus jantan	,dipakai tikus jantan agar tidak terjadi siklus mestruasi pada saat penelitian,	Bab 3
7	27	kontrol (+) 0.0 % (B1), kontrol (-) 0.0 %, (B2) konsentrasi 5.0 %	kontrol (+) 0.0 %, kontrol (-) 0.0 %, konsentrasi 5.0 %	Bab 3
8	28	Maksud pemberian makan dua tahap	Sudah dijelaskan	Bab 3
9	43	Keterangan rumus	Sudah dijelaskan	Bab 3
10		(CMC) carboxy metyle cellulosa	carboxy metyle cellulosa (CMC)	Bab 2, 3, 4
11	73- 81	Gambar kurang informatif	Sudah diperbaiki	Bab 4
12	82	Kesimpulan dan saran	Sudah diperbaiki	Bab 5
13		Penulisan	Sudah diperbaiki	Bab 1, 2, 3, 4

Menyetujui,

Dosen Pengaji I

Ir. Sri Dayuti

Tanggal :

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Hardoko, MS

Tanggal :

Dosen Pengaji II

Dosen Pembimbing II

Ir. Dwi Setijawanti, M.Kes

Tanggal :

Ir. Bambang Budi Sasmito, MS

Tanggal :



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan dengan baik penulisan laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Konsumsi Larutan dan Gel Rumput Laut *Gelidium* spp Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Putih Wistar (*Rattus novergicus*)” dengan baik. Laporan skripsi ini adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Hardoko, MS. Selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan yang berharga bagi penulis.
2. Ir. Bambang Budi Sasmito, MS. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan yang berharga bagi penulis.
3. Ir. Sri Dayuti, selaku penguji I, dan Ir. Dwi Setijawati, M.Kes, selaku penguji II, atas saran dan masukannya bagi penulis
4. Keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan do'a dan motivasi bagi penulis
5. Bapak Yuli dan seluruh staf di Laboratorium Pangan dan Gizi, Pusat Antar Universitas (PAU), Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.
6. Teman-teman team *Rattus* 2007 (Urip, Ima, Vici, Vera) terima kasih banyak atas segala bantuan dan kerjasamanya.
7. Teman-teman ALJers 2004, 2005, 2006, terima kasih atas segala dukungan dan bantuannya.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan, akhir kata semoga laporan skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya.

Malang, Februari 2008

Penulis

RINGKASAN

Gugun Gunawan. Pengaruh Konsumsi Larutan Dan Gel Rumput Laut *Gelidium spp* Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Putih Wistar (*Rattus novergicus*). (Dibawah bimbingan Dr. Ir. Hardoko, MS dan Ir. Bambang Budi Sasmito, MS)

Serat makanan (*dietary fiber*) adalah komponen dalam tanaman yang tidak tercerna secara enzimatik menjadi bagian-bagian yang dapat diserap di saluran pencernaan. Serat sangat baik untuk kesehatan, yaitu membantu mencegah sembelit, mencegah kanker, mencegah sakit pada usus besar, membantu menurunkan kadar kolesterol, mencegah wasir, membantu menurunkan berat badan, membantu mengontrol kadar gula dalam darah, dan lain-lain

Salah satu sumber serat yang banyak ditemui yaitu pada rumput laut misalnya jenis *Gelidium spp*. Pada rumput laut *Gelidium spp* memiliki kandungan total serat makanan sebesar 79.81 %. Sehubungan dengan tingginya kadar serat dalam rumput laut, dan fungsi fisiologis serat pangan terhadap penurunan kadar glukosa darah, dengan demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh pemberian tepung rumput laut *Gelidium spp* yang dimodifikasi dalam bentuk gel dan larutan terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus putih wistar (*Rattus novergicus*).

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian tepung rumput laut *Gelidium spp* dalam bentuk gel dan larutan terhadap kadar glukosa darah, sedangkan tujuan penelitian secara khusus adalah untuk menentukan efektifitas tepung rumput laut *Gelidium spp* bentuk gel dan larutan dalam menurunkan kadar glukosa darah dan untuk mendapatkan konsentrasi tepung rumput laut *Gelidium spp* bentuk gel dan larutan yang paling efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pangan dan Gizi, Pusat Antar Universitas (PAU) dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, pada bulan Juli – Agustus 2007.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian ini dapat dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial. Faktor perlakuan pada penelitian ini terdiri dari faktor

bentuk pemberian rumput laut (A) yang terdiri dari bentuk larutan (A1) dan bentuk gel (A2), sedangkan faktor konsentrasi pemberian larutan dan gel tepung *Gelidium spp* (B) yang terdiri dari konsentrasi kontrol (+) 0.0 %, kontrol (-) 0.0 %, konsentrasi 5.0 % (B1), konsentrasi 7.5 % (B2), dan konsentrasi 10.0 % (B3). Adapun pengamatan pada hari ke-0, 3, 6, 9, 12, 15, dan ke-18, digunakan sebagai kelompok pengamatan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA (Analysis of Variance) dan dianalisis lebih lanjut dengan uji Tukey. Parameter uji yang digunakan meliputi analisis kadar glukosa darah, analisis proksimat tepung rumput laut *Gelidium spp* dan pakan, analisis serat makanan, jumlah pakan yang dikonsumsi, jumlah feses, berat badan, kadar glukosa urin, dan hispatologi pankreas.

Konsentrasi dan lama pemberian tepung rumput laut *Gelidium spp* dalam bentuk gel dan larutan berpengaruh nyata ($p<0.05$). Bentuk dan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap jumlah feses yang dikeluarkan oleh tikus ($p<0.05$). Bentuk dan konsentrasi tepung rumput laut *Gelidium spp*, berpengaruh nyata terhadap berat badan tikus ($p<0.05$), sedangkan perlakuan hari memberikan berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus ($p<0.05$), begitu pula pengaruh bentuk dan perlakuan konsentrasi berpengaruh nyata ($p<0.05$).

Tepung rumput laut *Gelidium spp* bentuk gel dan larutan dapat menurunkan kadar glukosa darah tikus wistar *Rattus novergicus*, pemberian tepung rumput laut *Gelidium spp* dalam bentuk gel lebih efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah tikus wistar *Rattus novergicus*, dan pemberian tepung rumput laut *Gelidium spp* bentuk gel konsentrasi 10.0 % paling efektif menurunkan kadar glukosa darah tikus wistar *Rattus novergicus*.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang dampak negatif dari pemberian serat makanan yang berlebih terhadap mekanisme pencernaan dan organ pencernaan makanan, selain itu juga perlu dilakukan teknik pewarnaan imunohistokimia agar komponen sel-sel pulau langerhan pada jaringan pankreas dapat teridentifikasi.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
1. PENDAHULUAN	
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	
2.1 Rumput laut	5
2.2 Rumput laut merah	7
2.2.1 Ciri-ciri rumput laut <i>Gelidium spp</i>	8
2.2.2 Pemanfaatan rumput laut <i>Gelidium spp</i>	9
2.3 Serat makanan.....	11
2.3.1 Definisi dan macam-macam serat makanan.....	11
2.3.2 Manfaat dan mekanisme serat makanan dalam pencernaan.....	14
2.3.3 Serat makanan pada menurunan glukosa darah	15
2.4 Glukosa darah dan diabetes mellitus	16
2.4.1 Glukosa darah	16
2.4.2 Diabetes mellitus	17
2.4.3 Jenis-jenis diabetes mellitus	19

2.4.4 Penyembuhan diabetes mellitus	20
2.5 Glukosa urin	20
3. METODOLOGI	
3.1 Bahan.....	23
3.1.1 Bahan yang diuji	23
3.1.2 Bahan untuk pakan	23
3.1.3 Bahan untuk analisis kimia	24
3.2 Alat	24
3.3 Metode penelitian	26
3.3.1 Prosedur penelitian	28
3.3.1.1 Preparasi bahan uji	28
3.3.1.2 Pembuatan pakan pada tikus percobaan.....	31
3.3.1.3 Pembuatan tikus hiperglikemia.....	32
3.3.1.4 Pelaksanaan perlakuan/percobaan.....	33
3.4 Parameter uji percobaan	36
3.4.1 Prosedur analisa parameter uji	36
3.4.1.1 Kadar air	36
3.4.1.2 Kadar protein	37
3.4.1.3 Kadar lemak	38
3.4.1.4 Kadar abu	39
3.4.1.5 Kadar karbohidrat	39
3.4.1.6 Kadar serat makanan.....	40
3.4.1.7 Kadar glukosa darah	42
3.4.1.8 Kadar glukosa urin.....	43
3.4.1.9 Jumlah ransum yang dikonsumsi dan berat badan tikus.....	44
3.5 Analisis data	44
4. HASIL PEMBAHASAN	
4.1. Komposisi gizi	45
4.1.1 Tepung, larutan dan gel tepung rumput laut <i>Gelidium</i> spp	45
4.1.2 Pakan	47

4.2 Pembuatan tikus hiperglikemia.....	47
4.3 Pengaruh pemberian larutan dan gel rumput laut <i>Gelidium</i> spp terhadap jumlah konsumsi pakan, jumlah feses dan berat badan	48
4.3.1 Jumlah konsumsi pakan	48
4.3.2 Feses tikus	52
4.3.3 Berat badan tikus.....	55
4.4 Pengaruh pemberian larutan dan gel rumput laut <i>Gelidium</i> spp terhadap kadar glukosa darah.....	62
4.5 Kadar glukosa urin tikus percobaan	73
4.6 Histopatologi pankreas.....	75
5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis dan kandungan mineral pada rumput laut (ganggang merah dan coklat) .	8
2. Bahan makanan sumber serat larut dan serat tak larut.....	14
3. Batasan kadar glukosa darah dalam mg/dl.....	17
4. Denah rancangan faktor perlakuan.....	27
5. Jumlah larutan dan gel yang diberikan kepada 1 ekor tikus untuk 1 kali pemberian.....	30
6. Komposisi pakan standar dan pakan perlakuan	32
7. Komposisi gizi tepung rumput laut <i>Gelidium</i> spp	45
8. Kadar serat makanan <i>Gelidium</i> spp dan tepung rumput laut <i>Gelidium</i> spp.....	46
9. Komposisi gizi pakan tikus	47
10. Data rata-rata jumlah konsumsi pakan tikus (gram/ekor/hari).....	49
11. Data rata-rata jumlah feses tikus (gram/ekor/hari)	52
12. Data rata-rata berat badan tikus setiap 3 hari (gram/ekor/hari).....	56
13. Data rata-rata laju berat badan tikus (gram/ekor/hari)	61
14. Data rata-rata hasil analisis kadar glukosa darah tikus (mg/dl)	62
15. Data rata-rata laju penurunan kadar glukosa darah tikus wistar (mg/dl/hari)..	68
16. Pengaruh perlakuan terhadap lama kenormalan kadar glukosa darah tikus	73
17. Hasil uji kadar glukosa urin.	74
18. Tabel gambar sel beta pankreas tikus perlakuan pada hari ke-9 dan 18	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Gelidium</i> spp	9
2. Cara memodifikasi tepung menjadi bentuk gel dan larutan.....	29
3. Proses pembuatan tepung <i>Gelidium</i> spp	31
4. Pembuatan tikus hiperglikemia.....	33
5. Pelaksanaan penelitian	34
6. Grafik pengaruh perlakuan terhadap jumlah konsumsi pakan pada tikus.....	50
7. Histogram pengaruh perlakuan terhadap jumlah konsumsi pakan tikus	51
8. Grafik pengaruh perlakuan terhadap jumlah berat feses tikus	53
9. Histogram pengaruh perlakuan terhadap jumlah berat feses tikus.....	54
10. Histogram berat badan tikus hari ke-0.	56
11. Histogram perlakuan terhadap berat badan tikus	57
12. Grafik pengaruh perlakuan terhadap berat badan tikus	58
13. Histogram perlakuan konsentrasi terhadap berat badan tikus.....	60
14. Grafik pengaruh perlakuan terhadap laju pertumbuhan berat badan tikus	62
15. Grafik pengaruh perlakuan terhadap kadar glukosa darah tikus	64
16. Histogram pengaruh perlakuan terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus	65
17. Histogram pengaruh bentuk tepung rumput laut <i>Gelidium</i> spp terhadap kadar glukosa darah.....	66
18. Grafik pengaruh perlakuan terhadap laju penurunan kadar glukosa darah tikus.	70
19. Grafik regresi perlakuan terhadap kadar glukosa darah tikus	70
20. Gambar pulau langerhans tikus sebelum injeksi <i>alloxan</i> (normal) (Pembesaran 1000x)	77
21. Gambar pulau langerhans tikus setelah injeksi <i>alloxan</i> (Perbesaran 1000x)...	77
22. A. Histopatologi pulau langerhans kelompok tikus perlakuan 0.0 % kontrol (-). (Pembesaran 1000x).....	78
22. B. Gambar histopatologi pulau langerhans kelompok tikus perlakuan 0.0 % kontrol (+). (Pembesaran 400x)	78

23. A. Gambar histopatologi pulau langerhans kelompok tikus perlakuan 0.0 % kontrol (+). hari ke-9 (Perbesaran 400x).....	78
23. B. Gambar histopatologi pulau langerhans kelompok tikus perlakuan 0.0 % kontrol (+). hari ke-18 (Perbesaran 400x).....	79
24. A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 5.0 %. Hari ke-9 (Perbesaran 400x).....	79
24. B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 5.0 %. Hari ke-18 (Perbesaran 400x).....	79
25. A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 7.5 %.hari ke-9 (Perbesaran 1000x).....	80
25. B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 7.5 %.hari ke-18 (Perbesaran 400x)	80
26. A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 10.0 %.hari ke-9 (Perbesaran 1000x).....	80
26. B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 10.0 %.hari ke-18 (Perbesaran 400x).....	81
27. A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 5.0 %.hari ke-9 (Perbesaran 1000x).....	81
27. B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 5.0 %.hari ke-18 (Perbesaran 1000x)	81
28. A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 7.5 %.hari ke-9 (Perbesaran 1000x)	82
28. B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 7.5 %.hari ke-18 (Perbesaran 1000x)	82
29. A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 10.0 %.hari ke-9 (Perbesaran 1000x)	82
29. B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 10.0 %.hari ke-18 (Perbesaran 400x)	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Komposisi vitamin “Superviton” setiap 2 kaplet	91
2. Komposisi mineral mix dalam 1000 gr	92
3. Perhitungan konsentrasi tepung rumput laut <i>Gelidium</i> spp bentuk gel dan larutan yang digunakan dalam penelitian.....	93
4. Data glukosa darah/3 hari.....	94
5. Data berat badan/3 hari	95
6. Konsumsi ransum pakan/3 hari.....	96
7. Data berat feses/3hari	97
8. Hasil statistik jumlah pakan	98
9. Hasil statistik berat badan tikus.....	101
10. Hasil statistik berat feses tikus.	105
11. Hasil statistik glukosa darah.....	108
12. Gambar foto-foto selama penelitian	111

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumput laut sebagai salah satu sumber hayati laut bila diproses akan menghasilkan senyawa hidrokoloid yang merupakan produk dasar (hasil proses metabolisme primer). Senyawa hidrokoloid yang berasal dari rumput laut komersial di Indonesia antara lain agar (dihasilkan dari jenis agarofit), karaginan (dari jenis karaginofit), dan alginat (dari jenis alginofit) (Anggadiredja, *et al.*, 2006).

Pada umumnya rumput laut dapat diolah menjadi makanan misalnya permen jelly, manisan, dodol dan minuman dengan metode dan peralatan yang sederhana. Pembuatan makanan ini dimaksudkan untuk meningkatkan nilai tambah rumput laut dan diversifikasi olahan rumput laut (Anonymous, 2003b).

Kandungan serat pangan (*Dietary fiber*) rumput laut yang mencapai 25 – 75 % dari berat kering adalah tergolong tinggi, termasuk didalamnya adalah serat pangan terlarut sejumlah 51 – 85 % seringkali dikaitkan dengan efek menyehatkan dari rumput laut (Oakenfull, 2001; Castro, *et al.*, 2003 *dalam* Firdaus, 2005).

Serat termasuk dalam komponen non nutrien. Kandungan serat yang tinggi dalam makanan sehari-hari, menurut berbagai penelitian, memberikan banyak manfaat, utamanya dalam menurunkan risiko terhadap penyakit jantung koroner, diabetes melitus (DM), obesitas, dan keganasan kanker klon (Sianturi, 2002).

Serat adalah makanan berbentuk karbohidrat kompleks yang banyak terdapat pada dinding sel tanaman pangan. Walaupun tidak dapat dicerna serta diserap oleh saluran pencernaan manusia, namun memiliki fungsi yang sangat penting untuk menjaga

kesehatan, pencegahan terhadap penyakit degeneratif dan sebagai komponen penting dalam terapi gizi (Anonymous, 2007a).

Tubuh membutuhkan serat untuk menjaga fungsi normal dari saluran pencernaan. Serat juga diperlukan untuk memperlancar buang air besar, metabolisme lemak (baik kolesterol dan trigliserida), serta mengatur kadar gula darah (Anynomous, 2007b).

Efek fisiologis yang penting dari serat pangan adalah meningkatkan berat dan volume feses, menurunkan waktu transit di dalam usus besar, mengikat asam empedu dan menurunkan kolesterol darah, meningkatkan rasa kenyang setelah makan, menurunkan kadar glukosa darah dan respon insulin setelah makan karbohidrat dan menurunkan penyerapan mineral (Astawan dan Palipi, 1990). Ditambahkan oleh Astawan (2007) bahwa rumput laut banyak terdapat di laut yang mengelilingi Indonesia. Jenis pangan ini mengandung perbagai unsur gizi dan sifat-sifat yang bisa menurunkan kadar kolesterol dan gula darah.

Dari hasil penelitian Darmanto (2005) bahwa penambahan rumput laut *Eucheuma cottoni* bentuk gel dan larutan dengan konsentrasi yang berbeda dan lama konsumsi mampu menurunkan kadar lipid darah (kondisi hiperlipidema) pada tikus wistar *Rattus novergicus*. Ditambahkan oleh Nugroho (2005) menunjukkan bahwa pemberian tepung rumput laut ke dalam ransum berpengaruh nyata terhadap persentase penurunan glukosa darah pada tikus diabetes melitus.

Sehubungan dengan tingginya kadar serat dalam rumput laut, dan fungsi fisiologis serat pangan terhadap penurunan kadar glukosa darah, dengan demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh pemberian tepung rumput

laut *Gelidium* spp yang dimodifikasi dalam bentuk gel dan larutan, terhadap penurunan kadar glukosa darah.

1.2 Perumusan Masalah

Rumput laut adalah komoditi perikanan non ikani yang banyak mengandung serat telah lama dikenal dan banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa pemberian rumput laut pada ransum makanan dapat menurunkan kadar glukosa darah. Namun dalam mengkonsumsi rumput laut terdapat berbagai kemungkinan konsumsinya seperti dalam bentuk larutan seperti minuman atau dalam bentuk gel misalnya jelly, puding dan lain-lain.

Pemberian tepung rumput laut *Gelidium* spp dalam bentuk gel dan larutan belum diketahui keefektifannya terhadap penurunan kadar glukosa darah. Sehingga perlu dikaji lebih lanjut pengaruh penambahan tepung rumput laut *Gelidium* spp dalam bentuk gel dan larutan serta konsentrasi yang paling efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah dalam *hiperglikemia*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian tepung rumput laut *Gelidium* spp dalam bentuk gel dan larutan terhadap kadar glukosa darah.

Adapun tujuan penelitian secara khusus adalah :

- Untuk menentukan efektifitas tepung rumput laut *Gelidium* spp bentuk gel dan larutan dalam menurunkan kadar glukosa darah.

- Untuk mendapatkan konsentrasi tepung rumput laut *Gelidium* spp bentuk gel dan larutan yang paling efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan nilai guna tepung rumput laut *Gelidium* spp sebagai salah satu komoditi perikanan, serta mendapatkan manfaat tentang peran serat rumput laut bentuk gel dan larutan dalam menurunkan kadar glukosa darah.

1.5 Hipotesis

- Diduga tepung rumput laut *Gelidium* spp bentuk gel dan larutan dapat menurunkan kadar glukosa darah tikus wistar *Rattus novergicus*.
- Diduga pemberian tepung rumput laut *Gelidium* spp dalam bentuk gel lebih efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah tikus wistar *Rattus novergicus*.

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pangan dan Gizi, Pusat Antar Universitas (PAU) dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, pada bulan Juli – Agustus 2007.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Laut

Rumput laut (*Seaweed*) secara biologi termasuk salah satu anggota alga yang merupakan tumbuhan berklorofil. Rumput laut terdiri sari satu atau banyak sel, berbentuk koloni, hidupnya bersifat bentik di daerah perairan yang dangkal, berpasir, berlumpur atau berpasir dan berlumpur, daerah pasut, jernih dan biasanya menempel pada karang yang mati, potongan kerang dan substrat yang keras lainnya, baik terbentuk secara alamiah atau buatan (*Artifical*). Ciri utama alga adalah tidak mempunyai alat berupa akar, batang, dan daun. Sebagian besar alga mempunyai dinding sel yang berlapis lendir (Afrianto dan Liviawaty, 1993).

Pertumbuhan dan penyebaran rumput laut sangat tergantung dari faktor-faktor oseanografi (fisika, kimia dan pergerakan air laut atau dinamika air laut) serta jenis substrat dasarnya. Untuk pertumbuhannya, rumput laut mengambil nutrisi dari sekitarnya secara difusi melalui dinding *Thallus*-nya. Perkembangbiakan dilakukan dengan dua cara, yaitu secara kawin antara gamet jantan dan gamet betina (generatif) secara tidak kawin dengan melalui vegetatif dan konjugatif (Anggadiredja, *et al.*, 2006).

Rumput laut (Makroalga) adalah ganggang alga (*Algae*) yang berbentuk poliseluler dan hidup di laut. *The International Code of Botanical Nomenclature* membagi ganggang menjadi empat kelas, yaitu ganggang hijau (*Chlorophuceae*), ganggang biru (*Cyanophyceae*), ganggang merah (*Rhodophyceae*), dan ganggang coklat (*Phaeophyceae*). (Yunizal, 2004).

Rumput laut kaya akan mineral yang diperlukan oleh tubuh manusia. Dalam setiap 100 gram rumput laut terkandung Karbohidrat sebesar 54.3 – 73.8 %, Protein 0.3 – 5.9 %. Disamping itu juga Calsium (Ca), Natrium (Na), larutan ester, serta Vitamin A, B, C, D dan E, juga Yodium yang cukup tinggi (Hidayat, 1996).

Makroalga dimanfaatkan secara luas baik dalam bentuk raw material maupun dalam bentuk olahan. Dalam bentuk raw material, di Indonesia digunakan sebagai lalapan, sayuran, manisan, dan asinan; diberebut negara antara lain Jepang juga menggunakan rumput laut sebagai sayuran dan untuk minuman sejenis teh atau dicampur pada nasi. Pemanfaatan lainnya dalam bentuk raw material yaitu digunakan sebagai makanan ternak dan sumber energi (Rahmaniar, 1996).

Dewasa ini rumput laut telah dimanfaatkan sebagai bahan baku industri seperti agar-agar, karagenan, alginat dan furselaran. Produk hasil ekstraksi rumput laut telah banyak digunakan sebagai bahan pangan, bahan tambahan, atau bahan pembantu dalam industri makanan, farmasi, kosmetik, tekstil, kertas, cat, dan lain-lain (Hambali, *et al.*, 2004).

Permintaan luar negeri terhadap rumput laut Indonesia setiap tahun terus meningkat, khususnya untuk jenis-jenis *Laminaria*, *Gelidiella*, *Gramacillaria* dan *Eucheuma*. (Suriawiria, 2003).

Meskipun memiliki beragam jenis rumput laut, Indonesia belum banyak memanfaatkan potensi sumberdaya hayati itu. Selama ini yang dimanfaatkan hanyalah *Eucheuma* (*Eucheuma spinosum* dan *Eucheuma cottonii*), *Glacilaria* dan *Sargassum* (Yun, 2003).

2.2 Rumput Laut Merah

Algae merah merupakan kelompok algae yang jenis-jenisnya memiliki berbagai bentuk dan variasi warna. Namun demikian sebagai indikasinya dari segi warna bahwa algae merah adalah antara lain terjadinya perubahan warna dari warna aslinya menjadi warna ungu apabila alga tersebut terkena panas matahari secara langsung (Atmadja, 1996).

Tempat hidupnya, umumnya di air laut, mulai dari tepi pantai sampai laut yang agak dalam. Untuk susunan tubuhnya, umumnya bersel banyak (Multiseluler), tetapi ada juga yang bersel tunggal (misalnya Porphyridium) dan sering juga membentuk filament (benang). Pigmentasi yang dimiliki algae merah antara lain: klorofil "a" dan "d", dengan karatenoidnya alfa dan beta karoten, sedangkan xantofilnya adalah lutein dan zeaxantin. Alga merah ini ternyata juga mempunyai fikobilin, yaitu r-fikoeritrin dan r-fikosianin. Cadangan makanannya berupa tepung florida. Umumnya perkembangbiakan dari alga merah, umumnya secara vegetatif yaitu dengan fragmentasi, sporik, dan gametik (Hidayat, 1996).

Jenis dan kandungan mineral pada rumput laut (ganggang merah dan coklat) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan kandungan mineral pada rumput laut (ganggang merah dan coklat)

Jenis Mineral	Kisaran kandungan dalam % berat kering	
	Ganggang merah	Ganggang coklat
Klor	1.5 – 3.5	9.8 – 15.0
Kalium	1.0 – 2.2	6.4 – 7.8
Magnesium	0.3 – 1.0	1.0 – 1.9
Belerang	0.5 – 1.8	0.7 – 2.1
Silikon	0.2 – 0.3	0.5 – 0.6
Fosfor	0.2 – 0.3	0.3 – 0.6
Kalsium	0.4 – 1.5	0.2 – 0.6
Besi	0.1 – 0.15	0.1 – 0.2
Iodium	0.1 – 0.15	0.1 – 1.8
Bron	0.005	0.03 – 0.14
Natrium	1.0 – 7.9	2.6 – 3.8

Sumber : Anonymous (2001)

2.2.1 Ciri-ciri Rumput Laut *Gelidium* spp.

Menurut Armisen (1995) dalam Phillips dan Williams (2000), klasifikasi rumput laut *Gelidium* spp adalah sebagai berikut :

- Fhylum : Rhodophyta
Class : Floridoephyceae
Order : Gelidiales
Family : Gelidiaceae
Genus : *Gelidium*
Spesies : *Gelidium* spp

Pada Gambar 1. Disajikan gambar *Gelidium* spp



Gambar 1. *Gelidium* spp

Thalli silindris dengan percabangan tidak teratur yang keluar dari “stolon” (akar merambat). Thallus mempunyai ranting-ranting pendek (ramuli) yang tumbuh berderet sebelah menyebelah dengan percabangan. Karakteristik pada *Gelidiella* biasanya ada ramuli yang tumbuh serial terletak berderet pada satu sisi warna hijau-coklat, kuning-hijau atau kuning keemasan. Tumbuh pada batu di daerah intertidial atau subtidal. Tempat tumbuhnya muncul dipermukaan air, bahkan kadang-kadang kekeringan pada saat air surut rendah. Tumbuh tersebar meluas di perairan Indonesia (Atmadja, 1996).

2.2.2 Pemanfaatan Rumput Laut *Gelidium* 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).

Genus rumput laut ini banyak mengandung karbohidrat, yaitu sekitar 56.0 – 73.4 %, sedangkan zat-zat lain yang juga terkandung di dalamnya, adalah protein 2.0 – 5.9 %, dan air 11.4 – 22.3 % (Hidayat, 1996).

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.

Pemanfaatan rumput laut yang demikian besarnya dikarenakan dalam rumput laut terkandung bermacam-macam zat kimia dan bahan organik lainnya, serta vitamin-vitamin (Hidayat, 1996).

Dalam menunjang kebutuhan industri, rumput laut yang bila diekstrak dapat menjadi agar-agar, karagenan dan alginat tersebut sangat besar perannya dalam keberhasilan perkembangan industri. Dewasa ini penggunaan agar-agar semakin berkembang, yang dulunya hanya untuk makanan saja sekarang ini telah digunakan dalam industri tekstil, kosmetik dan lain-lain. Fungsi utama agar-agar adalah sebagai bahan pemantap, bahan pengisi dan bahan pembuat gel. Berikut ini kegunaan agar-agar dalam berbagai industri adalah sebagai berikut :

1. Industri Makanan

Penggunaan agar-agar terbanyak adalah pada industri makanan, seperti dalam pembuatan roti, sup, saos, es krim, jelly, permen, serbat, pudding, selai, bir, anggur, kopi, dan coklat.

2. Industri Farmasi

Agar-agar bermanfaat sebagai obat pencahar atau pelentur, pembungkus kapsul obat antibiotik dan vitamin atau campuran bahan pencetak contoh gigi.

3. Industri Tekstil

Agar-agar yang bermutu tinggi digunakan untuk melindungi kemilau sutra, sedangkan yang bermutu rendah untuk jenis tekstil lain seperti macao, muslin dan voil.

4. Industri Kosmetik

Agar-agar digunakan dalam pembuatan salep, krem, lation, lipstik dan sabun.

5. Industri Kulit

Agar-agar digunakan sebagai pemantap permukaan yang halus dan kekakuan kulit, serta sebagai campuran pembuatan lekat *plywood*.

6. Industri Lain

Agar-agar digunakan dalam pembuatan plat film, pasta gigi, semir sepatu, kertas, serta bantalan transport ikan, pengalengan ikan dan daging (Anonymous, 2001).

2.3 Serat Makanan

2.3.1 Definisi dan Macam-macam Serat Makanan

Serat adalah bagian dari makanan yang tidak dapat tercerna secara enzimatis (enzim yang diproduksi oleh manusia) sehingga bukan sebagai sumber zat makanan (Linder, 1992).

Serat adalah bagian yang terdapat pada makanan, tetapi tidak di produksi dan tidak menghasilkan energi (karbohidrat) atau struktur pembangun dari pertumbuhan (Proskey dan De Vries, 1992).

Serat diet (*Dietary fiber*) yang biasanya dikonsumsi manusia berbeda dengan serat kasar (*Crude fiber*) (Piliang dan Djojosoebagio, 1996). Serat kasar 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).

Serat makanan terdapat didalam makanan nabati, seperti sayuran dan buah-buahan, merupakan bagian tumbuhan (dinding sel, daun, kulit buah, selaput biji-bijian, dan lain-lain) yang memiliki struktur berupa karbohidrat kompleks, sebagian besar berupa zat yang disebut selulosa dan hemiselulosa (Noortiningsih, 2006),

Menurut Wardlaw, *et al.*, (2004), berdasarkan kelarutannya serat dibagi menjadi 2 yaitu serat larut air dan serat tidak larut air.

1. Serat Larut Air

Serat yang soluble (larut air) cenderung bercampur dengan air dengan membentuk jaringan gel (seperti agar-agar) atau jaringan yang pekat. Serat dari sayur, buah, kacang-kacangan cenderung bersifat soluble (Widianarko, *et al.*, 2000). Yang termasuk serat larut air semisal pektin dan gum.

a. Pektin

Pektin secara umum terdapat didalam 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 (Pilliang 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).

2. Serat Tidak Larut Air

Serat insoluble (tidak larut air) umumnya bersifat higromoskopis: mampu menahan air 20 kali dari beratnya. Serat yang berasal dari biji-bijian (cereals) umumnya bersifat insoluble (Widianarko, *et al.*, 2000). Yang termasuk serat tidak larut air yaitu selulosa, hemiselulosa, pektin.

a. Selulosa

Selulosa merupakan serat panjang yang bersama-sama hemiselulosa, pektin 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 pektin 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 di dalam 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 pelekatan dinding sel (Olson, *et al.*, 1987).

Bahan makanan sumber serat larut dan serat tak larut menurut Anonymous (2005) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan makanan sumber serat larut dan serat tak larut

Serat larut	Serat tak larut
Buah-buahan <ul style="list-style-type: none">• Jeruk• Pepaya• Pisang• Apel• Pir	Bekatul Beras merah Sereal Roti gandum Buah yang dimakan beserta kulitnya <ul style="list-style-type: none">• Apel• Pir• Anggur
Sayuran tunas <ul style="list-style-type: none">• Asparagus• Rebung• Taoge	Sayuran daun dan atau yang dimakan bersama batangnya <ul style="list-style-type: none">• Sawi• Kailan• Seledri
Sayuran polong <ul style="list-style-type: none">• Kacang panjang• Buncis• Kapri	Sayuran buah <ul style="list-style-type: none">• Nangka muda• Keluwih
Jagung	Kacang-kacangan
Havermut	
Rumput laut	
Biji-bijian (termasuk selasih)	
Cincau	• Kacang merah, hijau dan tolo

Sumber: Anonymous, 2005

2.3.2 Manfaat dan Mekanisme Serat Makanan dalam Pencernaan

Peran utama serat dalam makanan adalah kemampuannya untuk mengikat air terutama oleh selulosa dan pektin. Dengan adanya serat, akan membantu mempercepat sisanya makanan melalui saluran pencernaan untuk diekstrasi. Namun tanpa bantuan serat, feses dengan kandungan air rendah akan lebih lama tinggal dalam usus

halus dan sukar diekstrasi, karena gerakan-gerakan peristaltik usus besar menjadi lebih lambat (Pilliang dan Djojosoebagio, 1996).

Serat makanan akan tinggal dalam saluran pencernaan dalam waktu relatif singkat sehingga absorpsi zat makanan berkurang. Selain itu makanan yang mengandung serat yang relatif tinggi akan memberikan rasa kenyang karena komposisi karbohidrat kompleks yang menghentikan nafsu makan sehingga mengakibatkan turunnya konsumsi makanan. Makanan dengan kandungan serat kasar relatif tinggi biasanya mengandung kalori rendah, kadar gula dan lemak rendah yang dapat membantu mengurangi terjadinya obesitas dan penyakit jantung (Joseph, 2002).

Mekanisme serat sebagai sumber perlindungan terhadap penyakit degeneratif dan faktor-faktor lainnya yaitu melalui pengaturan keseimbangan energi, penurunan indeks kadar gula makanan, pengaturan penyerapan dan metabolisme lemak, serta pengaturan bakteri usus dan volume tinja (Anynomous, 2007b)

2.3.3 Serat Makanan pada Penurunan Glukosa Darah

Ikhwal peranan serat mengobati diabetes karena serat makanan memperlambat penyerapan glukosa dari usus kecil (Suyono, 2001). Ditambahkan oleh Sianturi (2003) bahwa berbagai penelitian (sampai dengan 2002) telah menunjukkan bahwa serat dapat memperbaiki respon glukosa darah dan insulin indeks. Serat kasar (*viscous fiber*) menghambat lewatnya glukosa melalui dinding saluran pencernaan menuju pembuluh darah.

Mekanisme serat yang tinggi dapat memperbaiki kadar gula darah yaitu berhubungan dengan kecepatan penyerapan makanan (karbohidrat) masuk kedalam aliran darah yang dikenal dengan *glycaemic index* (GI). GI ini mempunyai angka dari 0

sampai 100 dimana yang cepat dirombak dan cepat diserap masuk ke aliran darah mempunyai angka GI yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kadar gula darah. Sebaliknya makanan yang lambat dirombak dan lambat diserap masuk ke aliran darah mempunyai angka GI yang rendah sehingga dapat menurunkan kadar gula darah (Joseph, 2002). Ditambahkan oleh Suyono (2001), serat makanan diketahui memperlambat penyerapan dan pencernaan karbohidrat. Juga membatasi insulin yang dilepas ke pembuluh darah.

Serat makanan mengubah insulin yang beredar dalam darah agar bekerja lebih optimal, sehingga gula dalam darah larut dalam sel dan terpakai. Karena itu kebutuhan insulin berkurang. Dengan begitu tercapailah efek pengaturan tingkat gula darah kaum diabetesi oleh serat makanan (Anonymous, 2006b).

2.4 Glukosa Darah dan Diabetes mellitus

2.4.1 Glukosa Darah

Pencernaan dapat didefinisikan sebagai proses hidrolitik dimana molekul bahan makanan dipecah menjadi satuan molekul yang lebih kecil yang dapat diabsorpsi oleh manusia. Pada manusia, pencernaan berlangsung pada saluran pencernaan sedang absorpsi berlangsung terutama dalam usus halus (Tarigan, 1983).

Setelah diabsorpsi monosakarida tersebut dibawa melalui pembuluh balik ke hati dimana galaktosa dan fruktosa diubah secara enzimatik menjadi glukosa. Glukosa merupakan satu-satunya monosakarida yang terdapat dalam jumlah yang banyak di darah dan cairan yaitu ± sebesar 80 % (Guyton, 1983).

Glukosa tersebut kemudian masuk ke dalam sistem sirkulasi utama untuk ditransportasikan ke jaringan atau mungkin juga diubah menjadi glikogen dan disimpan

dihati sebagai persediaan untuk mempertahankan level glukosa darah atau kadar glukosa dalam darah tetap normal (Tarigan, 1983).

Konsentrasi gula darah normal pada orang berkisar antara 90 mg/dl pada saat puasa. Konsentrasi ini meningkat menjadi 120 – 140 mg/dl selama 1 jam pertama atau lebih setelah makan dan konsentrasi ini jarang meningkat diatas 140 mg/dl kecuali orang tersebut menderita Diabetes mellitus (Guyton, 1983). Adapun batasan kadar glukosa darah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Batasan kadar glukosa darah dalam mg/dl

Golongan Klinik	Kadar Glukosa Darah		
	Darah Vena	Darah Kapiler	Plasma Vena
Diabetes mellitus			
puasa	≥ 120	≥ 120	≥ 140
2 jam	≥ 180	≥ 200	≥ 200

Sumber : WHO (1980) dalam Ranakusuma (1987)

2.4.2 Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus yang dikenal sebagai penyakit kencing manis adalah jenis penyakit yang ditandai dengan kadar glukosa darah melebihi normal (hiperglikemia) akibat tubuh kekurangan insulin, baik secara absolut maupun relatif (Wikanta, *et al.*, 2000).

Diabetes mellitus (DM) merupakan penyakit metabolismik heterogen yang bersifat kronis, dan hingga kini masih menjadi masalah kesehatan karena prevalensinya dikalangan tertentu cukup tinggi, dan meningkat cepat penyakit tersebut ditandai dengan peningkatan kadar gula darah puasa dan setelah makan, akibat defisiensi insulin atau fungsinya, baik absolut maupun relatif (Winarni, *et al.*, 2002)

Tanda-tanda yang khas dan dini dimulai dengan timbul gatal-gatal pada badan, rasa haus yang berlebihan dan sering buang air kecil kemudian dapat diikuti pula dengan menurunnya berat badan secara drastis (Dalimunthe, 2004).

Menurut Guyton (1983), sebagian besar gambaran patologis dari diabetes mellitus dapat dihubungkan dengan salah satu efek utama akibat kurangnya insulin berikut ini :

1) Berkurangnya pemakaian glukosa untuk sel-sel tubuh yang mengakibatkan naiknya konsentrasi glukosa darah sampai setinggi 300 – 1200 mg/dl, 2) sangat meningkatnya mobilitas lemak dari daerah penyimpanan lemak sehingga menyebabkan terjadinya metabolisme lemak yang abnormal disertai dengan endapan kolesterol pada dinding pembuluh darah yang mengakibatkan timbulnya gejala aterosklerosis dan 3) berkurangnya protein dalam jaringan tubuh. Ada beberapa fisiologi dan patologis dari diabetes melitus, yaitu :

a. Hilangnya glukosa dalam urin penderita diabetes melitus

Bila jumlah glukosa yang memasuki tubulus ginjal dalam filtrat glomerulus tinggi diatas kadar kritis, suatu kelebihan glukosa tidak dapat direabsorbsi dan sebaliknya akan dikeluarkan ke dalam urin. Hal ini secara normal dapat timbul bila konsentrasi darah meningkat diatas 180 mg/dl, suatu kadar yang disebut sebagai nilai ambang darah untuk timbulnya glukosa urin. Bila kadar darah meningkat menjadi 300 sampai 500 mg/dl (kadar yang umum dijumpai pada penderita diabetes berat yang tak diobati) maka urin setiap hari akan dilepaskan sebanyak 100 mg/dl atau lebih glukosa.

b. Efek dehidrasi akibat kenaikan kadar glukosa darah pada diabetes

Pada penderita diabetes yang tidak diobati, kadar glukosa dapat meningkat sampai setinggi 1200 yakni 12 kali dari normal. Namun satu-satunya efek yang bermakna akibat peningkatan glukosa tersebut adalah dehidrasi sel-sel jaringan. Hal ini

terjadi karena glukosa tidak dapat dengan mudah berdifusi melewati pori-pori membran sel dan naiknya tekanan osmotik dalam cairan ekstra seluler menyebabkan timbulnya perpindahan osmotik air keluar dari sel.

c. Asidosis dan Koma pada Diabetes

Bergesernya metabolisme karbohidrat ke dalam metabolisme lemak menyebabkan sumber energi tubuh seluruhnya tergantung pada lemak sehingga kadar asam astoasetat, asam keton dan asam β – Hidroksibutirat dalam cairan tubuh mungkin akan bertambah dari 1 mEq/l menjadi 10 mEq/l, pertambahan ini cenderung menimbulkan asidosis.

2.4.3 Jenis-jenis Diabetes Mellitus

Terdapat 2 tipe utama Diabetes Mellitus yaitu Diabetes Mellitus tergantung insulin (DMTI/tipe-1) dan Diabetes Mellitus tidak tergantung insulin (DMTTI/tipe-2) yang dibagi menjadi obesitas dan non-obesitas (Winarni, 2002). Ditambahkan oleh Wikanta, *et al.*, (2000) (DMTTI/tipe-2) lazim terjadi pada manusia usia lanjut, sedangkan (DMTI/tipe-1) dapat terjadi pada manusia usia muda karena faktor bawaan.

Diantara tipe Diabetes Mellitus maka yang terbanyak adalah Diabetes Mellitus tipe 2, dan hanya sedikit tergolong Diabetes Mellitus tipe 1. Di negara barat jumlah penderita Diabetes Mellitus tipe 2 dapat mencapai 80 % dari seluruh Diabetes Mellitus, namun di Asia angka tersebut lebih dari 90 %. Diabetes Mellitus tipe 2 sebagian besar menempati tiga sampai enam, dan berkorelasi erat dengan obesitas (Winarni, 2002).

Peninggian kadar gula darah pada Diabetes Mellitus tipe 1 dan tipe 2 akan terus berlanjut, apabila kadar gula darah ini terus meninggi sehingga melewati ambang batas ginjal, maka gula tersebut akan dikeluarkan dari tubuh melalui urin. Kejadian ini yang

sering dapat dilihat pada penderita Diabetes Mellitus, yaitu sering kencing dan kencingnya mengandung gula (Dalimunthe, 2004).

2.4.4 Penyembuhan Diabetes Mellitus

Menurut Guyton (1983), teori pengobatan pada Diabetes mellitus adalah memberikan insulin dalam jumlah cukup sehingga penderita mempunyai metabolisme karbohidrat normal, diet penderita diebetes, pengaturan penderita diabetes pada demam dan gerak badan. Diketahui ada 3 jenis diet yang harus dilakukan oleh penderita Diabetes mellitus yaitu :

- Diet rendah kalori : terutama pada penderita DM yang mempunyai kelebihan berat badan untuk mengurangi insulin yang diperlukan tubuh. Total kalori yang dianjurkan tidak boleh melebihi kecukupan kalori pada penderita DM dengan berat badan normal.
- Diet bebas gula : umumnya untuk penderita DM lansia dan tidak memerlukan suntikan insulin. Diet bebas gula dapat dilakukan dengan tidak mengonsumsi gula sama sekali atau mengurangi konsumsi makanan yang berasal dari karbohidrat.
- Diet kaya serat : sebaiknya penderita DM perlu memperbanyak konsumsi serat makanan. Serat terbukti dapat menurunkan kadar gula darah karena dapat memperbaiki pencernaan makanan, mempercepat lewatnya makanan didalam usus, serta memperlambat penyerapan gula di dalam lemak (Anonymous, 2007c).

2.5 Glukosa Urin

Menurut Lanywati (2006), gejala klasik penyakit Diabetes melitus ditandai dengan istilah *trio p* yaitu meliputi:

1. Poliura (banyak kencing), merupakan gejala umum pada penderita diabetes mellitus. Banyaknya kencing ini disebabkan kadar gula dalam darah berlebihan, sehingga merangsang tubuh untuk berusaha mengeluarkannya melalui ginjal bersama air dan kencing. Gejala banyak kencing ini terutama menonjol pada waktu malam hari, yaitu saat kadar gula dalam darah relatif tinggi.
2. Polidipsi (banyak minum), sebenarnya merupakan akibat (reaksi tubuh) dari banyak kencing tersebut. Untuk menghindari tubuh kekurangan cairan (dehidrasi), maka secara otomatis akan timbul rasa haus/kering yang menyebabkan timbulnya keinginan untuk terus minum selama kadar gula dalam darah belum terkontrol baik. Sehingga dengan demikian, akan terjadi banyak kencing dan banyak minum.
3. Polipagio (banyak makan), merupakan gejala yang tidak menonjol. Terjadinya banyak makan ini disebabkan oleh berkurangnya cadangan gula dalam tubuh meskipun kadar gula dalam darah tinggi. Sehingga dengan demikian, tubuh berusaha untuk memperoleh tambahan cadangan gula dari makanan yang diterima.

Glukosa difiltrasi oleh glomerulus ginjal dan hampir semuanya diabsorbsi oleh tubulus ginjal selama kadar glukosa dalam plasma tidak melebihi 160 sampai 180 mg/100 ml. Jika kadar glukosa plasma naik melebihi kadar ini, maka glukosa tersebut akan keluar bersama kemih, dan keadaan ini disebut glukosaria. Glukosaria ini akan mengakibatkan diuresis osmotik yang meningkatkan pengeluaran kemih (poliura) dan timbul rasa haus (polidipsia). Karena glukosa hilang bersama kemih, maka pasien mengalami keseimbangan kalori negatif dan berat badan berkurang. Rasa lapar yang semakin besar (polifigia) mungkin akan timbul sebagai akibat kehilangan kalori (Price and Wilson,1995) . Pada pasien diabetes mellitus besarnya pengeluaran urin diimbangi

dengan besarnya asupan cairan berhubungan dengan mekanisme rasa haus (Guyton, 1983).



3. METODOLOGI

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 Sugiono No. 11. Telp. (0341) 364515 Malang. Rumput laut ini berasal dari Nusa Penida, Bali. Bahan ransum untuk tikus percobaan dan bahan-bahan untuk analisis kimia.

Tepung rumput laut *Gelidium* spp ini dibuat sendiri dan dimodifikasi dalam bentuk gel dan larutan. Sedangkan obat anti diabetik *glibenklamid* yang dapat bekerja aktif menurunkan kadar glukosa dalam darah diperoleh dari apotek Kimia Farma diproduksi oleh PT. Indofarma, Bekasi. *Alloxan tetrahidrat* ($C_4H_2N_2O_4 \cdot 4H_2O$) yang digunakan untuk menciptakan hiperglikemia eksperimental, merk Sigma diproduksi oleh Sigma Laboratories, Singapura diperoleh dari laboratorium kimia organik, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor (IPB).

3.1.2 Bahan untuk Pakan

Bahan yang digunakan untuk pakan tikus ini meliputi *carboxy metyle cellulosa* (CMC) yang diperoleh dari Toko Aneka Kimia, Malang; minyak jagung merk “*china corn oil*” dari toko Avia Malang, diproduksi PT. Intiboga Sejahtera, Jakarta; vitamin merk Superviton diperoleh dari Apotek Kimia Farma, diproduksi oleh PT. Kimia Farma, Bandung; mineral mix dari Laboratorium Rekayasa Pangan Universitas Gajah Mada (UGM), Yogyakarta.

Pakan perlakuan dibuat sama dengan pakan standar tetapi tanpa penambahan *carboxy metyle cellulosa* (CMC). Tepung rumput laut *Gelidium* spp ini akan dimodifikasi dalam bentuk gel dan larutan kemudian diberikan secara parenteral, tidak dicampurkan dalam pakan.

3.1.3 Bahan untuk Analisis Kimia

Bahan kimia yang diperlukan meliputi bahan-bahan untuk analisis serat makanan (serat larut, serat tidak larut dan serat total) pada Tepung rumput laut *Gelidium* spp, bahan untuk analisis proksimat dan bahan untuk analisis kadar glukosa darah.

Bahan untuk analisis serat makanan antara lain : K₂SO₄, HgO, H₂SO₄, NaOH, Na₂SO₄, H₃BO₃, indikator campur, HCl 4 N, pepsin, pankreatik, kertas saring dan air destilat. Bahan analisis proksimat meliputi TCA 7 %, H₂SO₄ pekat, tablet kjeldahl, aquades, indikator pp, NaOH 30 %, antifoam, H₃BO₃ 3 %, methyl orange, H₂SO₄ 0,2 N dan petroleum eter.

Bahan untuk analisis kadar glukosa darah adalah Gluko-Oksidase (GOD), 4-aminoantipirin, fenol, enzim peroksidase (PO).

3.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari, 1. Alat Untuk Pembuatan Tepung Rumput Laut, 2. Alat Untuk Uji (Tikus Percobaan) 3. Alat Untuk Pembuatan Ransum Pakan Tikus Percobaan, 4. Alat Untuk Pemeliharaan Tikus Percobaan, 5. Alat Penginjeksian Alloxan, 6. Alat pembedahan dan pengambilan darah, 7. Alat Pengukuran Kadar Glukosa Darah dan Urin, 8. Alat Analisa Serat Makanan, 9. Alat Analisa Proksimat, yaitu:

Alat yang digunakan untuk pembuatan tepung rumput laut (*Gelidium spp.*) meliputi timbangan digital “Mettler Toledo” dengan kapasitas maksimum 210 gram dan minimum 0.01 gram, timbangan pegas “Lion Star” dengan kapasitas maksimum 2000 gram dan minimum 10 gram, baskom plastik, ember, blender, thermometer, pengaduk, loyang plastik, loyang alumunium, dan ayakan.

Hewan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih jantan (*Rattus novergicus*) strain wistar, berjenis kelamin jantan, dipakai tikus jantan agar tidak terjadi siklus mestruasi pada saat penelitian, dengan umur 2.5 – 3 bulan, berat 150 – 200 gram. Tikus ini diperoleh dari Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.

Beberapa sifat karakteristik tikus ini adalah : nocturnal, berarti aktif di malam hari dan tidur pada siang hari, sangat mudah menyesuaikan diri dengan lingkungan, tidak dapat mengeluarkan isi perutnya (muntah) dan tidak pernah berhenti tumbuh walaupun kecepatannya menurun setelah berumur 100 hari (Martha, 2004). Menurut Smith dan Mangkoewidjojo (1988) dibandingkan dengan tikus liar, tikus laboratorium lebih cepat menjadi dewasa, tidak memperhatikan perkawinan musiman, dan umumnya lebih mudah berkembangbiak. Jika tikus liar dapat hidup selama 3 – 4 tahun, tikus laboratorium jarang hidup lebih dari 3 tahun.

Dalam penelitian alat-alat yang digunakan untuk pembuatan pakan antara lain timbangan analitik, blender, baskom, plastik, cetakan pelet, loyang dan oven.

Alat-alat yang digunakan untuk pemeliharaan tikus terdiri dari kandang tikus yang terbuat dari bahan *stainless steel* dilengkapi dengan tutup beserta perlengkapannya seperti tempat ransum, botol minum, dan dilengkapi dengan nampan sisa pakan serta feses tikus.

Alat-alat yang digunakan selama injeksi adalah timbangan elektronik merk Chiimadzi dengan tipe AEL-200 no. 604 dengan kapasitas 200 gram untuk menimbang *alloxan* dan syringe 1 ml untuk injeksi *alloxan* ke tikus putih.

Alat-alat pembedahan dan pengambilan darah tikus terdiri kapas, gunting, pisau bedah, pinset, papan pembedahan, spuit 5 ml, appendorf, haemotocrit.

Alat yang digunakan analisa kadar glukosa terdiri dari centrifuge, pipet tetes, vortex, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pipet appendorf (mikro pipet), mikro kuvet, dan spektrofotometer sedangkan alat yang digunakan untuk pengukuran kadar urin tikus terdiri dari tissue, kaca, syringe, label, dan appendorf.

Alat untuk menganalisis serat makanan pada tepung rumput laut *Gelidium* spp, ransum standart dan ransum perlakuan adalah neraca analitik, erlenmeyer 250 ml, penangas air, pH meter dan cricible (Poresity 2) yang mengandung 0.5 gram celite kering.

Alat analisa proksimat pada tepung laut *Gelidium* spp, kertas saring, erlenmeyer, gelas piala, gelas ukur, buret, mortar, rangkaian alat destruksi, pipet, rangkaian alat destilasi, pipet volume 5 ml, pipet volume 25 ml, statif, bola hisap, spatula, labu destruksi, labu destilasi, peralatan untuk ekstraksi lemak (soxhlet), neraca analitik, erlenmeyer 250 ml, penangas air, pH meter, aluminium foil, pipet serologis, pipet volume, mortar, blender, shaker, kertas saring, termometer, gelas piala, gelas ukur, oven, desikator, dan crucible (poresity) yang mengandung 0.5 gram celite kering.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Pada penelitian ini dilakukan pengujian tentang pengaruh pemberian

larutan dan gel tepung *Gelidium* spp dengan konsentrasi berbeda terhadap kadar glukosa darah yang hiperglikemia. Faktor perlakuan pada penelitian ini terdiri dari faktor bentuk pemberian rumput laut (A) yang terdiri dari bentuk larutan (A1) dan bentuk gel (A2), sedangkan faktor konsentrasi pemberian larutan dan gel tepung *Gelidium* spp (B) yang terdiri dari konsentrasi kontrol (+) 0.0 %, kontrol (-) 0.0 %, konsentrasi 5.0 % (B1), konsentrasi 7.5 % (B2), dan konsentrasi 10.0 % (B3). Adapun pengamatan pada hari ke-0, 3, 6, 9, 12, 15, dan ke-18, digunakan sebagai kelompok pengamatan. Denah rancangan faktor perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Denah rancangan faktor perlakuan

Berdasarkan perlakuan yang dilakukan maka penelitian ini dapat dirancang dengan menggunakan rancangan acak kelompok faktorial. Menurut Yitnosumanto (1993), model untuk rancangan acak kelompok (RAK) faktorial adalah :

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

Dimana :

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

μ = nilai tengah umum

A_i = pengaruh bentuk rumput laut pada taraf ke-i

B_j = pengaruh konsentrasi larutan dan gel rumput laut *Gelidium spp*
pada taraf ke-j

ρ_k = pengaruh kelompok hari pengamatan ke-k

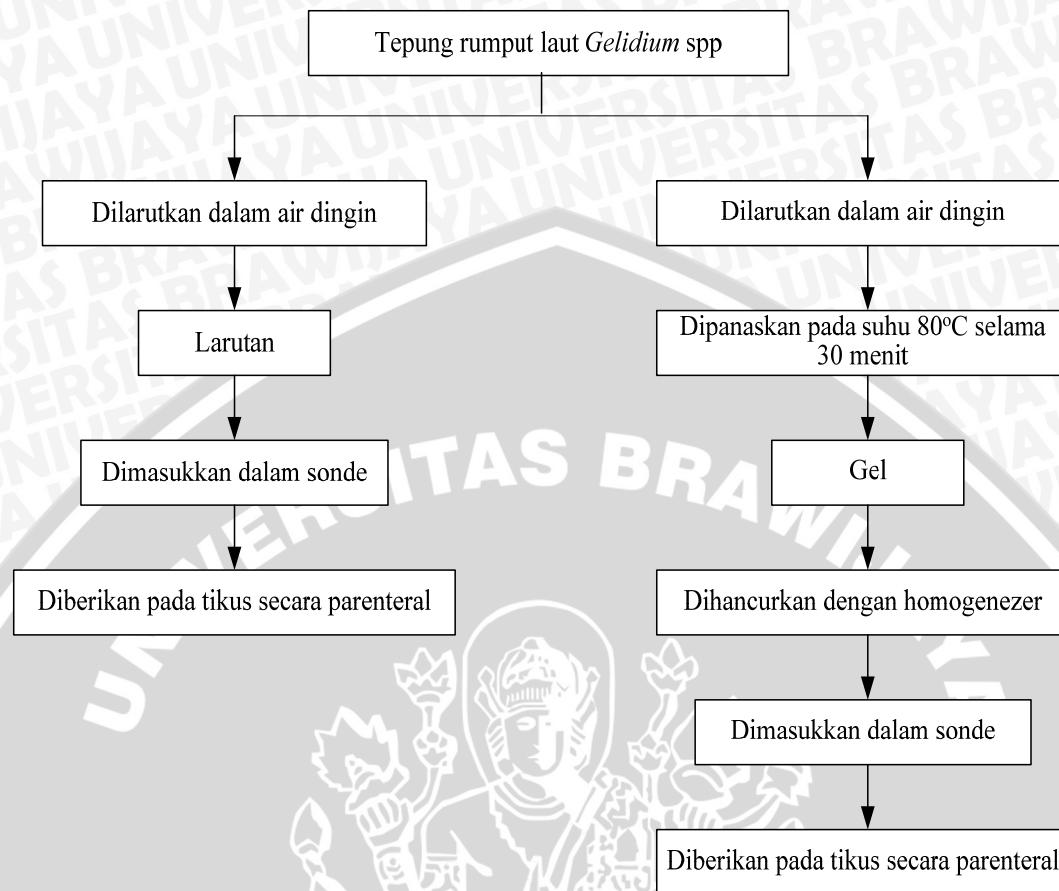
AB_{ij} = pengaruh interaksi bentuk rumput laut dan konsentrasi larutan dan gel rumput
laut *Gelidium spp* pada taraf ke-i dan taraf ke-j

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

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 memodifikasi Tepung rumput laut *Gelidium spp* menjadi bentuk gel dan larutan. Menurut Darmanto (2005), Cara memodifikasi tepung rumput laut menjadi bentuk larutan dan gel disajikan pada Gambar 2:



Gambar 2. Cara memodifikasi tepung menjadi bentuk gel dan larutan

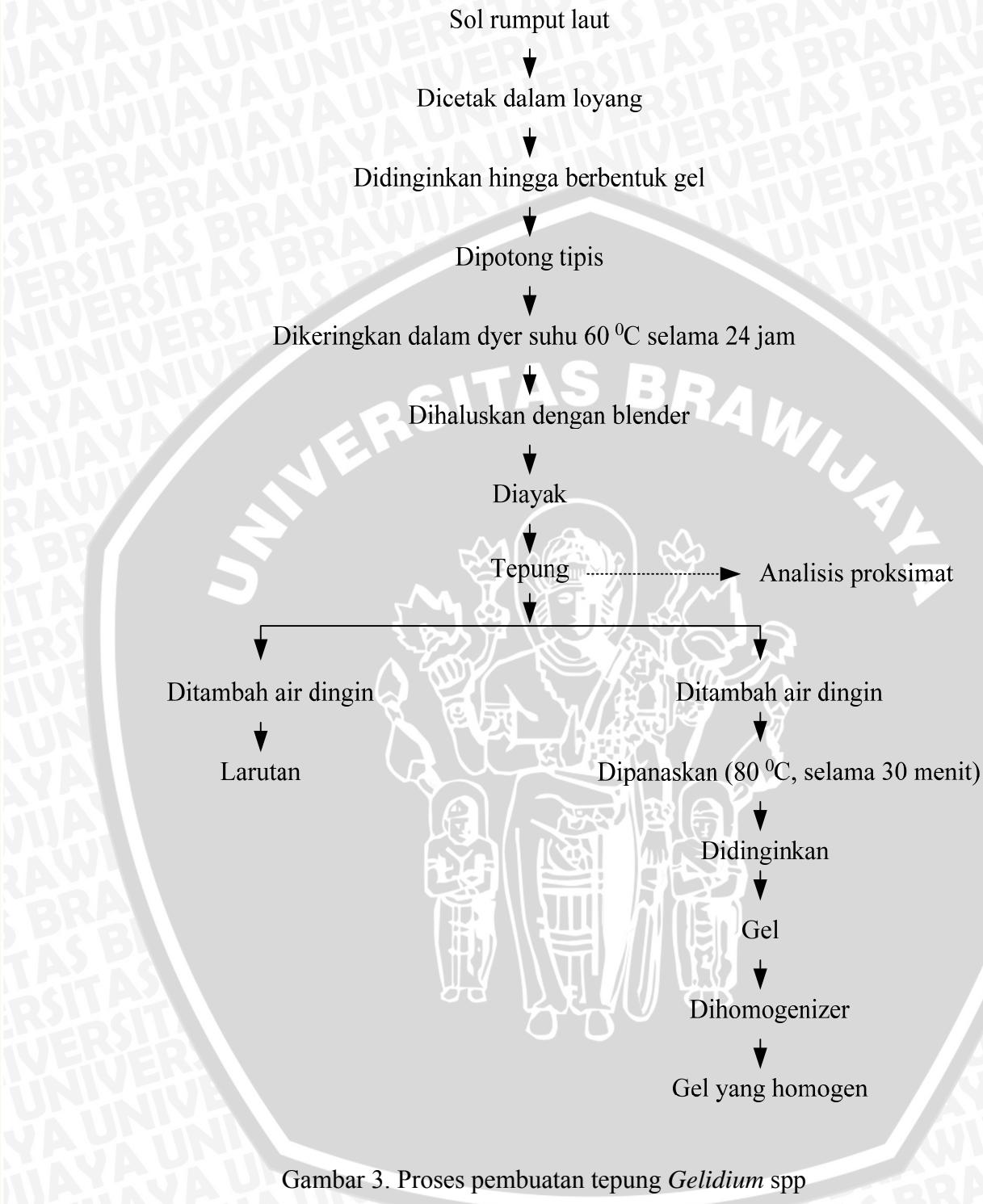
Menurut Handayani (2005) bahwa larutan dan gel yang diberikan pada tikus percobaan dilakukan sebanyak 2 kali sehari, dimana satu kali pemberian sebanyak 4.0 ml, hal ini dikarenakan kapasitas lambung tikus sebesar 5.0 ml. Pemberian larutan dan gel yang pertama pada pukul 08.00 WIB (sebelum tikus makan, dan belum ada asupan pakan), dan pemberian larutan dan gel yang kedua pada pukul 13.00 WIB. (diasumsikan tikus makan) pemberian makan dua waktu agar, tikus tidak kekenyangan dan dapat menerima asupan zat gizi dan mineral lain yang dibutuhkan. Adapun jumlah larutan dan gel yang diberikan kepada setiap ekor tikus dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah larutan dan gel yang diberikan kepada 1 ekor tikus untuk 1 kali pemberian.

Bahan	Larutan			Gel		
	5.0%	7.5%	10.0%	5.0%	7.5%	10.0%
Tepung rumput laut <i>Gelidium spp.</i>	0.07 gram	0.10 gram	0.13 gram	0.07 gram	0.10 gram	0.13 gram
Air	4.0 ml	4.0 ml	4.0 ml	4.0 ml	4.0 ml	4.0 ml

Salah satu metode pembuatan tepung rumput laut menurut Angka dan Suhartono (2000) adalah sebagai berikut:





Gambar 3. Proses pembuatan tepung *Gelidium spp*

3.3.1.2 Pembuatan Pakan pada Tikus Percobaan

Pada penelitian ini terdapat dua jenis pakan makanan tikus percobaan yaitu pakan standar dan pakan perlakuan. Pakan standar dibuat dengan mengikuti komposisi

pakan Standar National Research Council (NRC), sedangkan untuk pakan perlakuan dibuat sama dengan pakan standar tetapi seratnya (CMC) diganti tepung Tepung *Gelidium spp* yang dimodifikasi dalam bentuk gel dan larutan dengan konsentrasi 5.0 %, 7.5 %, 10.0 % dan untuk konsentrasi 0.0 % tetap menggunakan CMC makanan (*food grade*) sebagai sumber serat.

Komposisi pakan selain tepung maizena adalah tetap, selanjutnya komposisi tepung maizena akan menyesuaikan untuk menjadikan 100 %. Cara pembuatan pakan standar yaitu semua bahan dicampur dalam suatu wadah dan diaduk dengan tangan sampai tercampur rata kemudian dicetak dalam bentuk pelet kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C, 12 jam dan setelah kering dimasukkan plastik (Martha, 2004). Komposisi pakan standar dan pakan perlakuan tercantum pada Tabel 6:

Tabel 6. Komposisi pakan standar dan pakan perlakuan

Perlakuan	Perlakuan							
	Rumput laut	Protein	Minyak Jagung	Mineral mix	Vitamin mix	Air	CMC	Tepung maizena
0.0 % (-)	-	20	5	4	1	5	5	60
0.0 % (+)	-	20	5	4	1	5	5	60
5.0 %	5.0	20	5	4	1	5	-	60
7.5 %	7.5	20	5	4	1	5	-	60
10.0 %	10.0	20	5	4	1	5	-	60

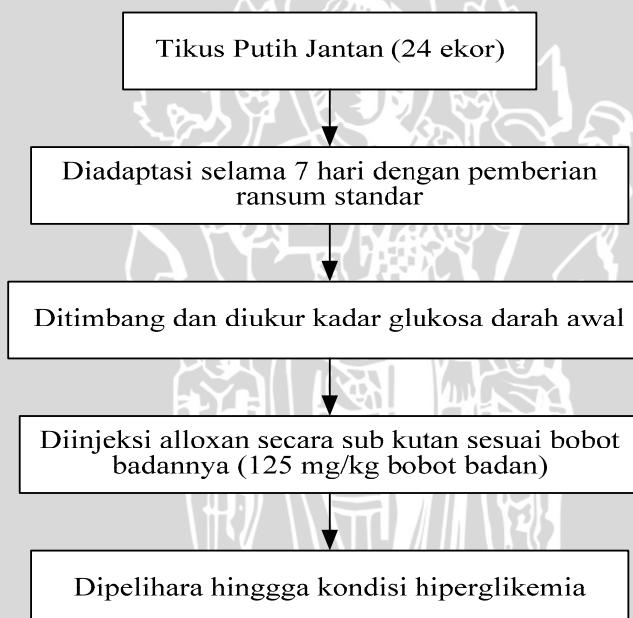
3.3.1.3 Pembuatan Tikus Hiperglikemia

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Martha (2004), mula-mula tikus putih jantan diadaptasikan selama 7 hari dengan lingkungan pemeliharaan dengan cara menempatkan setiap tikus dalam kandangnya dan diberi ransum standar dan minum

secara ad libitum. Kemudian tikus ditimbang dan diukur kadar glukosa darahnya untuk mengetahui kadar glukosa awal. Setelah masa adaptasi maka kadar glukosa darah tikus dinaikkan melalui injeksi *alloxan* dosis 125 mg/kg bobot badan sampai kadar glukosanya mencapai dua kali lipat dari kadar normalnya. Hal ini berdasarkan pada penelitian pendahuluan dimana pada hari ke-3 setelah injeksi *alloxan* tikus sudah dalam kondisi hiperglikemia.

Pada saat glukosa dalam darah tikus sudah mencapai hiperglikemia (kadar glukosa darah ≥ 180 mg/dl) kemudian diberi ransum sesuai dengan perlakunya.

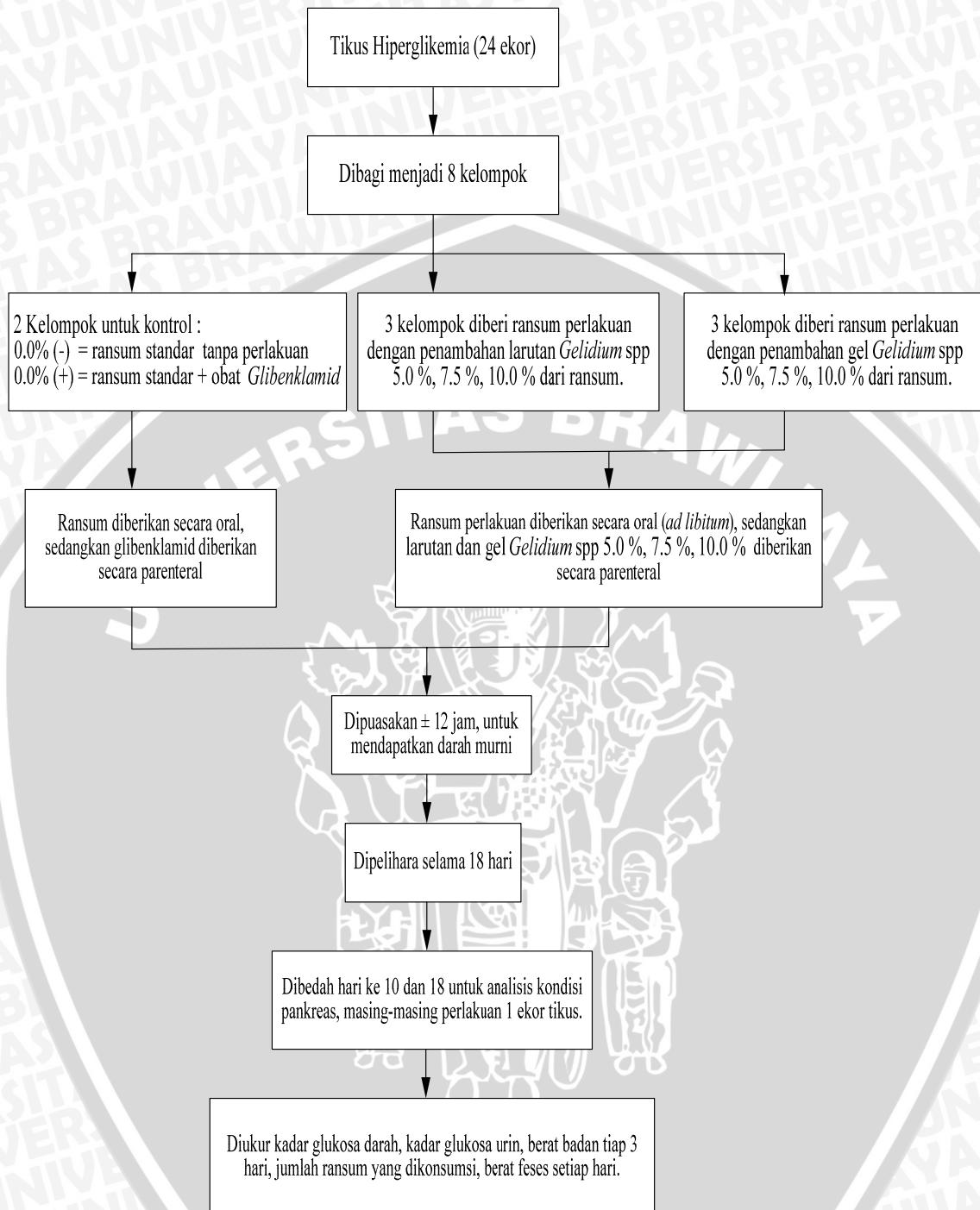
Pembuatan tikus hiperglikemia dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Pembuatan tikus hiperglikemia

3.3.1.4 Pelaksanaan perlakuan/percobaan

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



Gambar 5. Pelaksanaan penelitian

Setelah kondisi hiperglikemia tercapai, tikus diambil secara acak dan dibagi menjadi 3 kelompok sebagai berikut :

- Kelompok 1 merupakan kelompok kontrol (-) 0.0 % yaitu tikus yang diberi ransum standar dan kelompok kontrol (+) 0.0 % yaitu tikus yang diberi ransum standar dan obat Glibenklamid
- Kelompok 2 merupakan kelompok tikus yang diberi ransum perlakuan tanpa CMC secara oral dan larutan tepung rumput laut *Gelidium* spp dengan konsentrasi 5.0 %, 7.5 %, 10.0 % secara parenteral.
- Kelompok 3 merupakan kelompok tikus yang diberi ransum perlakuan tanpa CMC secara oral dan gel tepung rumput laut *Gelidium* spp dengan konsentrasi 5.0 %, 7.5 %, 10.0 % secara parenteral.

Tikus dipelihara selama 18 hari dan dilakukan pengamatan tiap 3 hari sekali yang meliputi pengamatan kadar glukosa darah, kadar urin, dan penimbangan berat badan. Selama periode ini jumlah ransum yang dikonsumsi dan jumlah feses ditimbang setiap hari.

Menurut Martha (2004), pengukuran kadar glukosa darah tikus dilakukan dengan metode GOD-PAP. Sebelum diambil darahnya tikus dipuaskan dahulu \pm 12 jam. Pengambilan serum darah melalui *sinus orbitalis* sebanyak 1 ml dengan menggunakan *mikrohaemotokrit* dan dimasukkan pada tabung *appendorf* kemudian didiamkan 30 menit pada suhu ruangan (hingga menjedal) dan disentrifuse 15 menit pada kecepatan 3000 rpm (hingga terbentuk 2 lapisan). Lapisan atas yang berwarna jernih kekuningan adalah serum yang kemudian diambil dengan pipet dan dimasukkan ke dalam *appendorf* lalu diukur kadar glukosa darahnya.

3.4 Parameter Uji Percobaan

Parameter uji yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis proksimat tepung rumput laut *Gelidium spp* dan ransum, analisis kadar glukosa darah, pengukuran berat tikus, jumlah ransum yang dikonsumsi, dan feses dari tikus percobaan.

3.4.1 Prosedur Analisa Parameter Uji

3.4.1.1 Kadar Air (Sudarmadji, *et al.*, 1997)

Metode yang digunakan untuk penentuan kadar air adalah metode Thermogravimetri. Prinsip 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) penetuan kadar air dengan metode gramavimetri 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 :

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

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

3.4.1.2 Kadar Protein (Sudarmadji, *et al.*, 1997)

Metode yang digunakan untuk penentuan kadar protein adalah metode makro Kjeldahl. Prinsip dari metode ini adalah penentuan protein berdasarkan oksidasi bahan-bahan berkarbon dan konversi nitrogen menjadi amonia. Selanjutnya amonia bereaksi dengan kelebihan asam membentuk ammonium 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) penetuan kadar protein dengan menggunakan metode makro kjeldahl adalah sebagai berikut :

- Timbang 1 gram bahan dan masukkan dalam labu kjeldahl. Kemudian tambahkan 7.5 gram $K_2S_2O_4$, 0.35 gram HgO dan 15 ml H_2SO_4 pekat. Panaskan semua bahan dalam labu kjeldahl dalam lemari asam sampai mendidih dan cairan jernih. Tentukan 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 blangko dengan mengganti bahan dengan aquades, lakukan destruksi, destilasi dan titrasi seperti sampel.

Perhitungan :

$$\% \text{ kadar N} = \frac{(\text{ml NaOH blanko} - \text{ml NaOH sampel})}{\text{gram sampel} \times 1000} \times 100 \times 14,008$$

3.4.1.3 Kadar Lemak (Sudarmadji, *et al.*, 1997)

Metode yang digunakan dalam penentuan kadar lemak adalah metode soxhlet. Prinsip dari metode yang ini adalah ekstraksi atau pemisahan lemak dari contoh dengan cara mensirkulasikan pelarut lemak (ethyl eter) ke dalam contoh (Murachman *et al.*, 1980). Menurut Sudarmadji, *et al.*, (1997) penetuan kadar lemak dengan menggunakan metode Soxhlet adalah sebagai berikut :

Labu yang sesuai ukurannya dengan alat ekstraksi soxhlet dikeringkan dalam oven lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Sampel yang sudah dihomogenkan ditimbang sebanyak 2 gram. Dibungkus dalam kertas saring dan dimasukkan dalam selongsong sampel dan ditutup dengan kapas bebas sampel. Ekstraksi dilakukan selama 5 jam sampai pelarut yang turun yang turun kembali ke labu lemak berwarna jernih. Pelarut yang ada dalam labu yang berisi lemak hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C. Setelah didapatkan berat yang tetap, lemak dalam labu tersebut didinginkan dalam desikator dan selanjutnya lemak beserta labunya ditimbang.

Perhitungan kadar lemak sebagai berikut:

$$\% \text{ kadar air} = \frac{(\text{berat labu + lemak} - \text{berat labu})}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

3.4.1.4 Kadar Abu (Sudarmadji, *et al.*, 1997)

Metode yang digunakan untuk penentuan kadar abu adalah metode pemanasan (pengeringan secara langsung). Prinsip dari metode ini adalah sampel dipanaskan pada suhu 650 °C, maka akan terjadi abu yang berwarna putih (Murachman *et al.*, 1983).

Penentuan kadar abu dengan metode pemanasan adalah sebagai berikut: timbang 2 gram sampel dalam kurs porselin yang telah kering dan telah diketahui beratnya, kemudian pijarkan dalam muffle sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan dengan suhu 550 – 660 °C. Masukkan kurs yang berisi abu ke dalam desikator dan ditimbang kadar abu setelah dingin (Sudarmadji, *et al.*, 1997). Perhitungan kadar abu sebagai berikut:

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{berat akhir} - \text{berat kurs porselen}}{\text{berat akhir}} \times 100\%$$

3.4.1.5 Kadar Karbohidrat (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 (Sudarmadji, *et al.*, 1997). Prosedur analisis kadar karbohidrat adalah sebagai berikut:

- Timbang 2 gram 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 5 kali dengan 10 ml ether. Biarkan ether menguap dari residu,

kemudian cuci lagi dengan 150 ml alkohol 10.0 % untuk membebaskan lebih lanjut karbohidrat yang terlarut.

- Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer dengan pencucian 200ml aquades dan tambahkan 20 ml HCl \pm 25.0 %. Tutup dengan pendingin balik, panaskan diatas penangas air mendidih selama 2,5 jam.
- Setelah dingin netralkan dengan larutan NaOH 45.0 % dan encerkan sampai volume 500 ml, kemudian tentukan kadar gula yang dinyatakan sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh. Kemudian berat glukosa dikalikan 0.9 yang hasilnya merupakan berat pati.

3.4.1.6 Kadar Serat Makanan (Sulaeman, *et al.*, 1993)

Sampel dihomogenkan menggunakan gilingan dan disaring dengan ukuran 0.3 mm. Dilakukan ekstraksi lemak menggunakan petroleum eter pada suhu kamar selama 15 menit (40 ml petroleum eter per gram sampel). 1 gram sampel ditimbang dan dimasukkan dalam erlenmeyer lalu ditambahkan 25 ml 0.1 M buffer natrium sulfat pH 6 dan diaduk. Buffer ditambahkan ditujukan untuk menstabilkan enzim termamyl. Ditambahkan 0.1 ml enzim termamyl. Erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil dan diinkubasi dalam penangas air dengan suhu 100 °C selama 15 menit sambil diaduk sesekali dengan tujuan untuk menghidrolisa pati dengan menggelatinisasikan terlebih dahulu. Sampel diangkat dan setelah dingin ditambahkan 20 ml air destilata kemudian pH dijadikan 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 destilata dan atur pH menjadi 6.8 dengan menggunakan NaOH untuk mendapatkan

aktivitas maksimum dari pankreatin. Ditambahkan 100 mg pankreatin, erlenmeyer ditutup dan diinkubasi dalam penangas air bergoyang pada suhu 40 °C selama 60 menit. Diatur pH menjadi 4.5 menggunakan HCl. Disaring menggunakan crucible kering (porositas 2) yang telah diketahui beratnya mengandung 0.5 gram celite kering. Terakhir dicuci dengan 2 x 10 ml air destilata.

1. Insoluble Dietary Fiber (IDF) (residu)

Cuci dengan 2 x 10 ml etanol 95.0 % dan 2 x 10 ml aseton. Dikeringkan pada suhu 105 °C sampai mencapai berat konstan (semalam). Timbang setelah didinginkan dalam desikator (D₁). Pengabuan pada suhu 550 °C minimal selama 5 jam. Ditimbang setelah didinginkan dalam desikator.

2. Soluble Dietary Fiber (SDF) (filtrat)

Atur volume filtrat menjadi 100 ml dengan air destilata kemudian ditambahkan 400 ml etanol 95.0 % (60 °C). Biarkan mengendap selama 1 jam. Disaring menggunakan crucible (porositas 2) yang telah diketahui beratnya dengan mengandung 0,5 gramam celite, dicuci dengan 2 x 10 ml etanol 78 %; 2 x 10 ml etanol 95.0 %; 2 x 10 ml aseton. Dikeringkan pada suhu 105 °C selama semalam. Timbang setelah dikeringkan dalam desikator (D₂). Pengabuan dalam tanur dilakukan pada suhu 550 °C selama 5 jam. Timbang setelah didinginkan didalam desikator (I₂).

Blangko untuk serat yang larut dan tidak larut diperoleh dengan cara seperti prosedur untuk sampel tetapi tanpa sampel (B1 dan B2). Nilai blangko sewaktu-waktu harus dicek bila menggunakan enzim dari batch yang berbeda.

Perhitungan:

$$\% \text{ IDF} = \frac{D1 - L1 - B1}{W} \times 100\%$$

$$\% \text{ SDF} = \frac{D2 - L2 - B2}{W} \times 100\%$$

$$\% \text{ TDF} = \% \text{ SDF} + \% \text{ IDF}$$

Keterangan :

W = berat sampel (gram)

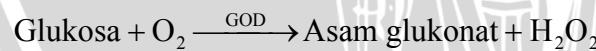
D = berat setelah pengeringan (gram)

I = berat setelah pengabuan (gram)

B = berat blangko bebas abu (gram)

3.4.1.7 Kadar Glukosa Darah (Anonymous, 2003)

Metode yang digunakan adalah GOD-PAP dimana prinsipnya adalah oksidasi glukosa oleh Gluko-Oxidase (GOD) menjadi asam glukonat dan H₂O₂. selanjutnya H₂O₂ direaksikan dengan 4-aminoantipirin dan fenol yang menghasilkan chinonimine yang berwarna kemerahan dan H₂O. Reaksi ini dikatalis oleh enzim peroksidase (POD). Chinonimine yang terbentuk eqivalent dengan glukosa sehingga warna yang terukur dari chinonimine akan sebanding dengan kadar glukosanya.



Sampel yang digunakan berupa serum/plasma yang diperoleh dengan antikoagulan heparin/EDTA. Sampel darah tidak boleh sampai lisis, sebab akan mengganggu warna yang terbentuk serta harus segera diberi inhibitor glikolisis dengan NaF atau KF agar sel darah merah yang masih hidup tidak melakukan glikolisis

sehingga mengurangi kadar glukosa darah. Sampel kemudian disimpan pada suhu 4 °C agar stabil sampai 7 hari.

Reagen pereaksi yang digunakan terdiri dari buffer fosfat 250 mmol/l, pH 7.5 glukose oksidase >10 KU/l, fenol 5 mmol/l, peroksidase >10 KU/l dan 4 aminoantipirin 0.5 mmol/l. Standar yang digunakan adalah 100 mg/ dl (= 5.55 mmol/l). Larutan sampel /standart dibuat dengan mencampurkan 10 μ l reagen pereaksi. Sedangkan untuk larutan blanko hanya terdiri dari 1000 μ l pereaksi. Larutan-larutan ini kemudian didiamkan pada suhu kamar (26 °C) selama 20 menit atau selama 10 menit pada suhu 37 °C. Absorbsi dibaca dengan kolorimeter pada λ 500 nm atau Hg 546 nm. Sebagai titik nol digunakan larutan blangko. Kadar glukosa dalam darah dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Glukosa} = \frac{\text{As}}{\text{Ast}} \times (\text{kadar standar})$$

Keterangan :

As : absorbansi

Ast : absorbansi standar

3.4.1.8 Kadar Glukosa Urin (Ganong, 1981)

Glukosa urin diukur dengan menggunakan uriscan. Caranya adalah dengan memasukkan 1 ml urin dari tikus percobaan ke dalam *appendorf*, kemudian dimasukkan uriscan ke dalam urin selama satu menit atau sampai terjadi perubahan warna dan kemudian diangkat dan dikeringkan. Warna akhir yang ditunjukkan pada uriscan akan menunjukkan nilai atau kondisi dari glukosa urin tikus percobaan.

3.4.1.9 Jumlah Ransum yang Dikonsumsi dan Berat Badan Tikus

Ransum pakan diberikan pada tikus secara ad libitum dapat diketahui jumlah yang dikonsumsi dengan menghitung selisih ransum yang diberikan dan sisa ransum yang tidak dimakan oleh tikus. Untuk berat badan tikus dapat diketahui dengan menimbang tikus menggunakan timbangan analitik tiap 3 hari sekali.

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA (Analysis of Variance) dan dianalisis lebih lanjut dengan uji Tukey (SPSS versi 11.50) yang bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang terjadi diantara faktor perlakuan yang digunakan beserta interaksinya.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh konsumsi tepung rumput laut *Gelidium spp* bentuk gel dan larutan dalam menurunkan kadar glukosa darah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Tepung rumput laut *Gelidium spp* bentuk gel dan larutan dapat menurunkan kadar glukosa darah tikus wistar *Rattus novergicus* sedangkan pemberian tepung rumput laut *Gelidium spp* dalam bentuk gel lebih efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah tikus wistar *Rattus novergicus*.
- b. Pemberian tepung rumput laut *Gelidium spp* bentuk gel konsentrasi 10.0 % paling efektif menurunkan kadar glukosa darah tikus wistar *Rattus novergicus*.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang dampak negatif dari pemberian serat makanan yang berlebih terhadap mekanisme pencernaan dan organ pencernaan makanan, selain itu juga perlu dilakukan teknik pewarnaan imunohistokimia agar komponen sel-sel pulau langerhan pada jaringan pankreas dapat teridentifikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposisi Gizi

4.1.1 Tepung, Larutan dan Gel Tepung Rumput laut *Gelidium spp*

Hasil analisis komposisi gizi yang meliputi analisis kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan karbohidrat yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi gizi tepung rumput laut *Gelidium spp*

Parameter Uji	Kadar (%)
Air	12.26
Abu	16.59
Protein	11.69
Lemak	0.17
Karbohidrat by different	59.30

Keterangan : n = 1 ulangan

Dari hasil analisis komposisi Gizi terhadap tepung rumput laut *Gelidium spp*, didapatkan hasil, tepung rumput laut masih dalam katagori tepung rumput laut yang baik. Menurut Restanti (2003) komposisi tepung rumput laut dengan kadar air 23.3 %, kadar abu 15.4 %, kadar protein 8.5 %, kadar lemak 0.8 % dan kadar karbohidrat 75.3 %.

Pada hasil penelitian didapat kadar protein 11.69 % dan kadar lemak 0.17 dan kadar karbohidrat sebesar 59.30 %. Menurut Anynomous (2007) Rumput laut sebagai bahan pangan memiliki kandungan utama karbohidrat. Namun karbohidrat yang terdapat dalam bahan pangan ini sebagian besar terdiri dari senyawa *Gumi* yang tidak dapat dicerna dalam pencernaan manusia. Sedangkan kandungan protein dan lemak

pada rumput laut juga sangat kecil. Kadar abu dalam tepung rumput laut dari *Gelidium* spp agak tinggi. Hal ini disebabkan karena 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. Kadar serat makanan *Gelidium* spp dan tepung rumput laut *Gelidium* spp, disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kadar serat makanan *Gelidium* spp dan tepung rumput laut *Gelidium* spp.

Bahan	Kadar serat makanan (%)		
	Tidak larut	Larut	Total
<i>Gelidium</i> spp.	31.04±2.18	37.53±2.36	68.56±4.54
Tepung rumput laut <i>Gelidium</i> spp.	18.62±2.23	61.19±0.86	79.81±1.09

Keterangan : n = 2 ulangan

Berdasarkan hasil analisis serat makanan total, didapatkan kadar serat makanan dari *Gelidium* spp serat makanan tidak larut 31.04 %, serat makanan larut 37.53 % dan total serat makanan 68.56 %. Menurut Khomsan (2001) 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 %.

Sedangkan untuk tepung rumput laut *Gelidium* spp, serat makanan tidak larut 18.62 %, serat makanan larut 61.19 % dan total serat makanan 79.81 %. Menurut Rahayu (1998), serat makanan dalam sayuran yang dimasak atau diolah akan meningkat bila dibandingkan dengan sayuran mentah. tepung rumput laut *Gelidium* spp. memiliki kandungan serat yang lebih besar dibandingkan dengan rumput laut mentah. Kadar serat

makanan total rumput laut *Gelidium* spp. sebesar 79.81 %, dan dapat dikategorikan sebagai produk yang mengandung serat makanan yang tinggi.

4.1.2 Pakan

Pada penelitian ini juga dilakukan analisis proksimat dari pakan tikus standar dan pakan tikus perlakuan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia atau nutrisi yang ada pada setiap pakan, dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Komposisi gizi pakan tikus

Parameter uji	Pakan tikus (%)	
	Standar	Perlakuan
Air	9.20±0.47	5.05±0.01
Abu	5.05±1.15	4.39±0.03
Protein	21.01±1.22	7.09±0.06
Lemak	4.99 ± 1.15	9.85±0.08
Karbohidrat <i>by different</i>	59.75±0.59	73.58±0.06

Keterangan : n = 2 ulangan

4.2 Pembuatan Tikus Hiperglikemia

Dalam pembuatan tikus percobaan menjadi hiperglikemia dilakukan dengan pemberian injeksi *alloxan* dengan dosis 125 mg/kg bobot badan. Menurut Noor, (1990) injeksi *alloxan* kedalam hewan, merupakan cara kimiawi menghasilkan diabetes. *Alloxan* adalah suatu senyawa yang dapat menghambat sekresi insulin yang kemudian menyebabkan terjadi peningkatan terhadap kadar glukosa darah atau *hiperglikemia* (Ganong, 1993).

Injeksi dilakukan secara intaraperitoneal pada tikus yang telah dipuaskan selama satu malam, hingga didapat kadar glukosanya melebihi normal. Menurut Noor (1990)

Pengambilan sempel darah yang diambil sebelum makan pagi biasanya mengandung 0.07 – 0.10 % glukosa, atau 70 – 100 ml darah. Selama siang hari, konsentrasi glukosa dapat berkisar antara 70 sampai 160 mg, meskipun jarang melewati 130 mg. Setelah makan terdapat peningkatan yang tajam diikuti penurunan bertahap, sehingga dalam 1 atau 2 jam konsentrasi akan kembali ke level 70 – 100 ml.

Pada kondisi *hiperglikemia* glukosa darah yang sedang berpuasa dapat meningkat sampai 130 mg/100 ml jika hewan menderita diabetes melitus, efek dari hiperglikemia ialah “glikosuria”, jika kadar glukosa darah meningkat 140 – 160 mg/100ml maka air kemih akan mengandung glikosa. (Girindra, 1988)

4.3 Pengaruh Pemberian Larutan dan Gel Rumput laut *Gelidium spp* terhadap Jumlah Konsumsi Pakan, Jumlah Feses dan Berat Badan

4.3.1 Jumlah Konsumsi Pakan.

Ransum pakan yang dikonsumsi tikus percobaan dilakukan dengan dua cara, yaitu secara parenteral (tepung rumput laut *Gelidium spp* dalam bentuk gel dan larutan) dan ransum perlakuan yang berbentuk pellet dan diberikan secara *ad libitum* (bebas makan). Jumlah pakan yang dikonsumsi tikus dapat diketahui dengan menghitung selisih pakan yang diberikan dengan sisa pakan yang dimakan oleh tikus.

Hasil analisis statistik jumlah konsumsi dapat dilihat pada Lampiran 8 dan rata-rata jumlah pakan yang dikonsumsi oleh tikus selama 18 hari, dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data rata-rata jumlah konsumsi pakan tikus (gram/ekor/hari)

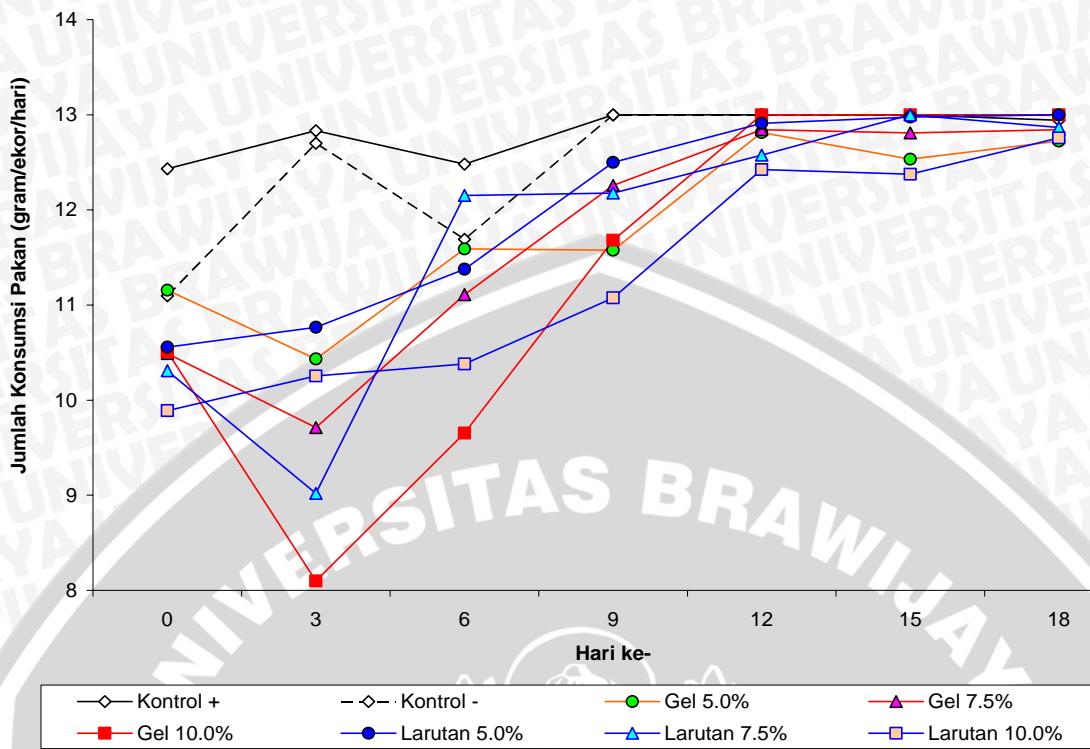
Hari	Kontrol		Gel			Larutan		
	K (+)	K (-)	5.0 %	7.5 %	10.0 %	5.0 %	7.5 %	10.0 %
0	12.48±0.45	11.69±1.03	11.81±0.24	11.81±0.37	11.64±0.40	11.68±0.44	11.77±0.32	11.71±0.60
3	12.43±0.15	11.10±0.35	12.28±1.25	10.36±1.82	9.02±0.74	12.20±0.84	10.57±2.80	11.07±1.62
6	12.83±0.29	12.70±0.52	12.13±1.05	9.91±3.38	10.46±0.79	12.61±0.19	12.04±0.80	11.79±1.52
9	13.00±0.00	13.00±0.00	11.86±1.98	11.58±1.33	10.85±1.93	11.88±0.37	12.07±1.62	12.03±1.23
12	13.00±0.00	13.00±0.00	12.90±0.17	12.63±0.64	12.28±0.65	13.00±0.00	12.13±1.50	12.62±0.66
15	13.00±0.00	13.00±0.00	13.00±0.00	13.00±0.00	13.00±0.00	13.00±0.00	11.80±2.08	12.73±0.78
18	12.94±0.10	13.00±0.00	12.87±0.23	12.58±0.73	12.38±1.08	13.00±0.00	13.00±0.00	12.72±0.53

Keterangan : n = 3 ulangan

Berdasarkan tabel 10, terlihat bahwa keseluruhan jumlah pakan yang dikonsumsi tikus cukup tinggi. Menurut Smith dan Mangkoewidjojo (1988) jumlah konsumsi untuk tikus (*Rattus norvegicus*) setiap harinya antara 12 gram sampai 20 gram makanan. Sedangkan menurut Malole dan Pramono (1989) konsumsi pakan untuk tikus dewasa membutuhkan 5 gram makanan dan 10 ml air minum setiap hari per 100 gram berat badan, sehingga dari hasil penelitian didapatkan jumlah konsumsi yang sesuai jika dibandingkan dengan literatur.

Dari analisis statistik (Lampiran 8) menunjukkan bahwa bentuk, konsentrasi dan lama pemberian tepung rumput laut *Gelidium* spp dalam bentuk gel dan larutan memberikan pengaruh yang nyata ($p<0.05$) terhadap jumlah konsumsi tikus, sedangkan untuk interaksi konsumsi perlakuan tepung rumput laut *Gelidium* spp dalam bentuk gel dan larutan tidak memberikan pengaruh nyata ($p>0.05$) terhadap konsumsi pakan tikus.

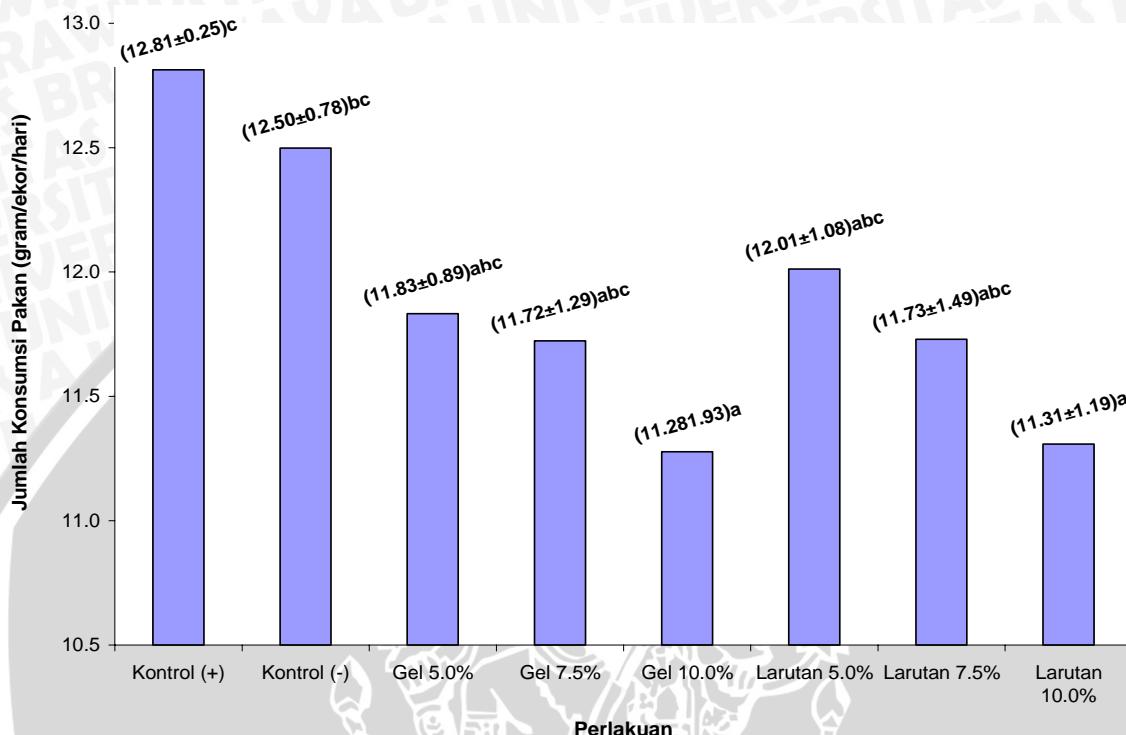
Jumlah pakan yang dikonsumsi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh perlakuan terhadap jumlah konsumsi pakan pada tikus.

Pada Gambar 6. dapat dilihat bahwa ada fluktuasi jumlah konsumsi tikus percobaan. Pada hari ke-3 pada bentuk gel 5.0 %, gel 7.5 %, gel 10.0 %, dan larutan 7.5 % mengalami penurunan konsumsi pakan, hal ini disebabkan karena kondisi tikus percobaan dalam kondisi hiperglikemia sehingga membuat keadaan yang tidak nyaman pada tubuh tikus yang berpengaruh terhadap berkurangnya napsu makan. Selain itu juga adanya gangguan metabolismik karbohidrat, protein dan lemak pada tubuh tikus akibat penyakit diabetes yang disebabkan injeksi *alloxan*. Namun pada hari ke-6 sampai dengan hari ke-18, konsumsi pakan bentuk gel 5.0 %, gel 7.5 %, gel 10.0 %, dan larutan 5.0 %, larutan 7.5 %, larutan 10.0 %, mengalami peningkatan, hal demikian diduga pengaruh kondisi tidak nyaman pada tikus mulai hilang dan kondisi diabetes mengakibatkan *poliphagia* (napsu makan bertambah).

Pada Gambar 7. Dapat dilihat pengaruh perlakuan terhadap jumlah pakan yang dikonsumsi tikus.



Gambar 7. Histogram pengaruh perlakuan terhadap jumlah konsumsi pakan tikus.

Pada gambar 7. dilihat pada perlakuan pemberian rumput laut semakin tinggi konsentrasi, jumlah konsumsi pakan semakin rendah. Pada perlakuan gel yang paling rendah adalah konsentrasi 10.0 %, sedangkan pada jumlah konsumsi paling rendah pada perlakuan larutan adalah konsentrasi 10.0 %. Dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan tikus yang mengkonsumsi rumput laut mempunyai tingkat konsumsi ransum yang paling rendah dibandingkan dengan tikus kontrol (+) dan kontrol (-), dan larutan. Hal ini disebabkan kandungan serat dan sifat fisik kimia dari tepung rumput laut *Gelidium spp*, membuat tikus kenyang sehingga tingkat konsumsi pakan menjadi rendah. Menurut Piliang dan Djojosobagio (1996), konsumsi serat makanan

menyebabkan rasa kenyang akibat memakan komplek karbohidrat yang menyebabkan menurunnya selera makan dan akhirnya menurunkan konsumsi makan.

4.3.2 Feses Tikus

Penentuan jumlah feses yang dikeluarkan oleh tikus dilakukan setiap hari selama 18 hari setelah tikus diberi pakan perlakuan dan konsumsi tepung rumput laut *Gelidium* spp dalam bentuk larutan dan gel secara parenteral. Data jumlah feses yang dikeluarkan tikus selama 18 hari terdapat pada Lampiran 10. Sedangkan rerata jumlah feses yang dikeluarkan tikus selama penelitian terdapat pada Tabel 11.

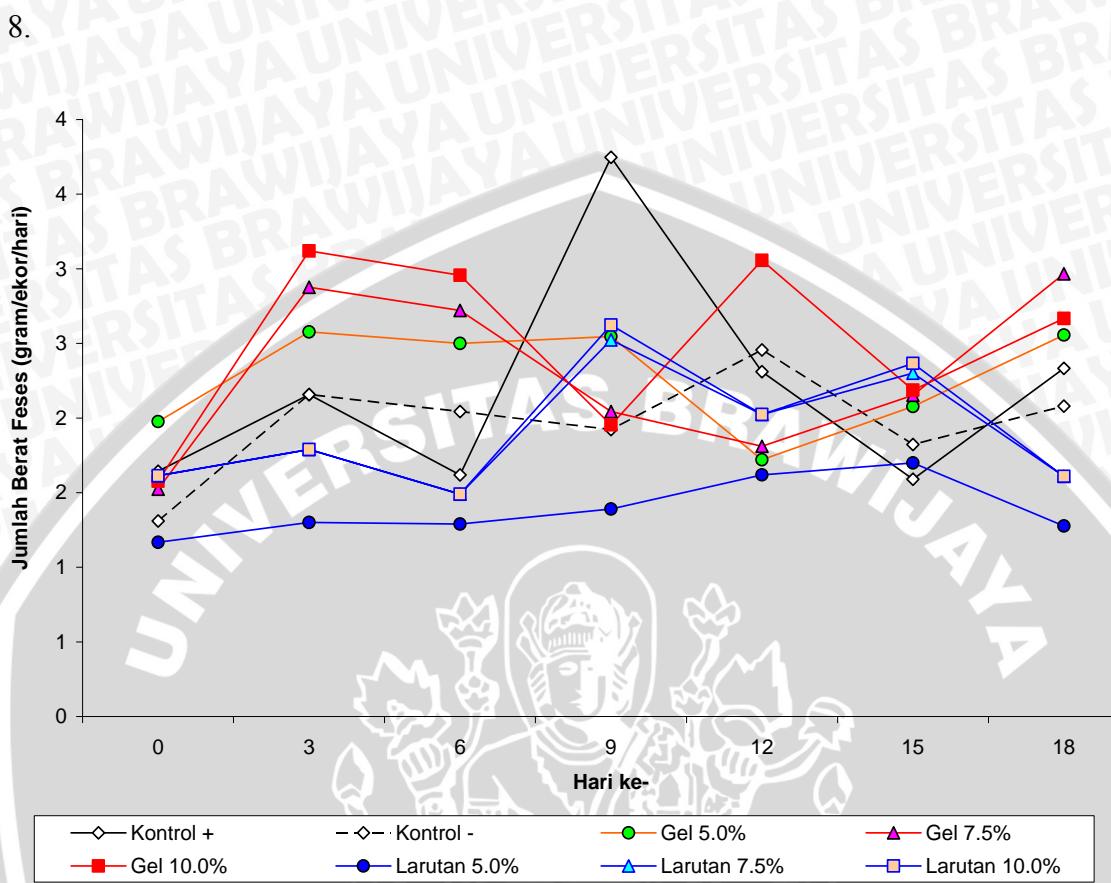
Tabel 11. Data rata-rata jumlah feses tikus (gram/ekor/hari)

Hari	Kontrol		Gel			Larutan		
	K (+)	K (-)	5.0 %	7.5 %	10.0 %	5.0 %	7.5 %	10.0 %
0	1.64±0.10	1.31±0.19	1.98±0.51	1.52±0.15	1.58±0.15	1.17±0.07	1.61±0.19	1.55±0.30
3	2.16±0.29	2.16±0.30	2.58±0.28	2.88±0.85	3.12±0.91	1.30±0.13	1.79±0.25	2.22±0.71
6	1.62±0.42	2.04±1.32	2.50±0.35	2.72±1.11	2.96±0.51	1.29±0.44	1.49±0.46	2.01±0.86
9	3.75±1.78	1.92±0.45	2.55±0.45	2.04±0.60	1.95±0.54	1.39±0.25	2.52±0.25	2.34±0.91
12	2.31±0.55	2.46±0.20	1.72±0.39	1.81±0.99	3.06±0.52	1.62±0.49	2.02±0.19	2.13±0.62
15	1.59±0.17	1.82±0.74	2.08±0.34	2.15±0.96	2.19±0.08	1.70±0.18	2.30±0.41	2.02±0.51
18	2.33±0.85	2.08±0.55	2.56±0.38	2.97±0.25	2.67±0.35	1.28±0.30	1.61±0.44	2.14±0.70

Keterangan : n = 3 ulangan

Dari analisis statistik diketahui bahwa bentuk dan konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah feses yang dikeluarkan oleh tikus ($p<0.05$). Bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi dan bentuk larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium* spp, mampu mempengaruhi jumlah feses yang dikeluarkan. Tetapi antara bentuk dan konsentrasi tidak terdapat interaksi antara keduanya ($p>0.05$). Bahwa bentuk rumput laut *Gelidium* spp dan konsentrasi yang diberikan pada tikus tidak mampu mempengaruhi jumlah feses yang dikeluarkan. Analisis statistik terhadap jumlah feses yang dikeluarkan tikus terdapat pada Lampiran 10.

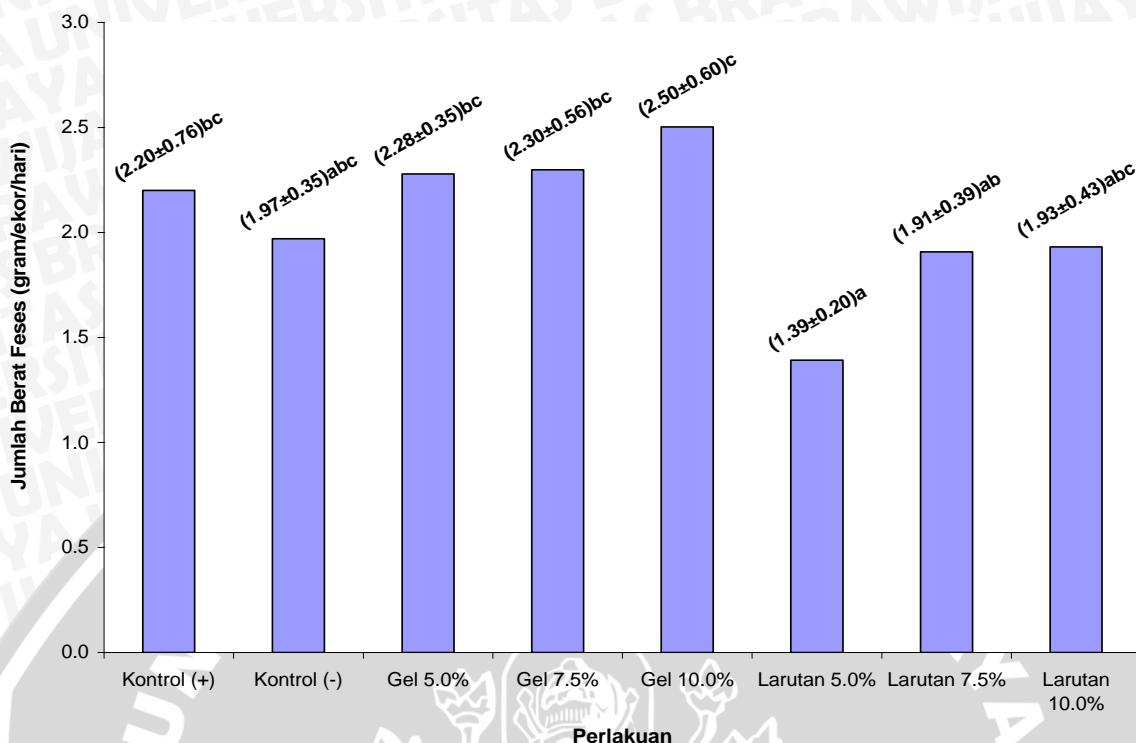
Grafik pengaruh perlakuan terhadap jumlah feses tikus, disajikan pada Gambar



Gambar 8. Grafik pengaruh perlakuan terhadap jumlah berat feses tikus.

Pada Gambar 8, terlihat bahwa terjadi fluktuasi jumlah berat feses yang dikeluarkan tikus tiap hari. Peningkatan jumlah berat feses terjadi pada hari ke-3, pada perlakuan gel 10.0 % sedangkan yang terendah pada konsentrasi larutan 5.0 %. Hal ini disebabkan jumlah serat yang terkandung pada larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium spp* yang diberikan tidak berbeda satu sama lain sehingga jumlah berat feses yang dikeluarkan setiap harinya berbeda nyata.

Histogram pengaruh perlakuan terhadap jumlah feses tikus, disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Histogram pengaruh perlakuan terhadap jumlah berat feses tikus.

Pada Gambar 9. terlihat bahwa pada perlakuan pemberian rumput laut semakin besar konsentrasi maka jumlah feses yang dihasilkan semakin banyak. Pada perlakuan gel dan larutan terjadi peningkatan jumlah berat feses yang berurutan dimulai pada konsentrasi 5.0 %, 7.5 % dan 10.0 %. Sedangkan pada perlakuan kontrol (+) dan kontrol (-), feses yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan pemberian rumput laut.

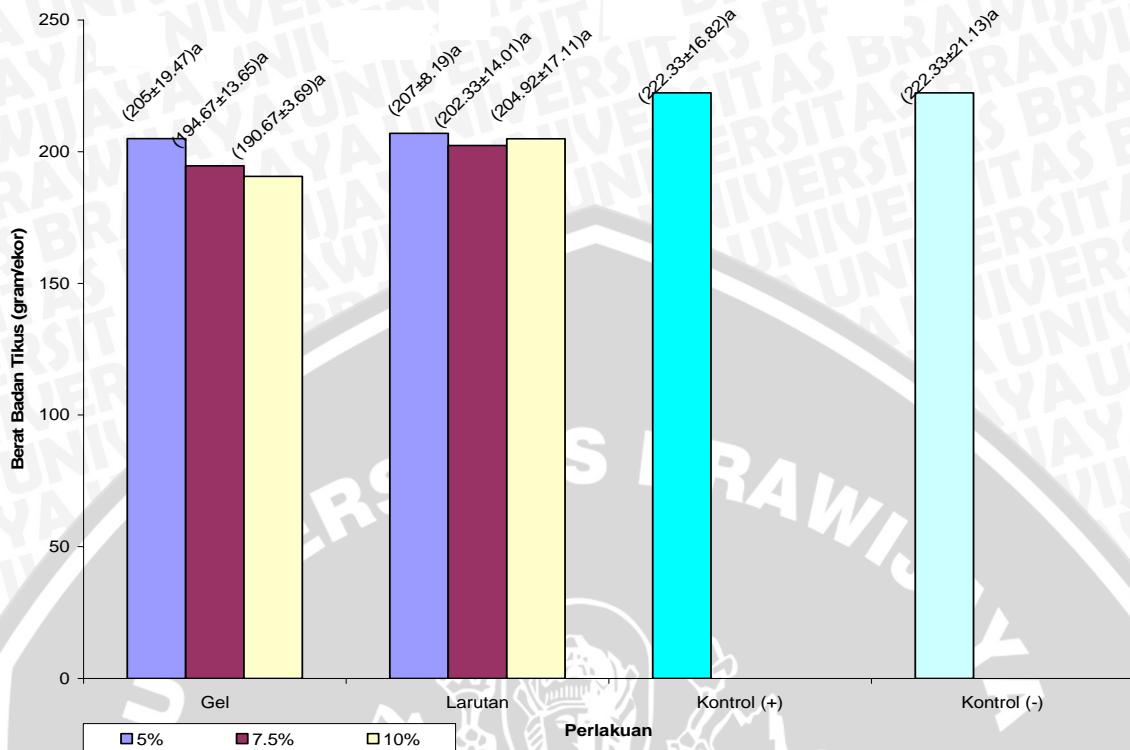
Banyak jumlah makanan yang dikonsumsi selain berpengaruh pada pertumbuhan tikus juga berpengaruh terhadap jumlah feses yang dikeluarkan. Semakin besar konsentrasi dan semakin lama pemberian tepung rumput laut *Gelidium spp* akan mempengaruhi jumlah feses yang dihasilkan oleh tikus. Hal ini diduga karena aktivitas dari serat makanan. Menurut Piliang dan Djojosobagio (1996) peran utama serat dalam makanan ialah pada kemampuannya mengikat air sellulosa dan pektin. Dengan adanya

serat, membantu mempercepat sisa-sisa makanan melalui saluran pencernaan untuk dieksresikan, tanpa bantuan serat, feses dengan kandungan air rendah akan lebih lama tinggal dalam saluran usus dan mengalami kesukaran melalui usus untuk dapat dieksresi keluar, karena gerakan-gerakan peristaltik usus besar menjadi lamban.

4.3.3 Berat Badan Tikus

Pengukuran berat badan tikus dilakukan untuk mengetahui berat badan tikus dengan cara ditimbang setiap 3 kali sehari selama 18 hari dan dilakukan sebelum pemberian ransum pakan. Data berat badan tikus/3 hari dapat dilihat pada lampiran 5.

Sebelum dilakukan analisis statistik lanjut, berat badan awal tikus yang bervariasi diuji homogenitasnya untuk mengetahui beda atau tidaknya berat badan tikus. Uji homogenitas ini bertujuan agar penurunan kadar glukosa darah pada tikus tidak dipengaruhi oleh berat badan awal yang berbeda-beda tetapi dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan. Pada Gambar 10 dapat dilihat histogram berat badan hari ke-0.



Gambar 10. Histogram berat badan tikus hari ke-0.

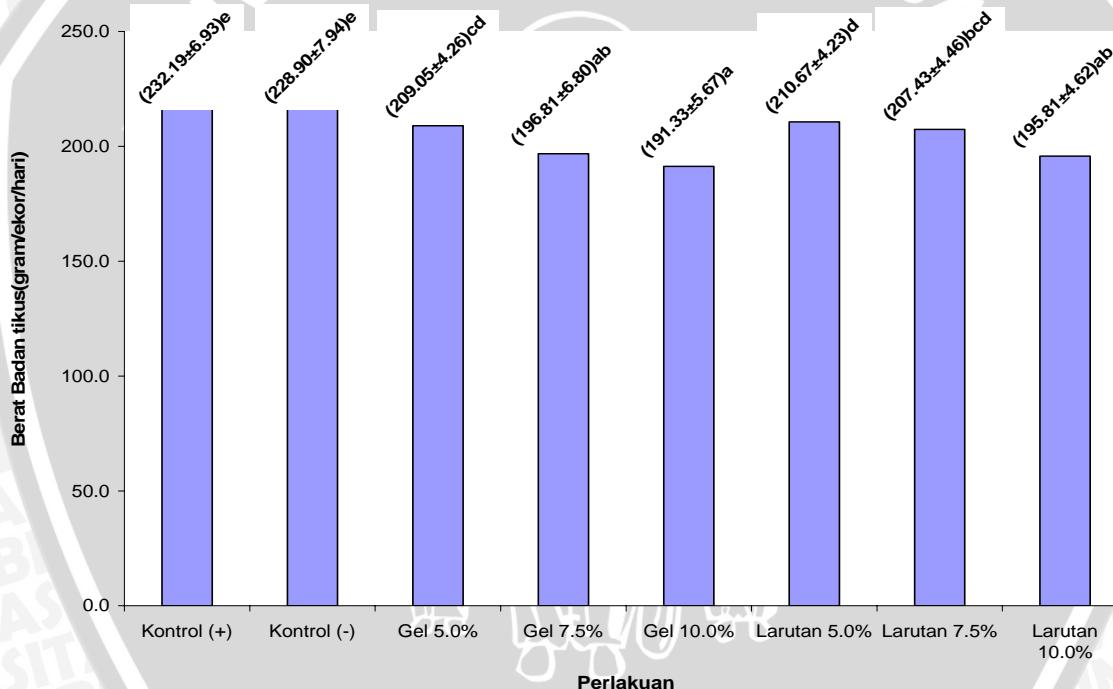
Pada Gambar 10. terlihat bahwa berat badan tikus yang digunakan dalam penelitian ini telah homogen. Dari hasil analisis Anova terhadap berat badan tikus pada hari ke-0 terlihat bahwa berat badan tikus yang digunakan pada penelitian ini tidak berbeda nyata ($\alpha > 0.5$). Untuk lebih jelasnya data rata-rata berat badan tikus terdapat pada Tabel 12.

Tabel 12. Data rata-rata berat badan tikus setiap 3 hari (gram/ekor tikus)

Hari	Kontrol		Gel			Larutan		
	K (+)	K (-)	5.0 %	7.5 %	10.0 %	5.0 %	7.5 %	10.0 %
0	222.33±16.82	222.33±21.13	205.00±19.47	194.67±13.65	190.67±3.79	207.00±8.19	202.33±14.01	204.92±17.11
3	225.00±14.50	216.33±18.56	205.00±20.22	191.33±22.03	185.00±6.56	208.67±13.58	205.33±13.43	202.96±18.22
6	228.33±11.93	224.00±18.08	206.67±14.74	189.33±21.55	185.00±7.00	206.00±19.29	203.33±12.42	204.33±19.84
9	234.33±10.02	232.67±20.21	206.67±14.01	193.67±23.03	188.33±6.66	208.33±18.01	205.67±14.01	208.33±21.02
12	237.67±11.24	236.33±23.01	211.33±12.58	198.33±21.55	194.00±11.27	213.33±19.22	209.00±13.89	212.17±21.22
15	239.67±7.37	236.00±22.27	213.00±7.55	201.00±19.52	197.00±12.12	214.00±18.68	212.67±12.70	214.17±20.01
18	238.00±7.55	234.67±21.50	215.67±9.07	209.33±13.61	199.33±9.29	217.33±12.86	213.67±13.58	216.29±17.54

Keterangan : n = 3 ulangan

Pada analisis statistik dapat diketahui bahwa bentuk dan konsentrasi tepung rumput laut *Gelidium* spp, mempunyai pengaruh berbeda nyata terhadap berat badan tikus ($p<0.05$). Sehingga terdapat interaksi antara bentuk dan konsentrasi pemberian tepung *Gelidium* spp ($p<0.05$). Dari hasil uji lanjut tukey, berat badan tikus pada bentuk gel 10 % berbeda nyata dengan larutan 10.0 %, gel 7.5% berbeda nyata dengan larutan 7.5%, gel 5% berbeda nyata dengan larutan 5.0 %, dan kontrol (-) berbeda nyata dengan kontrol (+). Hal ini dimungkinkan karena perbedaan konsentrasi dan banyaknya serat yang terkandung dalam tepung rumput laut *Gelidium* spp.



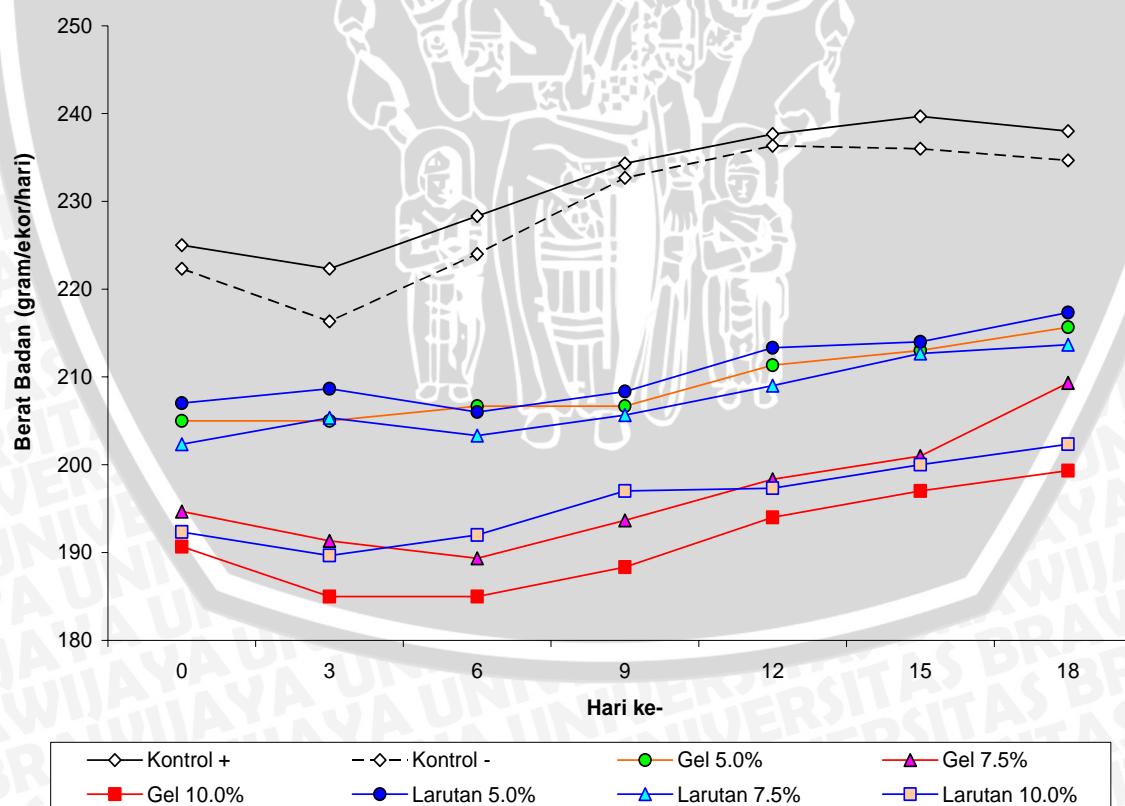
Gambar 11. Histogram perlakuan terhadap berat badan tikus.

Pada gambar 11. pada perlakuan penambahan rumput laut mulai hari ke-3 sampai hari ke-18 memperlihatkan penambahan berat badan, hal itu terlihat pada pelakuan gel dan larutan, dimulai pada konsentrasi 5.0 %, 7.5 % dan 10.0 %. Demikian pula dengan

perlakuan kontrol, pada kontrol (+) dan kontrol (-) pada hari ke-3 sampai hari ke-18 memperlihatkan penambahan berat badan.

Pada analisis statistik dapat diketahui bahwa bentuk dan konsentrasi tepung rumput laut *Gelidium* spp, mempunyai pengaruh berbeda nyata terhadap berat badan tikus ($p<0.05$). Sehingga terdapat interaksi antara bentuk dan konsentrasi pemberian tepung *Gelidium* spp ($p<0.05$). Dari hasil uji lanjut Tukey, berat badan tikus pada bentuk gel 10.0 % berbeda nyata dengan larutan 10.0 %, gel 7.5 % berbeda nyata dengan larutan 7.5 %, gel 5.0 % berbeda nyata dengan larutan 5.0 %, dan kontrol (-) berbeda nyata dengan kontrol (+). Hal ini dimungkinkan karena perbedaan konsentrasi dan banyaknya serat yang terkandung dalam tepung rumput laut *Gelidium* spp.

Gambar 12. Menunjukkan grafik pengaruh perlakuan terhadap berat badan tikus.

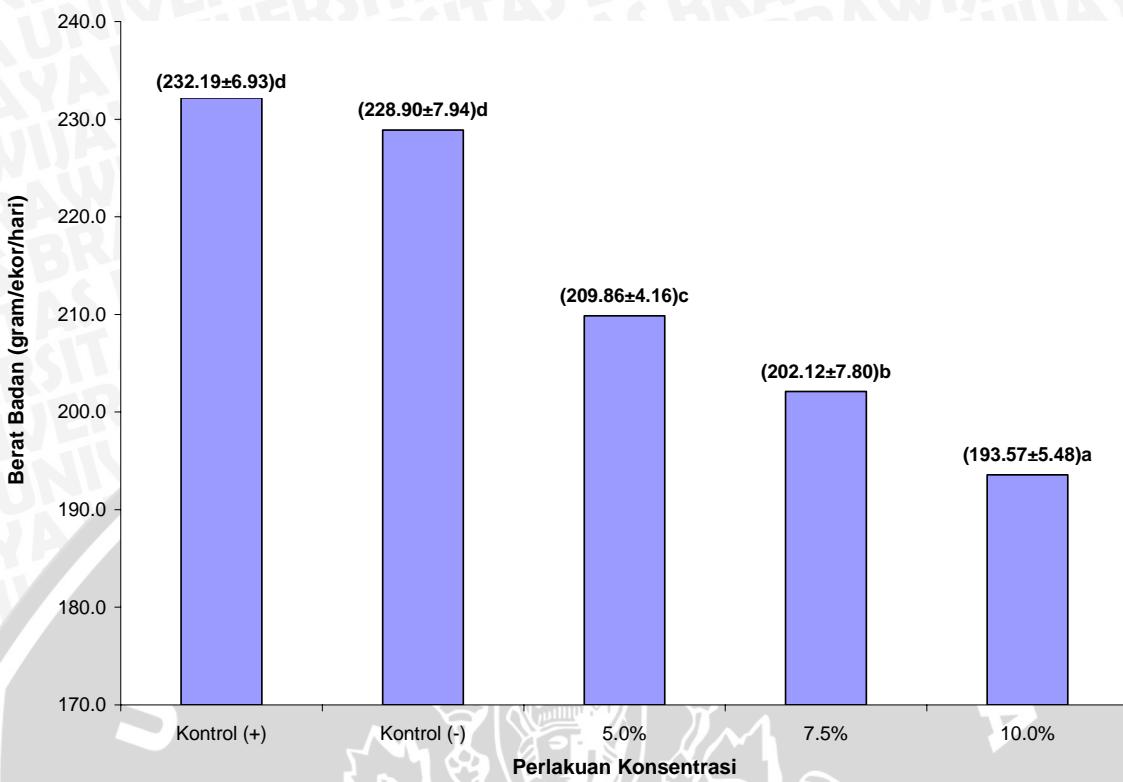


Gambar 12. Grafik pengaruh perlakuan terhadap berat badan tikus.

Berdasarkan Gambar 12. dilihat bahwa rata-rata semua tikus perlakuan mengalami penurunan berat badan, kenaikan ini terjadi pada hari ke-3, pada perlakuan gel 10.0 %, gel 7.5 %, gel 5.0 %, larutan 10.0 %, kontrol (+) dan kontrol (-), kenaikan terjadi pada larutan 5.0 %, dan larutan 7.5 %. Penurunan berat badan kemungkinan disebabkan karena akibat injeksi *alloxan* yang menyebabkan tikus berada pada kondisi yang tidak nyaman dan mempengaruhi konsumsi pakan.

Pada hari ke-6 sampai ke-18 tikus mulai mengalami kenaikan berat badan. Hal terjadi karena kondisi tikus yang mulai menyesuaikan diri dengan konsumsi gel dan larutan tepung rumput laut *Gelidium* spp. Konsumsi gel dan larutan tepung rumput laut *Gelidium* spp berpengaruh juga terhadap kadar glukosa tikus yang tinggi berangsur-angsur menurun karena kondisi yang nyaman pada tubuh tikus sehingga tikus dapat mengkonsumsi pakan yang berdampak pada peningkatan berat badan secara bertahap.

Gambar 13. Menunjukkan histogram perlakuan konsentrasi terhadap berat badan tikus.



Gambar 13. Histogram perlakuan konsentrasi terhadap berat badan tikus.

Pada gambar 13. perlakuan larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium* spp mempunyai pengaruh terhadap penurunan berat badan tikus. Hal ini terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi maka tikus yang diberi larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium* spp, berat badannya turun. Pada kontrol (+) dan kontrol (-) berat badan mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan tikus mengkonsumsi pakan yang tidak mengandung serat makanan dari rumput laut.

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. (Effendie,1997). Data laju perkembangan berat badan tikus per 3 hari dapat dilihat pada tabel 13.

Laju pertumbuhan atau *Growth rate* menurut Hariati (1989) adalah pertambahan

bobot badan per unit waktu. Adapun rumus laju pertumbuhan adalah :

$$\text{Laju pertumbuhan} = \frac{(\text{berat badan tikus hari ke}-x) - (\text{berat badan tikus hari ke}-0)}{\text{hari}} \times 100\%$$

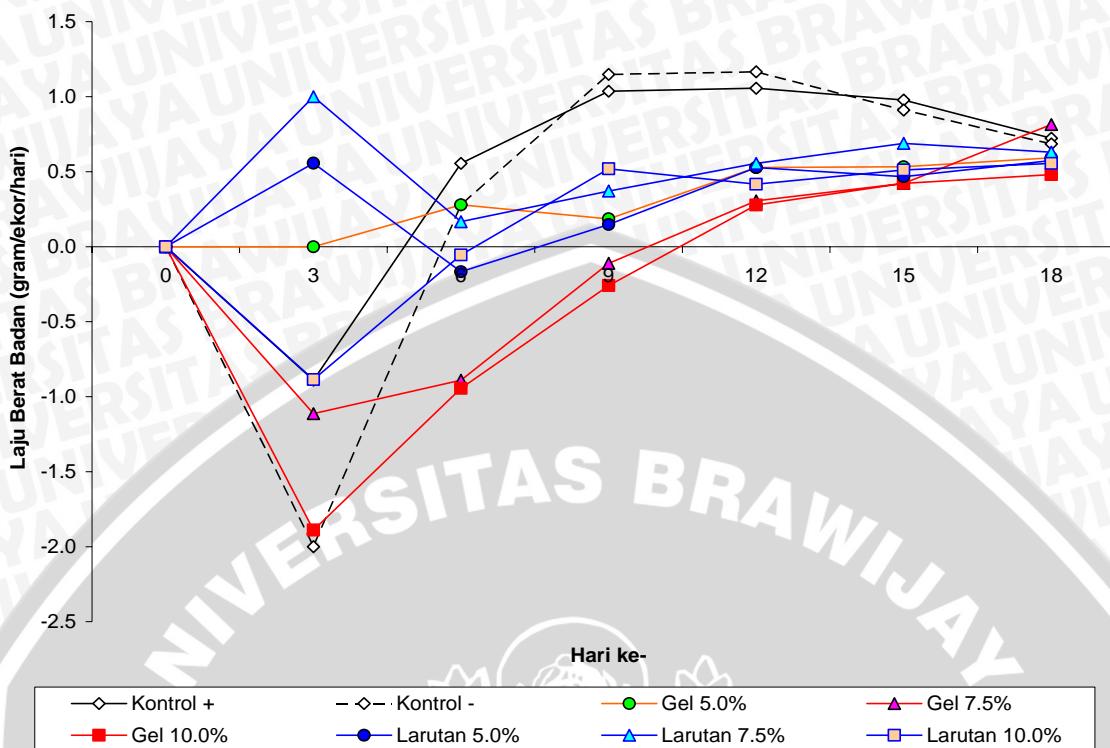
Tabel 13. Data rata-rata laju berat badan tikus (gram/ekor/hari).

Hari	Kontrol		Gel			Larutan		
	K (+)	K (-)	5.0 %	7.5 %	10.0 %	5.0 %	7.5 %	10.0 %
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.89	-2.00	-2.00	-1.44	-1.00	-1.22	-2.67	-1.32
6	1.00	0.28	-0.78	-0.11	-0.33	0.61	-1.28	-0.15
9	1.33	1.15	-0.26	0.44	0.22	0.52	-0.37	0.31
12	1.28	1.17	-0.06	0.89	0.42	0.83	-0.08	0.57
15	1.16	0.91	0.13	0.80	0.56	0.82	0.18	0.61
18	0.87	0.69	0.56	0.81	0.67	1.04	0.43	0.68

Keterangan : n = 3 ulangan

Dari hasil analisis statistik laju pertumbuhan berat badan tikus pada (Lampiran 5) menunjukkan bahwa pemberian larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium spp*, tidak berpengaruh nyata terhadap laju penambahan badan tikus ($p>0.05$), sedangkan konsentrasi pemberian larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium spp*, tidak berpengaruh nyata terhadap berat badan tikus ($p>0.05$) dan tidak terjadi interaksi antara pemberian larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium spp*, dengan konsentrasi pemberian larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium spp* terhadap berat badan tikus ($p>0.05$).

Pada Gambar 14. Disajikan grafik pengaruh perlakuan terhadap laju pertumbuhan berat badan tikus.



Gambar 14. Grafik pengaruh perlakuan terhadap laju pertumbuhan berat badan tikus.

Laju pertumbuhan berat badan tikus pada menggambarkan adanya pertumbuhan yang bernilai negatif. Hal ini berarti terjadi penurunan berat badan pada tikus. Penurunan berat badan umumnya terjadi pada hari ke-3 setelah tikus mengalami hiperglikemia. Setelah hari ke-3 sampai dengan hari ke-18, secara keseluruhan tikus mulai mengalami kenaikan berat badan.

4.4 Pengaruh Pemberian Larutan dan Gel Rumput laut *Gelidium spp* terhadap Kadar Glukosa Darah

Glukosa merupakan gula utama dalam darah yang nantinya digunakan sebagai bahan bakar metabolisme dalam jaringan. Glukosa darah berfungsi menyediakan sumber energi dan substrat bagi semua sel untuk sintesis senyawa-senyawa lain (Tranggono, 1988). Data rata-rata hasil analisis kadar glukosa darah tikus dapat dilihat pada Tabel 14

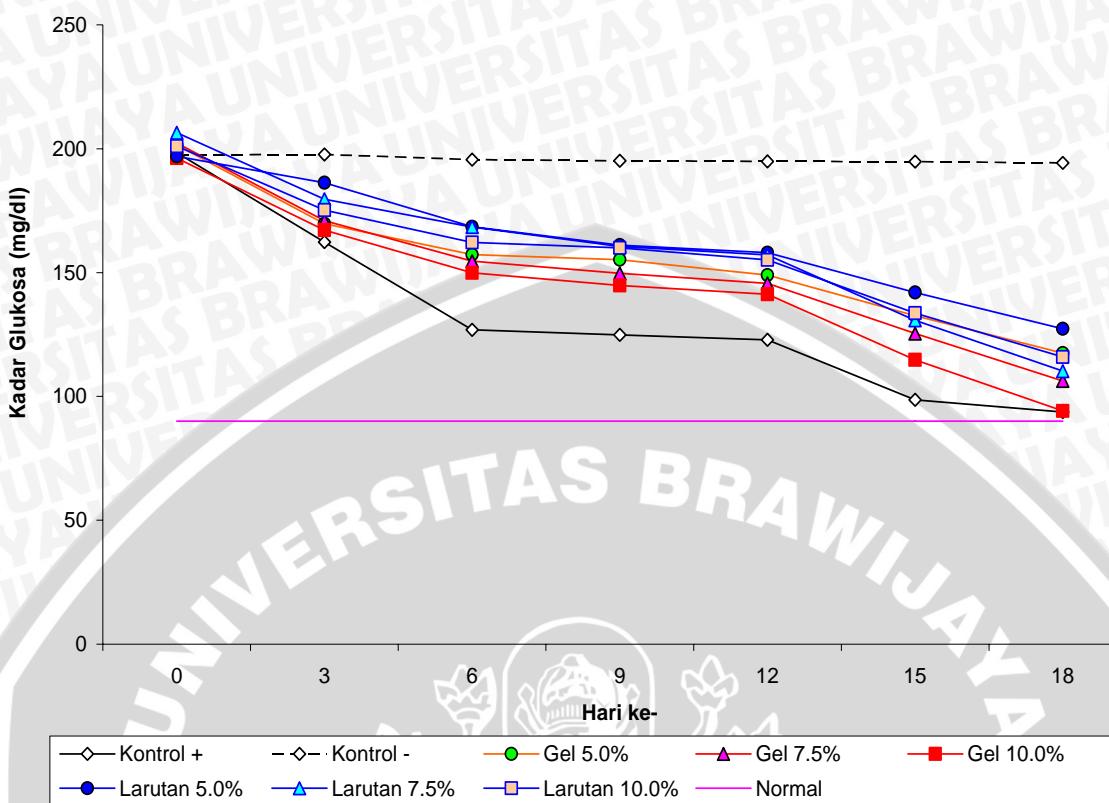
Tabel 14. Data rata-rata hasil analisis kadar glukosa darah tikus (mg/dl).

Hari	Kontrol		Gel			Larutan		
	K(+)	K(-)	5.0 %	7.5 %	10.0 %	5.0 %	7.5 %	10.0 %
0	198.39±5.43	197.59±2.81	201.44±4.47	202.28±8.73	196.20±2.21	196.92±6.51	206.49±4.23	200.05±5.61
3	162.38±2.73	197.72±1.67	169.72±2.01	170.95±1.41	167.15±1.21	186.26±3.25	179.62±1.62	176.13±11.10
6	126.90±1.45	195.58±0.40	157.27±0.81	154.62±1.21	149.88±0.80	168.45±2.23	168.38±1.52	160.40±18.61
9	124.90±0.81	195.18±0.40	155.26±0.40	149.67±2.02	144.79±1.41	161.09±1.23	160.62±1.41	156.44±18.90
12	122.89±0.40	194.91±0.23	148.97±1.98	145.65±2.21	141.31±1.67	158.01±1.84	157.13±0.62	153.01±19.55
15	98.66±0.84	194.78±0.40	132.63±1.23	125.43±3.01	114.81±1.41	141.95±1.84	130.77±0.70	134.08±26.72
18	93.71±0.62	194.24±0.84	117.51±1.06	106.29±1.81	94.19±1.01	127.35±2.21	110.18±0.65	119.93±30.73

Keterangan : n = 3 ulangan

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan hari memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus ($p<0.05$). Begitu pula pengaruh bentuk dan konsentrasi perlakuan memberikan pengaruh yang nyata ($p<0.05$). Sehingga terdapat interaksi yang nyata antara bentuk dan konsentrasi terhadap penurunan kadar glukosa. Data kadar glukosa darah tikus dapat dilihat pada Lampiran 4. Sedangkan hasil analisa statistik dapat dilihat pada Lampiran 11.

Gambar 15. Menyajikan grafik pengaruh perlakuan terhadap kadar glukosa darah tikus.

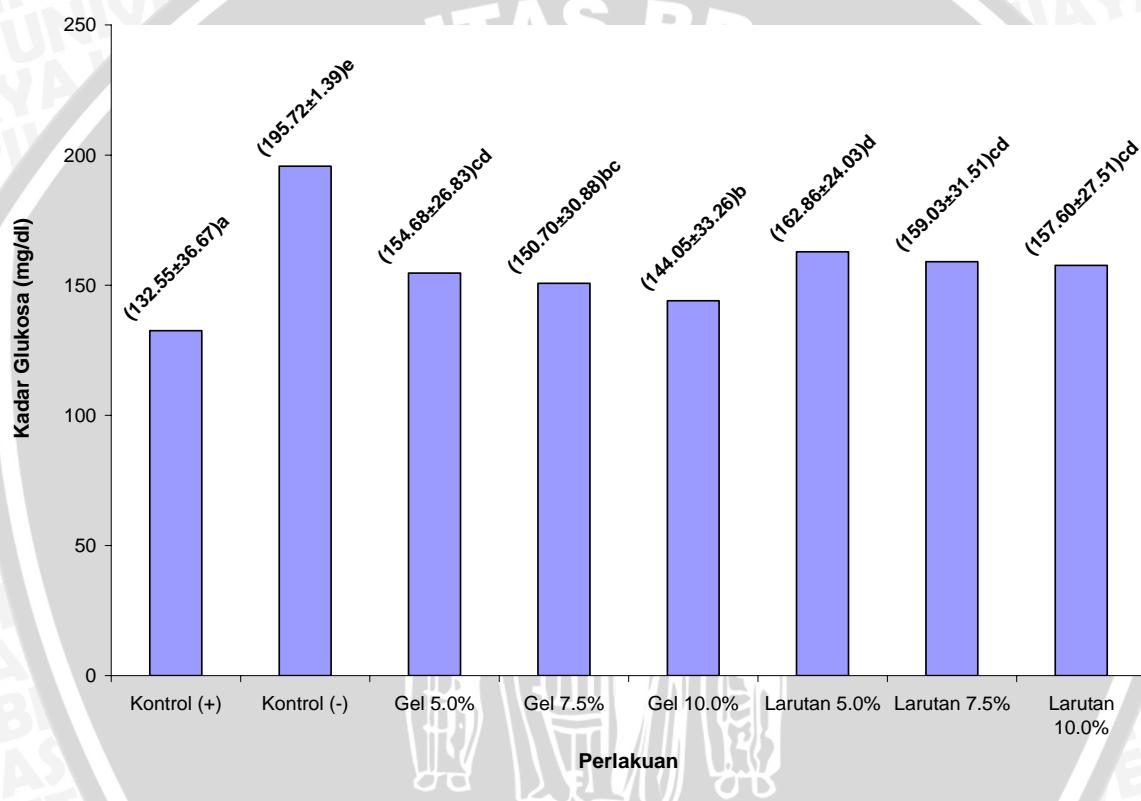


Gambar 15. Grafik pengaruh perlakuan terhadap kadar glukosa darah tikus.

Gambar 15. Pemberian tepung rumput laut *Gelidium* spp mampu menurunkan kadar glukosa darah tikus, perbedaan itu terlihat antara kontrol (+), dan kontrol (-). Pada kontrol (+) penurunan yang jelas terlihat dari hari ke-0 yaitu sebesar 198.39 mg/dl, ke hari ke-3 yaitu sebesar 162.38 mg/dl, sampai dengan hari ke-18 dengan nilai 93.71 mg/dl. Hal ini sangat dimungkinkan karena pada kontrol (+), tikus diberikan obat *Glibenklamid* sebagai obat antidiabetik yang bekerja aktif menurunkan kadar glukosa darah. Sedangkan pada kontrol (-) kadar glukosa darah tikus, mengalami penurunan, namun penurunannya tidak banyak pada hari ke-0, 197.59 mg/dl sampai dengan hari ke-18 dengan nilai 194.24 mg/dl. Hal ini terjadi karena pada kontrol (-) tikus tidak dilakukan perlakuan apa-apa, asupan serat makanan dari *carboxy metyle cellulosa* (CMC) kurang berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah.

Pada pemberian larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium* spp, mulai terlihat pada hari ke-12, sampai dengan hari ke-18 penurunan kadar glukosa darah adalah konsentrasi larutan 5.0 %, larutan 7.5 %, larutan 10.0 %, gel 5.0 %, gel 7.5 %, gel 10.0 %. Pada gel konsetrasi 10.0 % dengan nilai kadar glukosa darah 94.19 mg/dl.

Histogram pengaruh perlakuan terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus, disajikan pada Gambar 16.



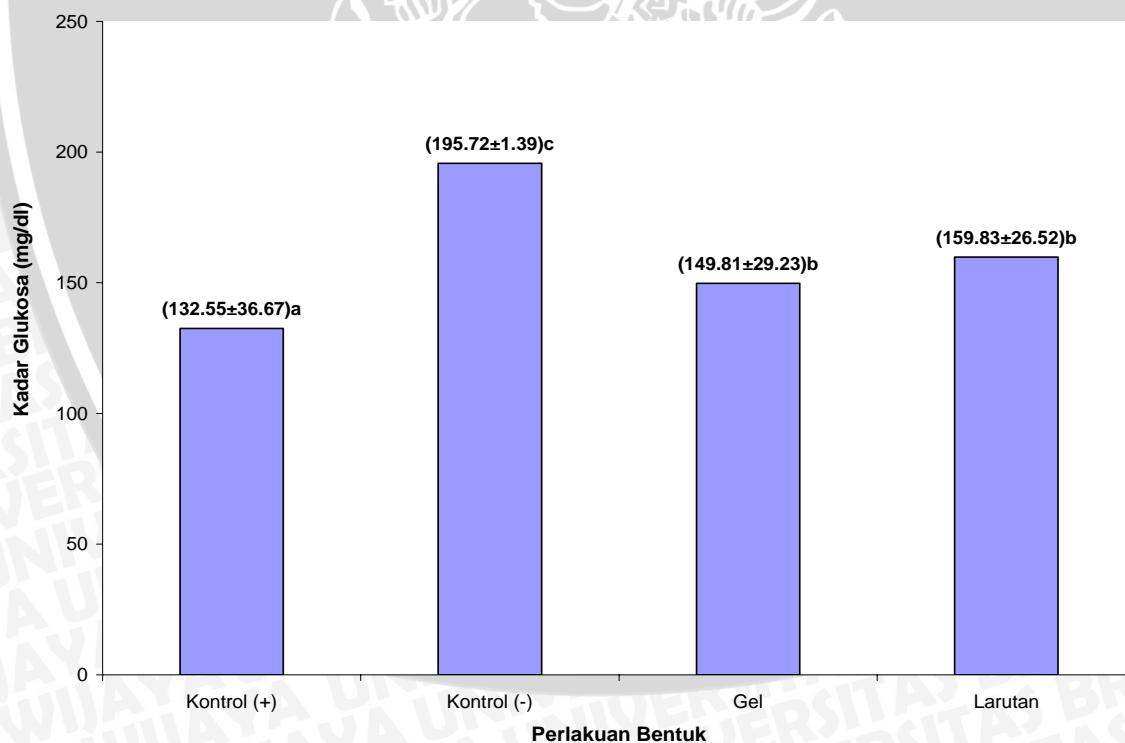
Gambar 16. Histogram pengaruh perlakuan terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus.

Pada Gambar 16. diketahui pemberian konsentrasi 10.0 % tepung rumput laut *Gelidium* spp, efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah. Terlihat pada gambar rata-rata penurunan kadar glukosa darah dibandingkan dengan konsentrasi 7.5 %, dan konsentrasi 5.0 %. Jika disimpulkan pemakaian konsentrasi pada rumput laut yang lebih tinggi dapat cepat menurunkan kadar glukosa darah tikus. Pada perlakuan gel,

konsentrasi yang paling cepat menurunkan kadar glukosa darah adalah konsentrasi gel 10.0 %, sedangkan pada perlakuan larutan konsentrasi yang paling cepat menurunkan kadar glukosa darah adalah konsentrasi 10.0 %.

Apabila perlakuan rumput laut dibandingkan dengan kontrol (+), penurunan yang lebih cepat yaitu kontrol (+), hal ini berarti pemakaian obat *glibenklamid*, bekerja aktif menurunkan kadar glukosa darah. Sedangkan pada kontrol (-) tidak terjadi penurunan kadar glukosa darah, ini terjadi karena asupan serat makanan dari *carboxy metyle cellulosa* (CMC) kurang berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah, yang mengakibatkan rata-rata penurunannya masih tinggi.

Histogram pengaruh perlakuan bentuk tepung rumput laut *Gelidium* spp terhadap kadar glukosa darah, disajikan pada Gambar 17.



Gambar 17. Histogram pengaruh perlakuan bentuk tepung rumput laut *Gelidium* spp terhadap kadar glukosa darah tikus.

Pada gambar 17. dapat diketahui bahwa bentuk pemberian tepung rumput laut *Gelidium* spp, bentuk gel lebih efektif menurunkan kadar glukosa darah tikus dibandingkan dengan bentuk larutan.

Efektifitas rumput laut *Gelidium* spp sebagai penghasil agar dalam menurunkan kadar glukosa darah dipengaruhi oleh kelarutan, kekentalan (viskositas) dan stabilitas pH. Keberadaan garam kalsium dan kalium dalam rumput laut *Gelidium* spp mengakibatkan serat makanan larut yang terdapat didalam rumput laut sulit larut dalam air dingin. Jika serat larut yang terdapat dalam rumput laut tidak dapat larut maka akan mengurangi efektifitas penurunan glukosa darah.

Agar mempunyai kemampuan untuk mengembang, agar akan mengembang optimal jika jumlah air yang ditambahkan cukup untuk diserap. Hal inilah yang mengakibatkan tingkat efektifitas rumput laut dalam bentuk larutan lebih rendah dibandingkan dengan rumput laut dalam bentuk gel.

Serat makanan larut yang masuk kedalam tubuh manusia akan membentuk gel di dalam usus halus yang membantu memperlambat perjalanan zat makanan untuk memasuki usus besar. Melambatkan penyerapan oleh serat berarti melambatkan kadar penyerapan glukosa oleh tubuh sehingga kadar glukosa dalam tubuh dapat dikontrol.

Serat makanan larut yang masuk kedalam tubuh manusia akan membentuk gel di dalam usus halus yang membantu memperlambat perjalanan zat makanan untuk memasuki usus besar. Melambatkan penyerapan oleh serat berarti melambatkan kadar penyerapan glukosa oleh tubuh sehingga kadar glukosa dalam tubuh dapat dikontrol.

Penurunan kadar glukosa darah tikus juga dipengaruhi oleh kandungan serat yang terdapat dalam rumput laut *Gelidium* spp. Rumput laut *Gelidium* spp mengandung

serat makanan tidak larut 18.62 %, serat makanan larut 61.19 % dan total serat makanan 79.81 %.

Menurut Joseph (2002), peran utama serat dalam makanan adalah kemampuannya dalam mengikat air, selulosa dan pektin. Dengan adanya serat akan membantu mempercepat sisa-sisa makanan melalui saluran pencernaan untuk diekskresikan keluar. Tanpa bantuan serat, feses dengan kandungan air rendah akan lebih lama tinggal dalam saluran usus dan mengalami kesukaran melalui usus untuk dapat diekskresikan keluar karena gerakan-gerakan peristaltik usus besar menjadi lebih lamban.

Laju penurunan kadar glukosa darah tikus wistar gram/ekor/hari, disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Data rata-rata laju penurunan kadar glukosa darah tikus (mg/dl/hari)

Hari	Kontrol		Gel			Larutan		
	K (+)	K (-)	5.0 %	7.5 %	10.0 %	5.0 %	7.5 %	10.0 %
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-12.00	0.04	-10.58	-10.44	-9.68	-3.55	-8.96	-7.97
6	-11.92	-0.33	-7.36	-7.94	-7.72	-4.74	-6.35	-6.61
9	-8.17	-0.27	-5.13	-5.85	-5.71	-3.98	-5.10	-4.85
12	-6.29	-0.22	-4.37	-4.72	-4.57	-3.24	-4.11	-3.92
15	-6.65	-0.19	-4.59	-5.12	-5.43	-3.66	-5.05	-4.40
18	-5.82	-0.19	-4.66	-5.33	-5.67	-3.86	-5.35	-4.45

Pada Tabel 15. diketahui bahwa laju penurunan kadar glukosa darah pada tikus dari hari ke-0 sampai dengan hari ke-18 semakin lama semakin kecil. Artinya kadar glukosa darah tikus dengan semakin lama hari maka semakin turun kadar glukosanya. Laju penurunan glukosa darah yang terbesar pada tikus perlakuan kontrol negatif (-). Semakin lama hari laju penurunannya sangat kecil. Hal ini disebabkan karena tikus tidak mendapatkan perlakuan apa-apa selain pemberian pakan dengan ransum standar yang

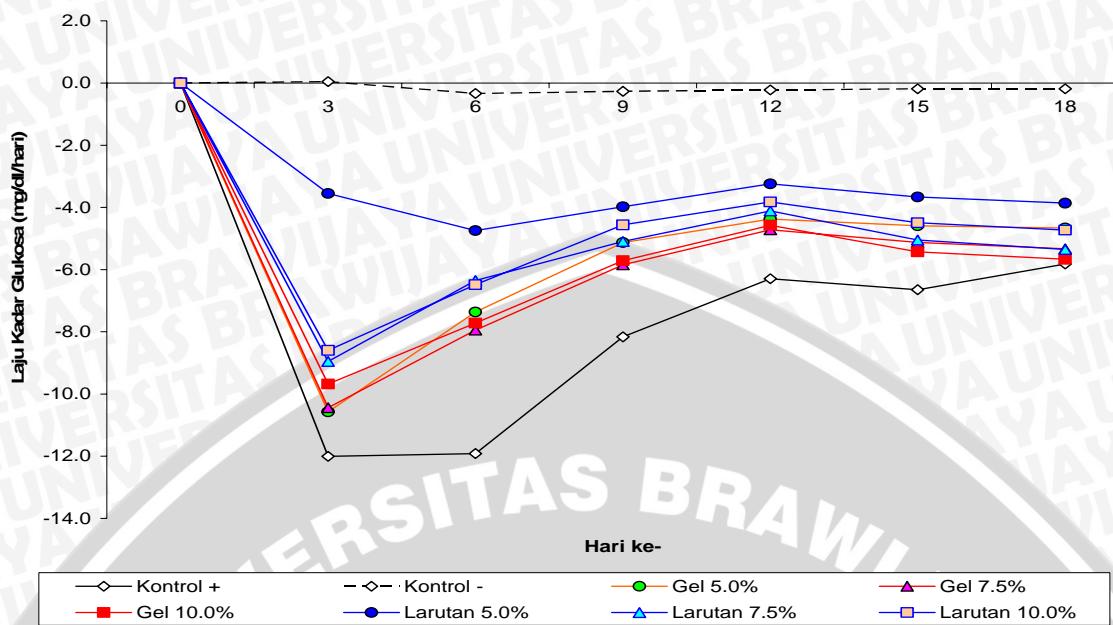
mengandung serat *carboxy metyle cellulosa* (CMC), ini berarti serat dalam CMC belum dapat mempengaruhi penurunan kadar glukosa darah tikus secara optimal.

Sedangkan pada tikus kontrol positif (+), laju penurunan kadar glukosanya cukup besar, ini berarti bahwa kadar glukosa darah tikus kontrol positif (+) dapat menurunkan dengan cepat kadar glukosa darah dengan cepat. Penggunaan obat *glibenklamid* mampu menurunkan kadar glukosa darah tikus, hingga pada kondisi kadar glukosa yang normal, sampai dengan akhir penelitian.

Laju penurunan kadar glukosa darah tikus dihitung dengan menggunakan rumus:

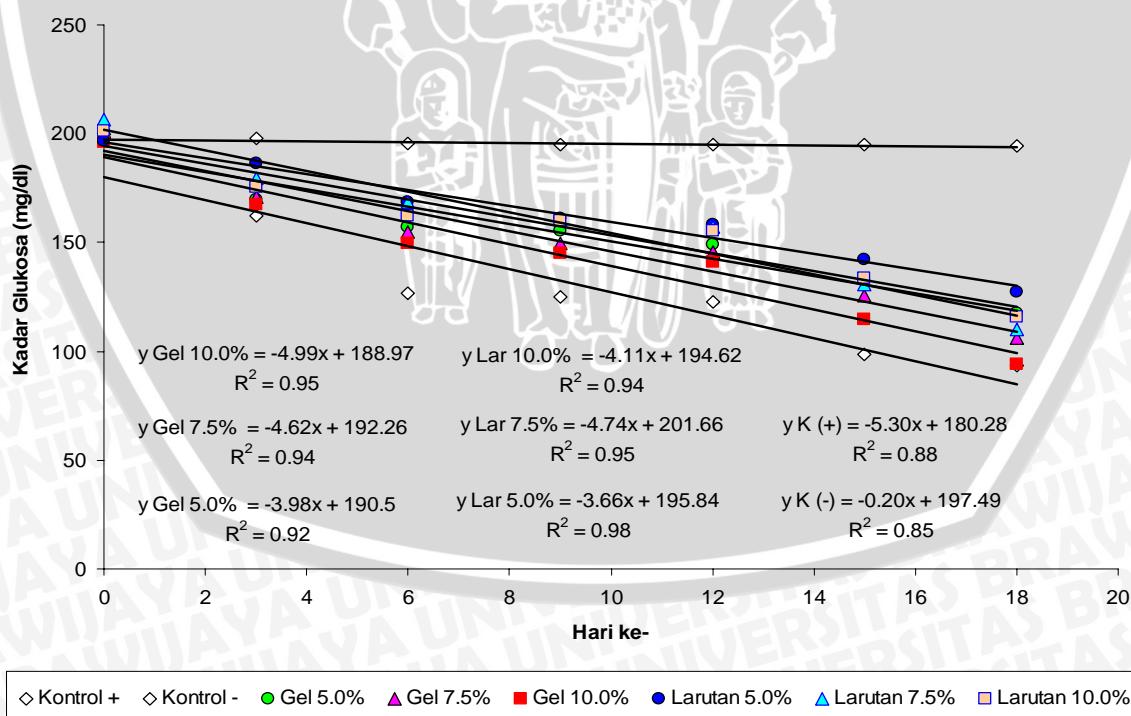
$$\text{laju penurunankadar glukosa} = \frac{(\text{kadar glukosa harike}-0) - (\text{kadar glukosa harike}-x)}{\text{jumlahhari}} \times 100\%$$

Pada perlakuan larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium* spp menunjukkan laju penurunan yang kurang stabil. Namun secara keseluruhan nilai laju penurunannya memperlihatkan penurunan yang semakin besar. Jika dibandingkan antara larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium* spp, nilai laju penurunan kadar glukosanya lebih besar pada gel dan bahkan lebih stabil dibandingkan penurunan dari larutan. Gambar grafik pengaruh perlakuan terhadap laju penurunan kadar glukosa darah tikus disajikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik pengaruh perlakuan terhadap laju penurunan kadar glukosa Darah tikus.

Pada Gambar 19. Disajikan Grafik regresi antara pengaruh perlakuan terhadap kadar glukosa darah.



Gambar 19. Grafik regresi perlakuan terhadap kadar glukosa darah tikus.

Pada analisis regresi menunjukkan bahwa interaksi antara larutan dan gel tepung rumput laut *Gelidium* spp dengan berbagai konsentrasi dan lama waktu pengamatan terhadap kadar glukosa darah tikus mempunyai respon negatif yang artinya dengan semakin meningkatnya konsentrasi larutan dan gel epung rumput laut *Gelidium* spp serta semakin lama waktu maka akan terjadi penurunan nilai kadar glukosa darah.

Dari Gambar 19. terlihat bahwa perlakuan kontrol positif (+) didapatkan persamaan $y = K(+)$ = $-5.30x + 180.28$ dengan $R^2 = 0.88$; pada perlakuan kontrol negatif (-) didapat persamaan $K(-)$ = $-0.20x + 197.49$, dengan $R^2 = 0.85$; pada perlakuan 10.0 % gel rumput laut *Gelidium* spp didapat persamaan $y = \text{Gel } 10.0\%$ = $-4.99x + 188.97$, dengan $R^2 = 0.95$; pada perlakuan 7.5 % gel rumput laut *Gelidium* spp didapat persamaan $y = \text{Gel } 7.5\%$ = $-4.62x + 192.26$, dengan $R^2 = 0.94$; pada perlakuan 5.0 % gel rumput laut *Gelidium* spp didapat persamaan $y = \text{Gel } 5.0\%$ = $-3.98x + 190.5$, dengan $R^2 = 0.92$; sedangkan untuk perlakuan 10.0 % larutan rumput laut *Gelidium* spp didapat persamaan $y = \text{Lar } 10.0\%$ = $-4.11x + 194.62$, dengan $R^2 = 0.94$; untuk perlakuan 7.5 % larutan rumput laut *Gelidium* spp didapat persamaan $y = \text{Lar } 7.5\%$ = $-4.74x + 201.66$, dengan $R^2 = 0.95$; dan untuk perlakuan 5.0 % larutan rumput laut *Gelidium* spp didapat persamaan $y = \text{Lar } 5.0\%$ = $-3.66x + 195.84$, dengan $R^2 = 0.98$.

Pada Gambar 19. dicantumkan pula persamaan regresi beserta nilai determinasinya (R^2). Adapun contoh persamaan regresi dan dapat diartikan sebagai berikut :

- Kontrol (-), $y = -0.20x + 197.49$ dengan nilai $R^2 = 0.85$ yang berarti bahwa tikus tidak diberi larutan atau gel tepung rumput laut *Gelidium* spp, hanya diberikan ransum standart, dengan semakin lamanya hari maka akan mampu menurunkan kadar glukosa darah senilai 0.20. Persamaan ini mempunyai nilai determinasi 0.85

yang berarti bahwa nilai kadar glukosa darah tikus 85.0% dipengaruhi ransum standart yang diberikan.

- Gel 10.0 %, $y = -4.99x + 188.97$ dengan nilai $R^2 = 0.95$ yang berarti bahwa tikus yang diberi 10.0 % gel tepung rumput laut *Gelidium* spp dengan semakin lamanya waktu akan mampu menurunkan kadar glukosa darah senilai 4.99 Persamaan ini mempunyai nilai determinasi 0.95 yang berarti nilai kadar glukosa darah tikus hampir 95.0 % dipengaruhi oleh gel tepung rumput laut *Gelidium* spp 10.0 % yang diberikan.

Pada umumnya kemiringan garis regresi dari semua perlakuan mengalami penurunan dimulai hari ke-3 sampai dengan hari ke-18, semakin besar jumlah $y = ax + b$, maka kemiringan garis regresi akan semakin curam.

Dari Gambar 18. dapat diketahui pula nilai *slope* dari masing-masing persamaan yang menunjukkan pada hari ke berapa kadar glukosa darah tikus hiperglikemia akan normal. Nilai *Slope* untuk perlakuan tikus kontrol (+) adalah -5.30, menunjukkan bahwa setiap hari terjadi penurunan kadar glukosa sebesar 5.30. Kadar glukosa normal akan tercapai pada hari ke-17. Sedangkan *Slope* hasil regresi untuk tikus perlakuan kontrol (-) adalah -0.20, menunjukkan bahwa setiap hari kadar glukosa darah tikus kontrol berkurang 0.20, pada perlakuan kontrol (-) penurunan kadar glukosa darah akan mencapai normal pada hari ke 544. *Slope* perlakuan larutan 5.0% adalah -3.66, menunjukkan bahwa setiap hari maka kadar glukosa darah tikus berkurang 3.66, maka kadar glukosa darah tikus akan normal hari ke-25. *Slope* perlakuan larutan 7.5% adalah -4.74, menunjukkan bahwa setiap hari kadar glukosa darah tikus berkurang 4.74, maka kadar glukosa darah tikus akan normal hari ke-24. *Slope* perlakuan larutan 10.0% adalah -4.11, menunjukkan bahwa setiap hari kadar glukosa darah tikus berkurang 4.11, kadar

kadar glukosa darah tikus akan kembali normal pada hari ke-25. Sedangkan *Slope* perlakuan gel 5.0% adalah -3.98, menunjukkan bahwa setiap hari kadar glukosa darah tikus berkurang 3.98, kadar glukosa darah tikus akan kembali normal pada hari ke-25. *Slope* perlakuan gel 7,5% adalah -4.62, menunjukkan bahwa setiap hari kadar glukosa darah tikus berkurang 4.62, kadar glukosa darah tikus akan kembali normal pada hari ke-22. *Slope* perlakuan gel 10.0% adalah -4.98, menunjukkan bahwa setiap hari kadar glukosa darah tikus berkurang 4.98, kadar glukosa darah tikus akan kembali normal pada hari ke-20. Untuk lebih jelasnya pengaruh perlakuan terhadap lama kenormalan kadar glukosa darah tikus dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Pengaruh perlakuan terhadap lama kenormalan kadar glukosa darah tikus.

No	Jenis Perlakuan	Kadar glukosa darah akan normal pada hari ke-
1	Kontrol (-)	544
2	Kontrol (+)	17
3	Larutan 5.0 %	29
4	Larutan 7.5 %	24
5	Larutan 10.0 %	25
6	Gel 5.0 %	25
7	Gel 7.5 %	22
8	Gel 10.0 %	20

4.5 Kadar Glukosa Urin Tikus Percobaan

Data hasil uji kadar glukosa dalam urin dengan menggunakan *glucose test*, dengan cara dengan mengejutkan tikus. Data hasil uji glukosa urin dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil uji kadar glukosa urin

No	Perlakuan	Tikus	Lama Pengamatan (hari)						
			0	3	6	9	12	15	18
1	Kontrol (+)	1	++	+	+	+	+	±	-
		2	++	+	+	+	+	±	-
		3	++	+	+	+	+	±	-
2	Kontrol (-)	1	++	++	++	++	++	++	++
		2	++	++	++	++	++	++	++
		3	++	++	++	++	++	++	++
3	Larutan	5.0 %	1	++	+	+	+	+	±
			2	++	+	+	+	+	±
			3	++	+	+	+	+	±
		7.5 %	1	++	+	+	+	+	±
			2	++	+	+	+	+	±
			3	++	+	+	+	+	±
		10.0 %	1	++	+	+	+	+	-
			2	++	+	+	+	+	-
			3	++	+	+	+	+	-
4	Gel	5.0 %	1	++	+	+	+	+	±
			2	++	+	+	+	+	±
			3	++	+	+	+	+	±
		7.5 %	1	++	+	+	+	+	±
			2	++	+	+	+	+	-
			3	++	+	+	+	+	-
		10.0 %	1	++	+	+	+	±	-
			2	++	+	+	+	±	-
			3	++	+	+	+	±	-

Keterangan : Kadar Glukosa Urin (mg/100 ml) (Berdasarkan indikator kit urin scan)

- = normal

± = 100

+ = 250

++ = 500

+++ = 1000

++++ = 2000 ≥

Pada tabel 16. pada tabel diatas dapat diketahui bahwa kadar glukosa urin semua tikus perlakuan pada hari ke-0 menunjukkan tikus dalam kondisi hiperglikemia ditandai dengan nilai kadar glukosa urin yang cukup tinggi berkisar 500 mg/100 ml. pada perlakuan penambahan rumput laut menunjukkan dapat menurunkan glukosa urin tikus mulai hari ke-3 berkisar 250 mg/100 ml. Pada hari ke-18 perlakuan kontrol (+), gel

7.5 %, gel 10.0 %, gel 7.5 % dan larutan 10.0 % menunjukkan nilai kadar glukosa urin (-) yang berarti kadar glukosa urinnya sudah normal. Pada perlakuan gel 5.0 %, larutan 5.0 %, larutan 7.5 %, kadar glukosa urin berkisar 100 mg/100 ml. Pada kontrol (-) kadar glukosa urin dari hari ke-0 sampai hari ke-18 tidak berubah berkisar 500 mg/100 ml, dan terjadi penurunan kadar glukosa urin pada hari ke-15. Pada kondisi *hiperglikemia* glukosa darah yang sedang berpuasa dapat meningkat sampai 130 mg/100 ml jika hewan menderita diabetes melitus, efek dari hiperglikemia ialah “glikosuria”, jika kadar glukosa darah meningkat 140 – 160 mg/100 ml maka air kemih akan mengandung glikosa (Girindra, 1988).

4.6 Histopatologi Pankreas

Pada analisis Histopatologi tahap pertama dilakukan pada hari ke-3 (2 ekor tikus) sebelum dan setelah tikus diinjeksi *alloxan* sebagai informasi awal kondisi sel beta pankreas tanpa induksi (normal) dan akibat induksi *alloxan*.

Pankreas dalam kenyataannya merupakan perpaduan antara dua organ yang mempunyai berbeda sama sekali. Mereka ini adalah jaringan pankreas yang sebenarnya dan pulau-pulau langerhans. Jaringan pertama memproduksi cairan pankreas, yang mengandung beberapa enzim pencernaan yang dialirkan ke duodenum. Pulau-pulau langerhans, bagian endokrinya memproduksi hormon yang mempunyai peranan penting dalam pengaturan metabolisme karbohidrat (Gerrit dan Judith, 1988).

Menurut Notkins (1985) dalam Djojonegoro (1989) kelenjar pankreas kira-kira mempunyai 2 juta pulau langerhans; merupakan lebih kurang 2 % dari seluruh massa pankreas; setiap pulau langerhans berdiameter kurang lebih 200 mikron. Setiap pulau langerhans mempunyai 4 macam sel yang berbeda prosuksinya. Sel-sel itu adalah sel

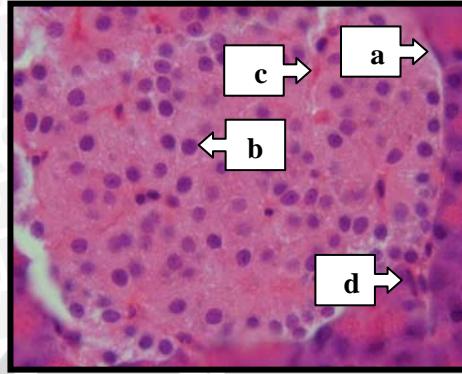
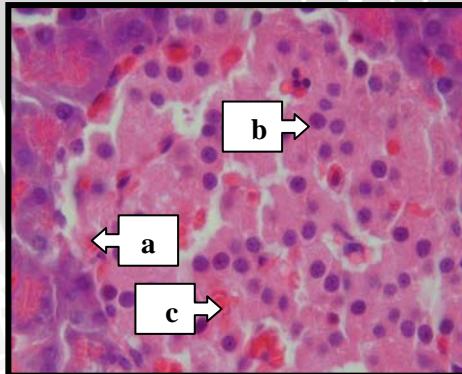
alpha (mempunyai 20 %), menghasilkan glukagon. Sel beta (merupakan 75 %) menghasilkan insulin. Sel delta menghasilkan hormon somatostatin yang menghambat sekresi insulin dan glukagon. Yang terakhir adalah sel PP yang menghasilkan polipeptid pankreas (*Pancreatic polypeptide*) dengan fungsi yang masih belum jelas.

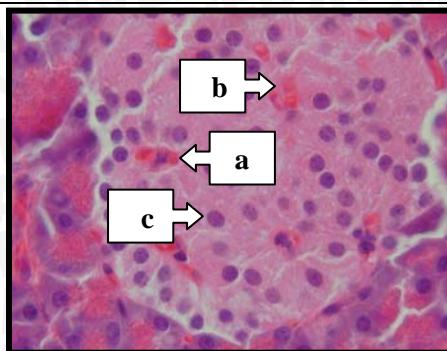
Pewarnaan yang digunakan pada analisis ini adalah pewarnaan hematoksilin-eosin (HE). Dalam preparat hematoksilin dan eosin pulau-pulau itu tampak sebagai kumpulan sel-sel berbentuk bola yang berbentuk pucat tersusun dalam bentuk tali-tali yang beranastomosis (Gerrit dan Judith, 1988).

Gambar 19. Menunjukkan sel beta pankreas dalam keadaan normal, bentuk pulau langerhans (pankreas endokrin) dan asinus (pankreas eksokrin) terlihat jelas. Asinus atau alveolus berbentuk bundar, tumbuh berkelompok membentuk bangunan yang tidak teratur sehingga pada tiap-tiap potongan akan terpotong dalam segala bidang (Leeson, *et al.*, 1989).

Tabel 18. Dibawah ini adalah gambar-gambar preparat sel beta pankreas tikus mulai dari sel beta pankreas tikus normal hingga tikus perlakuan pada hari ke-9 dan 18.

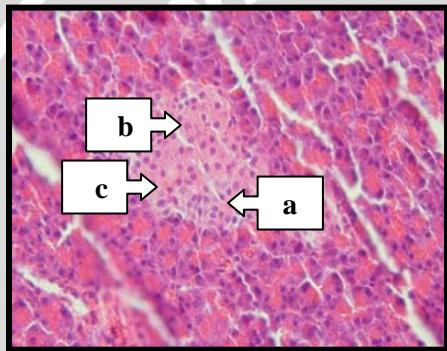
Tabel 18. Gambar sel beta pankreas tikus perlakuan pada hari ke-9 dan 18.

Histopatologi Pankreas	Keterangan
	Histopatologi pankreas normal sebelum injeksi <i>alloxan</i> terlihat bahwa bentuk pulau langerhans (a) terlihat jelas, Asinus (d) disekitar pulau langerhans juga terlihat jelas. Sel beta (b), berwarna ungu, terlihat mengelompok dan berjumlah banyak. Jumlah granula (bintik-bintik kecil didalam sel beta) juga terlihat banyak. Kapiler darah (c) diantara sel.
	Histopatologi pankreas setelah injeksi <i>alloxan</i> terlihat bahwa terjadi nekrosis (a) pada pulau langerhans yaitu jaringan yang mati pada jaringan hidup ditandai dengan adanya garis putih pada sebagian langerhans. Sel beta (b) terlihat lebih sedikit jumlahnya. Begitupun jumlah granula didalam sel beta terlihat sedikit jumlahnya. Kapiler darah (c) menyebar diantara pulau langerhans.



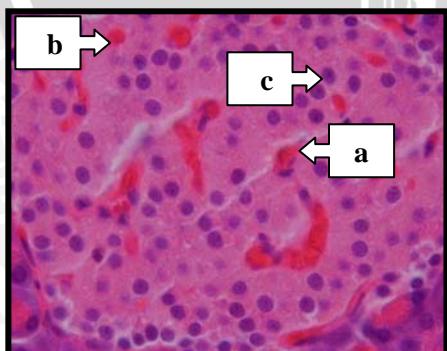
Gambar 22 A. Gambar pulau langerhans tikus perlakuan 0.0 % kontrol (-). Hari ke-9.(Perbesaran 1000x)

Histopatologi pankreas perlakuan kontrol 0.0 % (-) pada hari ke-9 menunjukkan bahwa terjadi nekrosis (a) yang ditandai dengan baris putih disekitar pulau langerhan. Kapiler darah (b) tetap berada disekitar pulau langerhan. Jumlah sel beta (b) terlihat sedikit, begitu pula jumlah granula dalam sel beta walaupun tidak terlihat jelas.



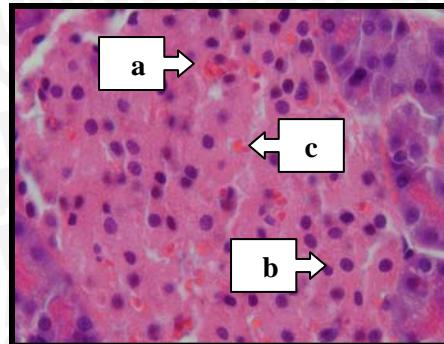
Gambar 22 B. Gambar pulau langerhans tikus perlakuan 0.0 % kontrol (-), hari ke-18.(Perbesaran 400x)

Histopatologi pankreas perlakuan kontrol 0,0% (-) pada hari ke-18 menunjukkan perbaikan langerhans belum mengalami perkembangan yang berarti. nekrosis (a) masih terlihat banyak terjadi pada langerhans. Jumlah sel beta (b) dan granula didalamnya terlihat sedikit. Kapiler darah (c) tidak terpengaruh banyak, masih terlihat menyebar disekitar langerhans.

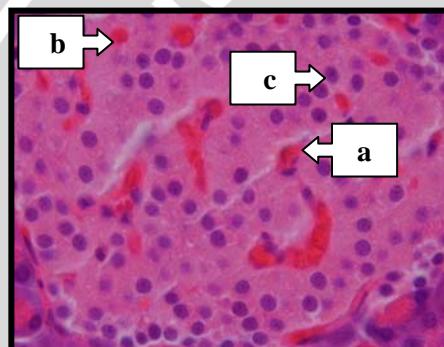


Gambar 23 A. Gambar histopatologi pulau langerhans kelompok tikus perlakuan 0.0 % kontrol (+). hari ke-9 (Perbesaran 400x)

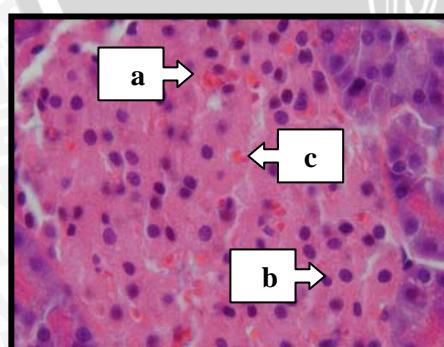
Histopatologi pankreas perlakuan 0.0% (+) pada hari ke-9 menunjukkan bahwa nekrosis (a) yaitu jaringan yang mati pada jaringan hidup masih terlihat diseluruh langerhans. Sel beta (c) dan granula didalam sel terlihat berjumlah sedikit walaupun tidak terlihat jelas pada gambar. Kapiler darah (b) terlihat disekitar pulau langerhans.



Gambar 23 B. Gambar histopatologi pulau langerhans kelompok tikus perlakuan 0.0 % kontrol (+). hari ke-18 (Perbesaran 400x)



Gambar 24 A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 5.0 %. Hari ke-9 (Perbesaran 400x).

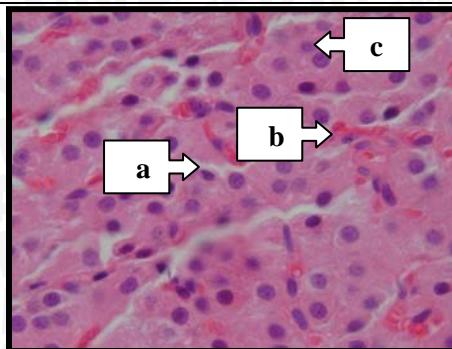


Gambar 24 B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 5.0 %. Hari ke-18 (Perbesaran 400x).

Histopatologi pankreas perlakuan 0.0 % (+) pada hari ke-18 menunjukkan bahwa sel beta pankreas pulau langerhans menunjukkan perkembangan yang berarti. Sel beta (b) dan granula didalamnya terlihat berjumlah banyak. Nekrosis (C) yang ditandai dengan adanya garis putih terlihat hanya sedikit terjadi di sekitar sel. Kapiler darah (a) terlihat menyebar pada sel pulau langerhans.

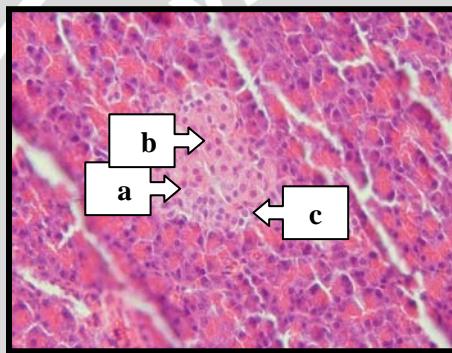
Histopatologi pankreas perlakuan larutan 5.0 % pada hari ke-9 menunjukkan masih terjadi nekrosis (a) disekitar langerhans ditandai dengan warna putih pada langerhans. Sel beta (c) terlihat berjumlah sedikit. Begitupun jumlah granula didalamnya. Kapiler darah (b) terlihat menyebar disekitar sel pulau langerhans.

Histopatologi pankreas perlakuan larutan 5.0 % hari ke-18 menunjukkan perbaikan sel beta pankreas. Sel beta (b) dan granula didalamnya terlihat lebih banyak dibandingkan pada hari ke-9. nekrosis (c) yang terjadi mulai berkurang ditandai dengan garis putih disekitar sel yang banyak berkurang. Kapiler darah (b) terlihat menyebar disekitar sel pulau langerhans.



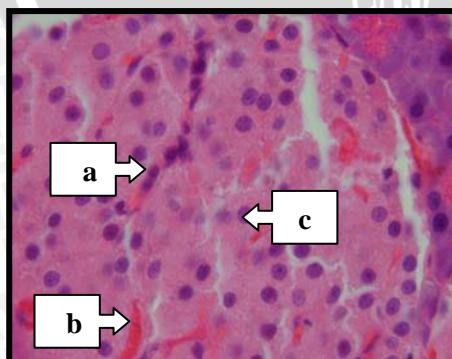
Gambar 25 A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 7.5 %.hari ke-9.
(Perbesaran 1000x)

Histopatologi pankreas pada larutan 7.5% pada hari ke-9 menunjukkan adanya nekrosis (b) pada sel langerhans. Sel beta (c) menunjukkan jumlah yang tidak terlalu banyak begitupun jumlah granulanya. Kapiler darah (a) terlihat menyebar diantara sel.



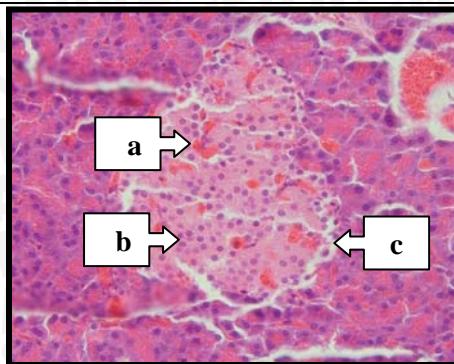
Gambar 25 B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 7.5 %.hari ke-18.
(Perbesaran 400x)

Histopatologi pankreas perlakuan larutan 7.5% pada hari ke-18 menunjukkan bahwa nekrosis (a) masih terjadi di sekitar langerhans walaupun jumlahnya sedikit berkurang dibandingkan langerhans pada hari ke-9. Sel beta (b) terlihat lebih banyak diikuti dengan bertambahnya jumlah granula didalamnya. Kapiler darah (c) tetap terlihat disekitar langerhans.



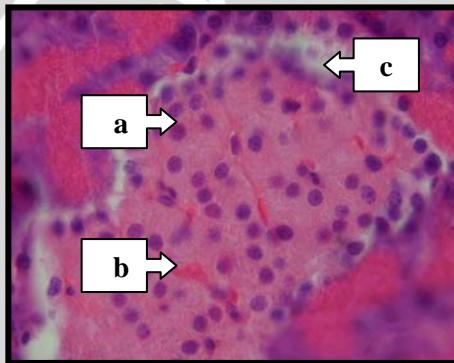
Gambar 26 A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 10.0 %.hari ke-9.
(Perbesaran 1000x)

Histopatologi pankreas perlakuan larutan 10.0 % pada hari ke-9 menunjukkan adanya nekrosis (a) yang terlihat disekitar sel. Jumlah sel beta (b) dan granulanya mulai terlihat banyak. Sedangkan kapiler darah (c) terlihat menyebar disekitar sel.



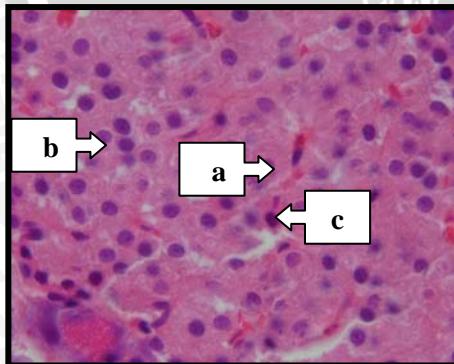
Gambar 26 B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian larutan 10.0 %.hari ke-18.
(Perbesaran 400x)

Hispatologi pankreas perlakuan larutan 10.0% pada hari ke-18 menunjukkan bahwa nekrosis (a) yang terjadi tidak terlalu parah, menunjukkan perbaikan yang berarti. Dilihat dari sel beta (b) dan garnulanya juga terlihat semakin berjumlah banyak. Sedangkan (c) kapiler darah tetap berada disekitar sel.



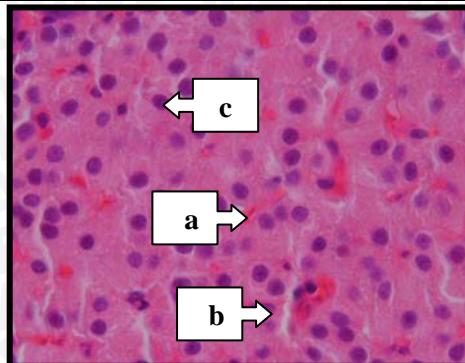
Gambar 27 A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 5.0 %.hari ke-9.
(Perbesaran 1000x)

Histopatologi pankreas perlakuan gel 5.0% pada hari ke-9 menunjukkan terjadinya nekrosis (b) pada sekitar langerhans. Sel beta (a) berjumlah sedikit begitupun jumlah granulanya. Kapiler darah (c) berada di sekitar sel pulau langerhans.



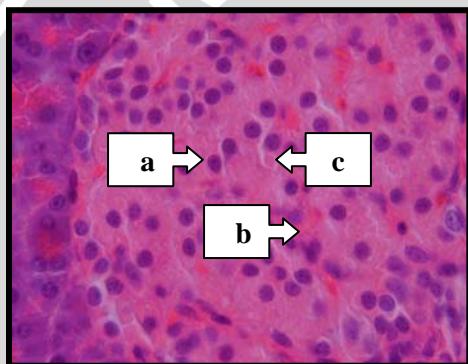
Gambar 27 B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 5.0 %.hari ke-18.
(Perbesaran 1000x)

Histopatologi pankreas perlakuan gel 5.0% pada hari ke-18 menunjukkan adanya perbaikan langerhans ditandai dengan berkurangnya nekrosis (c) yang terjadi. Jumlah sel beta (b) dan granulanya mulai sedikit bertambah banyak. Kapiler darah (a) masih tetap berada di sekitar sel.



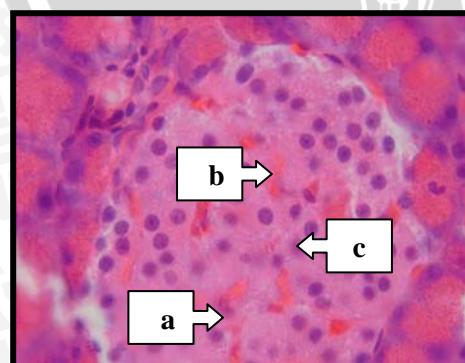
Gambar 28 A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 7.5 %.hari ke-9.
(Perbesaran 1000x)

Histopatologi pankreas perlakuan gel 7.5% pada hari ke-9 menunjukkan bahwa terjadi nekrosis (a) pada sebagian langerhans. Sel beta (c) dan granulanya berjumlah sedikit sehingga mempengaruhi produksi insulin. Kapiler darah (b) berada disekitar sel pulau langerhans.



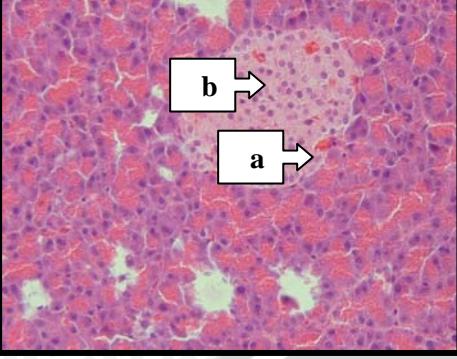
Gambar 28 B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 7.5 %.hari ke-18.
(Perbesaran 1000x)

Histopatologi pankreas perlakuan gel 7.5% pada hari ke-18 menunjukkan nekrosis (b) yang terjadi berkurang sedikit. Jumlah sel beta (a) dan granulanya bertambah banyak.(c) Kapiler darah berada di sekitar langerhans.



Gambar 29 A. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 10.0 %.hari ke-9.
(Perbesaran 1000x)

Hispatologi pankreas pada perlakuan gel 10.0% pada hari ke-9 menunjukkan bahwa nekrosis (b) terlihat terjadi disebagian langerhans. Sel beta (c) dan granulanya terlihat berjumlah sedikit. (a) Sel kapiler darah menyebar di seluruh langerhans.

	<p>Hispatologi pankreas perlakuan gel 10.0% pada hari ke-18 menunjukkan perbaikan yang berarti. Nekrosis (a) samar terlihat pada langerhans dengan jumlah yang sangat sedikit. Jumlah sel beta (b) dan granulanya bertambah. Kapiler darah terlihat menyebar pada sel pulau langerhans.</p>
---	---

Gambar 29 B. Gambar histopatologi pulau langerhans dengan pemberian Gel 10.0 %.hari ke-18.
(Perbesaran 400x)

Analisis hispatologi dilakukan pada hari ke-9 dan hari ke-18 atau saat pertengahan penelitian dan akhir penelitian, dengan tujuan agar dapat membandingkan kondisi sel beta pulau langerhans pankreas tikus pada kondisi normal, kondisi tengah penelitian dan akhir penelitian.

Pada perlakuan 0.0 % kontrol (-), terlihat bahwa sel beta pankreas masih dalam kondisi diabetik yang ditandai dengan adanya nekrosis pada sel beta pankreas (lihat Gambar 21 A). Pada Gambar 21 B (pengamatan hari ke-18) terlihat granula di sitoplasma sel beta pankreas sangat sedikit menandakan kondisi sel beta pankreas dalam kondisi *hiperglikemia*. Jumlah granula yang sedikit tersebut berpengaruh terhadap produksi insulin. Bila insulin yang disekresikan dari granula sel beta tidak memadai maka akan terjadi katabolisme seperti meningkatnya glukoneogenesis dan glikogenesis sehingga menimbulkan hiperglisemias.

Perlakuan kontrol 0.0 % kontrol (+) hari ke-9 memperlihatkan kondisi nekrosis pada sel beta pankreas (Gambar 22 A). Namun pada hari ke-18 terlihat adanya granula pada sel beta yang mulai banyak (Gambar 22 B). Banyaknya granula yang terbentuk di

sitoplasma akan meningkatkan aktifitas insulinase sehingga produksi insulin juga akan meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pemberian obat glibenklamid pada tikus mampu memperbaiki kerusakan sel beta pankreas akibat dari injeksi *alloxan*.

Pemberian tepung rumput laut *Gelidium* spp bentuk larutan konsentrasi 5.0 %, 7.5 %, dan 10.0 %, histopatologinya menunjukkan hasil yang relatif sama pada hari ke-9 (Gambar 22 A, 23 A, 24 A). Sel beta pankreas mengalami nekrosis tetapi tidak seburuk pada perlakuan kontrol (-), ini menunjukkan bahwa pemberian larutan tepung rumput laut *Gelidium* spp konsentrasi 5.0 %, 7.5 %, 10.0 % pada hari ke-9 sudah memberikan pengaruh terhadap perbaikan jaringan yang rusak pada sel beta pankreas

Pada histopatologi pankreas tikus hari ke-18 (Gambar 24 B, 25 B, 26 B) pada perlakuan tikus yang diberi larutan 5.0 %, 7.5 % dan larutan 10.0 %, menunjukkan jumlah granula yang lebih banyak dibandingkan pada hari ke-9, jumlah granula yang cukup banyak disitoplasma sel beta pankreas tersebut berpengaruh pada produksi dan aktivitas insulin selaku hormon anabolik sehingga *hiperglikemia* dapat terkendali dan akhirnya terjadi penurunan kadar glukosa darah.

Gambar 24 A, 25 A, 26 A. terlihat hasil histopatologi pankreas pada tikus dengan pemberian gel 5.0 %, gel 7.5 %, gel 10.0 %, pada gambar hari ke-9 terlihat masih adanya nekrosis dan jumlah granula yang masih sedikit.

Gambar 27 B, 28 B, 29 B, adalah histopatologi pulau langerhans tikus perlakuan gel 5.0 %, 7.5 %, 10.0 %, hari ke-18. Analisis Histopatologi pankreas menunjukkan adanya indikasi terjadinya perbaikan sel beta pankreas secara bertahap yang telah mengalami kerusakan akibat injeksi *alloxan*.

Serat makanan mengubah sifat insulin yang beredar dalam darah agar bekerja lebih optimal, sehingga gula dalam darah larut dalam sel dan terpakai. Karena itu,

kebutuhan akan insulin berkurang. Dengan begitu, tercapailah efek pengaturan tingkat gula darah kaum diabetesi, oleh serat makanan (Anynomous, 2006b)

Pada kondisi kadar glukosa darah yang mendekati normal, proses metabolisme akan kembali normal dan proses perbaikan jaringan sel beta pankreas yang rusak akan berangsur pulih, juga dengan adanya konsumsi makanan yang banyak mengandung nutrien tertentu menunjang proses perbaikan sel beta pankreas.



Lampiran 1. Komposisi vitamin “Superviton” setiap 2 kaplet

KOMPOSISI	JUMLAH
Vitamin A	5000 IU
Vitamin D	400 IU
Vitamin B1	5.0 mg
Vitamin B2	2.0 mg
Vitamin B6	1.0 mg
Vitamin B12	5.0 mg
Vitamin C	25.0 mg
Niaciaminde	10.0 mg
Choline Bitartrate	3.0 mg
Vitamin H	0.1 mg
Vitamin E	5.0 mg
Vitamin K	2.0 mg
Dx-Calcium Pantothenas	1.0 mg
Inositol	0.5 mg
Folic acid	0.25 mg
dl-Methionine	0.25 mg
Glutamic Acid	5.0 mg
Molybdenum	0.25 mg
I-Lysine Monohydrochloride	0.25 mg
Rutin	1.0 mg
Para-Aminobenzoic Acid	1.0 mg
Iron (Ferrous sulphate)	10.0 mg
Iodine (Pot Iodide)	0.3 mg
Copper (Cupric sulphate)	1.0 mg
Manganase (Mang sulphate)	0.5 mg
Phosphorus (Calcium Phosph)	10.0 mg
Magnesium (Mag. Sulphate)	0.1 mg
Zinc (Zinc Sulphate)	1.0 mg
Sulphur	0.05 mg
Brewer's Yeast (fermented Yeast)	2.0 mg
Sodium	0.05 mg
Potassium	5.0 mg
Calcium (Calcium Phosphate)	10.0 mg

Sumber : PT. Erela, Semarang.

Lampiran 2. Komposisi mineral mix dalam 1000 gr

Jenis mineral	Jumlah mineral
NaCl	139.3
KI	0.79
KH ₂ PO ₄	389
MgSO ₄ anhidrid	57.3
CaCO ₃	381.4
FeSO ₄ 7H ₂ O	27.0
MnSO ₄ 7H ₂ O	4.01
ZnSO ₄ 7H ₂ O	0.548
CuSO ₄ 5H ₂ O	0.477
CoCl ₂ 6H ₂ O	0.023

Sumber : Muchtadi (1989)

Lampiran 3. Perhitungan konsentrasi tepung rumput laut *Gelidium* spp bentuk gel dan larutan yang digunakan dalam penelitian

- Kebutuhan kalori manusia dewasa per hari adalah 2500 kal.
- Kebutuhan karbohidrat manusia per hari adalah $65\% \times 2500\text{ kal} = 1625\text{ kal}$
 $= 406.25\text{ gram.}$
- Jumlah serat yang dibutuhkan manusia rata-rata 30 g/hari, maka persen serat yang dibutuhkan manusia per hari adalah $30\text{ g} / 406.25\text{ g} \times 100\% = 7.3\%$.

Hasil tersebut merupakan dasar pengambilan konsentrasi tepung rumput laut *Gelidium* spp yang dimodifikasi dalam bentuk gel dan larutan yang diberikan pada tikus secara parenteral. Tepung rumput laut *Gelidium* spp dalam bentuk gel dan larutan ini sebagai pengganti CMC (*Carboxyl Metyl Cellulose*).

Hasil tersebut dibulatkan menjadi 7.5 % dan ditentukan sebagai konsentrasi ke-2. Konsentrasi ke-1 yaitu 5.0 % didasarkan pada jumlah CMC sebanyak 5.0 % yang digunakan pada ransum standar. Sedangkan konsentrasi ke-3 yaitu 10.0 % ditentukan untuk mengetahui pengaruh pemberian tepung rumput laut *Gelidium* spp bentuk gel dan larutan yang paling efektif.

Lampiran 4. Data glukosa darah/3 hari

No	Perlakuan	Tikus	Lama pengamatan (hari)							
			0	3	6	9	12	15	18	
1	Kontrol (+)	1	198.80	160.24	125.70	124.09	122.89	97.99	93.17	
		2	203.61	165.46	128.51	125.70	122.49	98.39	93.57	
		3	192.77	161.44	126.50	124.90	123.29	99.60	94.38	
2	Kontrol (-)	1	195.58	196.39	195.58	195.18	195.18	194.78	193.98	
		2	200.80	199.59	195.18	194.78	194.78	195.18	195.18	
		3	196.39	197.18	195.98	195.58	194.78	194.38	193.57	
3	Gel	5.0 %	1	201.20	172.29	165.46	163.45	152.61	140.56	116.86
			2	200.40	170.68	163.45	162.65	155.82	136.54	119.68
			3	192.37	168.67	161.44	159.44	149.39	139.36	120.88
		7.5 %	1	209.64	168.67	164.65	157.42	148.59	129.31	111.24
			2	193.17	166.66	160.64	152.61	151.81	130.52	113.65
			3	195.98	167.87	163.05	155.02	149.39	133.73	115.26
		10.0 %	1	199.60	167.47	157.83	152.61	144.57	125.30	101.20
			2	197.99	165.46	155.02	153.01	146.99	124.49	102.01
			3	193.98	163.45	153.81	149.40	140.56	128.92	103.21
4	Larutan	5.0 %	1	198.8	175.90	165.46	159.43	150.6	138.55	117.26
			2	196.39	172.70	164.66	157.83	156.22	140.56	115.26
			3	199.20	177.10	166.66	161.04	149.79	137.75	116.47
		7.5 %	1	200.40	173.90	159.03	147.79	143.77	130.52	114.45
			2	201.61	174.70	161.45	157.42	152.21	133.73	117.27
			3	202.81	176.30	164.25	155.82	145.38	134.54	116.06
		10.0 %	1	205.22	170.68	159.83	155.82	140.56	127.71	107.63
			2	203.61	168.67	156.22	153.41	145.38	128.51	109.64
			3	196.39	167.06	154.21	150.60	141.76	130.52	110.84

Lampiran 5. Data berat badan/3 hari

No	Perlakuan	Tikus	Lama pengamatan (hari)							
			0	3	6	9	12	15	18	
1	Kontrol (+)	1	221.00	222.00	232.00	235.00	235.00	237.00	239.00	
		2	206.00	208.00	215.00	224.00	228.00	234.00	230.00	
		3	228.00	237.00	238.00	244.00	250.00	248.00	245.00	
2	Kontrol (-)	1	180.00	177.00	185.00	191.00	193.00	192.00	193.00	
		2	222.00	214.00	221.00	231.00	239.00	236.00	236.00	
		3	205.00	198.00	206.00	216.00	217.00	220.00	215.00	
3	Gel	5.0 %	1	185.00	184.00	182.00	185.00	188.00	190.00	193.00
			2	178.00	179.00	180.00	184.00	187.00	190.00	195.00
			3	189.00	192.00	193.00	196.00	207.00	211.00	210.00
		7.5 %	1	212.00	213.00	212.00	211.00	213.00	214.00	217.00
			2	183.00	182.00	190.00	191.00	198.00	205.00	206.00
			3	220.00	220.00	218.00	218.00	223.00	220.00	224.00
		10.0 %	1	216.00	215.00	211.00	217.00	218.00	220.00	222.00
			2	203.00	211.00	210.00	210.00	216.00	220.00	221.00
			3	188.00	190.00	189.00	190.00	193.00	198.00	198.00
4	Larutan	5.0 %	1	214.00	217.00	214.00	209.00	210.00	211.00	212.00
			2	198.00	193.00	184.00	190.00	196.00	197.00	208.00
			3	209.00	216.00	220.00	226.00	234.00	234.00	232.00
		7.5 %	1	207.00	214.00	210.00	216.00	219.00	220.00	220.00
			2	170.00	170.00	167.00	170.00	176.00	181.00	194.00
			3	187.00	190.00	191.00	195.00	200.00	202.00	214.00
		10.0 %	1	180.00	178.00	176.00	180.00	181.00	183.00	184.00
			2	190.00	199.00	205.00	211.00	211.00	215.00	218.00
			3	187.00	192.00	195.00	200.00	200.00	202.00	205.00

Lampiran 6. Konsumsi ransum pakan/3 hari

No	Perlakuan	Tikus	Lama pengamatan (hari)							
			0	3	6	9	12	15	18	
1	Kontrol (+)	1	12.33	12.17	12.50	12.33	12.33	12.39	12.35	
		2	12.37	12.27	13.00	12.54	12.60	12.72	12.62	
		3	12.60	13.00	13.00	12.87	12.96	12.94	12.92	
2	Kontrol (-)	1	12.07	10.83	10.97	11.29	11.03	11.10	11.14	
		2	11.77	13.00	13.00	12.59	12.86	12.82	12.76	
		3	11.60	13.00	12.43	12.34	12.59	12.46	12.46	
3	Gel	5.0 %	1	10.13	6.07	8.13	8.11	7.44	7.89	7.81
			2	10.53	5.83	7.83	8.07	7.24	7.71	7.68
			3	10.87	12.40	13.00	12.09	12.50	12.53	12.37
		7.5 %	1	10.07	8.33	13.00	10.47	10.60	11.36	10.81
			2	10.43	8.30	11.53	10.09	9.97	10.53	10.20
			3	10.43	10.43	11.93	10.93	11.10	11.32	11.12
		10.0 %	1	10.50	10.63	10.93	10.69	10.75	10.79	10.74
			2	10.80	10.93	12.63	11.46	11.67	11.92	11.68
			3	10.17	7.57	9.77	9.17	8.83	9.26	9.09
4	Larutan	5.0 %	1	10.97	8.17	13.00	10.71	10.63	11.45	10.93
			2	10.80	11.13	10.70	10.88	10.90	10.83	10.87
			3	9.90	13.00	10.43	11.11	11.51	11.02	11.22
		7.5 %	1	9.77	12.43	10.27	10.82	11.17	10.75	10.92
			2	9.67	8.63	8.67	8.99	8.76	8.81	8.85
			3	10.23	9.70	12.20	10.71	10.87	11.26	10.95
		10.0 %	1	11.47	7.07	8.77	9.10	8.31	8.73	8.71
			2	11.17	12.60	13.00	12.26	12.62	12.62	12.50
			3	10.83	11.63	13.00	11.82	12.15	12.32	12.10

Lampiran 7. Data berat feses/3hari

No	Perlakuan	Tikus	Lama pengamatan (hari)							
			0	3	6	9	12	15	18	
1	Kontrol (+)	1	1.67	2.70	1.40	1.92	2.01	1.78	1.90	
		2	1.37	3.00	1.83	2.07	2.30	2.07	2.14	
		3	1.53	3.20	3.23	2.66	3.03	2.97	2.89	
2	Kontrol (-)	1	1.17	3.53	1.23	1.98	2.25	1.82	2.02	
		2	1.17	3.40	3.13	2.57	3.03	2.91	2.84	
		3	1.10	4.53	2.03	2.56	3.04	2.54	2.71	
3	Gel	5.0 %	1	1.77	2.27	2.03	2.02	2.11	2.05	2.06
			2	1.67	2.83	2.97	2.49	2.76	2.74	2.66
			3	1.40	2.77	2.10	2.09	2.32	2.17	2.19
		7.5 %	1	1.07	3.70	2.03	2.27	2.67	2.32	2.42
			2	1.07	3.33	3.07	2.49	2.96	2.84	2.76
			3	1.50	3.67	2.27	2.48	2.80	2.52	2.60
		10.0 %	1	1.67	5.77	1.43	2.96	3.39	2.59	2.98
			2	1.73	5.80	1.77	3.10	3.56	2.81	3.15
			3	1.53	5.67	1.57	2.92	3.39	2.62	2.98
4	Larutan	5.0 %	1	1.53	5.60	2.47	3.20	3.76	3.14	3.37
			2	1.53	5.07	0.93	2.51	2.84	2.09	2.48
			3	1.87	5.97	1.83	3.22	3.67	2.91	3.27
		7.5 %	1	1.23	1.30	1.50	1.34	1.38	1.41	1.38
			2	1.10	1.20	1.77	1.36	1.44	1.52	1.44
			3	1.17	1.67	1.83	1.56	1.69	1.69	1.64
		10.0 %	1	1.17	2.37	0.97	1.50	1.61	1.36	1.49
			2	1.23	1.93	2.17	1.78	1.96	1.97	1.90
			3	1.53	1.47	2.33	1.78	1.86	1.99	1.88

Lampiran 8. Hasil statistik jumlah pakan

Univariate Analysis of Variance

Tests of Between-Subjects Effects ^b

Dependent Variable: Pakan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	194.630 ^a	13	14.972	11.460	.000
Intercept	23787.386	1	23787.386	18207.399	.000
HARI	152.496	6	25.416	19.454	.000
PERLK	42.134	7	6.019	4.607	.000
Error	201.196	154	1.306		
Total	24183.212	168			
Corrected Total	395.826	167			

a. R Squared = .492 (Adjusted R Squared = .449)

b. Rumput laut = Gelidium

Pakan^c

Tukey HSD^{a,b}

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
Gel 10%	21	11.2776		
Larutan 10%	21	11.3081		
Gel 7,5%	21	11.7233	11.7233	
Larutan 7,5%	21	11.7290	11.7290	11.7290
Gel 5%	21	11.8324	11.8324	11.8324
Larutan 5%	21	12.0124	12.0124	12.0124
Kontrol -	21		12.4981	12.4981
Kontrol +	21			12.8129
Sig.		.431	.360	.050

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.306.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Univariate Analysis of Variance

Tests of Between-Subjects Effects ^b

Dependent Variable: Pakan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	180.384 ^a	11	16.399	11.213	.000
Intercept	17092.648	1	17092.648	11687.719	.000
HARI	171.317	6	28.553	19.524	.000
A	.164	1	.164	.112	.739
B	8.716	2	4.358	2.980	.055
A * B	.187	2	.093	.064	.938
Error	166.719	114	1.462		
Total	17439.750	126			
Corrected Total	347.102	125			

a. R Squared = .520 (Adjusted R Squared = .473)

b. Rumput laut = Gelidium

Bentuk tepung rumput laut ^a

Dependent Variable: Pakan

Bentuk tepung rumput laut	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Gel	11.611	.152	11.309	11.913
Larutan	11.683	.152	11.381	11.985

a. Rumput laut = Gelidium

Pakan^c

Tukey HSD^{a,b}

Hari ke-	N	Subset			
		1	2	3	4
3	18	9.7139			
0	18	10.4856	10.4856		
6	18		11.0439	11.0439	
9	18			11.8778	11.8778
12	18				12.7611
15	18				12.7828
18	18				12.8650
Sig.		.475	.809	.378	.188

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.462.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Pakan^c**Tukey HSD^{a,b}**

Konsentrasi (%)	N	Subset	
		1	2
10%	42	11.2929	
7,5%	42	11.7262	11.7262
5%	42		11.9224
Sig.		.232	.738

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.462.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Pakan^c**Tukey HSD^{a,b}**

Perlakuan	N	Subset	
		1	
Gel 10%	21	11.2776	
Larutan 10%	21	11.3081	
Gel 7,5%	21	11.7233	
Larutan 7,5%	21	11.7290	
Gel 5%	21	11.8324	
Larutan 5%	21	12.0124	
Sig.		.367	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.462.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Lampiran 9. Hasil statistik berat badan tikus

Univariate Analysis of Variance Rumput laut = Gelidium

Between-Subjects Factors ^a

		Value Label	N
Perlakuan	1	Kontrol +	3
	2	Kontrol -	3
	3	Gel 5%	3
	4	Gel 7,5%	3
	5	Gel 10%	3
	6	Larutan 5%	3
	7	Larutan 7,5%	3
	8	Larutan 10%	3

a. Rumput laut = Gelidium

Tests of Between-Subjects Effects ^b

Dependent Variable: Berat badan tikus

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3552.500 ^a	7	507.500	2.556	.057
Intercept	1007780.167	1	1007780.167	5074.848	.000
PERLK	3552.500	7	507.500	2.556	.057
Error	3177.333	16	198.583		
Total	1014510.000	24			
Corrected Total	6729.833	23			

a. R Squared = .528 (Adjusted R Squared = .321)

b. Rumput laut = Gelidium

Post Hoc Tests Perlakuan Homogeneous Subsets

Berat badan tikus^cTukey HSD^{a,b}

Perlakuan	N	Subset
		1
Gel 10%	3	190.67
Larutan 10%	3	192.33
Gel 7,5%	3	194.67
Larutan 7,5%	3	202.33
Gel 5%	3	205.00
Larutan 5%	3	207.00
Kontrol -	3	222.33
Kontrol +	3	225.00
Sig.		.119

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 198.583.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Univariate Analysis of Variance**Tests of Between-Subjects Effects^b**

Dependent Variable: Berat badan tikus

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	37019.774 ^a	13	2847.675	16.139	.000
Intercept	7340080.095	1	7340080.095	41600.430	.000
HARI	3966.821	6	661.137	3.747	.002
PERLK	33052.952	7	4721.850	26.761	.000
Error	27172.131	154	176.442		
Total	7404272.000	168			
Corrected Total	64191.905	167			

a. R Squared = .577 (Adjusted R Squared = .541)

b. Rumput laut = Gelidium

Berat badan tikus ^c**Tukey HSD^{a,b}**

Perlakuan	N	Subset				
		1	2	3	4	5
Gel 10%	21	191.33				
Larutan 10%	21	195.81	195.81			
Gel 7,5%	21	196.81	196.81	196.81		
Larutan 7,5%	21		207.43	207.43	207.43	
Gel 5%	21			209.05	209.05	
Larutan 5%	21				210.67	
Kontrol -	21					228.90
Kontrol +	21					232.19
Sig.		.884	.094	.064	.993	.993

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 176.442.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Bentuk tepung rumput laut ^a

Dependent Variable: Berat badan tikus

Bentuk tepung rumput laut	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Gel	199.063	1.612	195.871	202.256
Larutan	204.635	1.612	201.442	207.827

a. Rumput laut = Gelidium

Berat badan tikus ^c**Tukey HSD^{a,b}**

Hari ke-	N	Subset	
		1	
6	18	197.06	
3	18	197.50	
0	18	198.67	
9	18	199.94	
12	18	203.89	
15	18	206.28	
18	18	209.61	
Sig.		.058	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 163.613.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Berat badan tikus c**Tukey HSD^{a,b}**

Konsentrasi (%)	N	Subset		
		1	2	3
10%	42	193.57		
7,5%	42		202.12	
5%	42			209.86
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 163.613.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Berat badan tikus c**Tukey HSD^{a,b}**

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
Gel 10%	21	191.33		
Larutan 10%	21	195.81		
Gel 7,5%	21	196.81	196.81	
Larutan 7,5%	21		207.43	207.43
Gel 5%	21			209.05
Larutan 5%	21			210.67
Sig.		.735	.085	.963

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 163.613.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Lampiran 10. Hasil statistik berat feses tikus.

Univariate Analysis of Variance

Tests of Between-Subjects Effects ^b

Dependent Variable: Berat feses

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	26.170 ^a	13	2.013	5.300	.000
Intercept	713.007	1	713.007	1877.211	.000
HARI	9.059	6	1.510	3.975	.001
PERLK	17.111	7	2.444	6.436	.000
Error	58.493	154	.380		
Total	797.670	168			
Corrected Total	84.663	167			

a. R Squared = .309 (Adjusted R Squared = .251)

b. Rumput laut = Gelidium

Berat feses ^c

Tukey HSD^{a,b}

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
Larutan 5%	21	1.3919		
Larutan 7,5%	21	1.9071	1.9071	
Larutan 10%	21	1.9310	1.9310	1.9310
Kontrol -	21	1.9705	1.9705	1.9705
Kontrol +	21		2.2000	2.2000
Gel 5%	21		2.2790	2.2790
Gel 7,5%	21		2.2990	2.2990
Gel 10%	21			2.5024
Sig.		.054	.445	.060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .380.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Univariate Analysis of Variance

Tests of Between-Subjects Effects ^b

Dependent Variable: Berat feses

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21.699 ^a	11	1.973	6.453	.000
Intercept	530.417	1	530.417	1735.225	.000
HARI	5.177	6	.863	2.823	.013
A	11.985	1	11.985	39.208	.000
B	3.218	2	1.609	5.263	.007
A * B	1.320	2	.660	2.159	.120
Error	34.847	114	.306		
Total	586.964	126			
Corrected Total	56.546	125			

a. R Squared = .384 (Adjusted R Squared = .324)

b. Rumput laut = Gelidium

Bentuk tepung rumput laut ^a

Dependent Variable: Berat feses

Bentuk tepung rumput laut	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Gel	2.360	.070	2.222	2.498
Larutan	1.743	.070	1.605	1.881

a. Rumput laut = Gelidium

Berat feses ^c

Tukey HSD^{a,b}

Hari ke-	N	Subset	
		1	2
0	18	1.5783	
12	18	2.0422	2.0422
6	18	2.0744	2.0744
18	18	2.1144	2.1144
15	18	2.1306	2.1306
9	18		2.1800
3	18		2.2422
Sig.		.051	.931

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .306.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Berat feses^cTukey HSD^{a,b}

Konsentrasi (%)	N	Subset	
		1	2
5%	42	1.8355	
7,5%	42	2.1031	2.1031
10%	42		2.2167
Sig.		.072	.615

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .306.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Berat feses^cTukey HSD^{a,b}

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
Larutan 5%	21	1.3919		
Larutan 7,5%	21		1.9071	
Larutan 10%	21		1.9310	
Gel 5%	21		2.2790	2.2790
Gel 7,5%	21		2.2990	2.2990
Gel 10%	21			2.5024
Sig.		1.000	.204	.780

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .306.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Lampiran 11. Data hasil statistik glukosa darah

Univariate Analysis of Variance

Tests of Between-Subjects Effects ^b

Dependent Variable: Kadar glukosa darah

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	148822.873 ^a	13	11447.913	101.659	.000
Intercept	4148822.861	1	4148822.861	36841.948	.000
HARI	99508.091	6	16584.682	147.274	.000
PERLK	49314.781	7	7044.969	62.560	.000
Error	17342.154	154	112.611		
Total	4314987.887	168			
Corrected Total	166165.026	167			

a. R Squared = .896 (Adjusted R Squared = .887)

b. Rumput laut = Gelidium

Kadar glukosa darah ^c

Tukey HSD^{a,b}

Perlakuan	N	Subset				
		1	2	3	4	5
Kontrol +	21	132.5471				
Gel 10%	21		144.0471			
Gel 7,5%	21		150.6976	150.6976		
Gel 5%	21			154.6848	154.6848	
Larutan 10%	21			157.6010	157.6010	
Larutan 7,5%	21			159.0262	159.0262	
Larutan 5%	21				162.8619	
Kontrol -	21					195.7152
Sig.		1.000	.465	.186	.205	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 112.611.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Univariate Analysis of Variance

Tests of Between-Subjects Effects ^b

Dependent Variable: Kadar glukosa darah

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	94940.351 ^a	11	8630.941	435.906	.000
Intercept	3020113.993	1	3020113.993	152530.938	.000
HARI	90253.891	6	15042.315	759.713	.000
A	3162.512	1	3162.512	159.723	.000
B	1327.126	2	663.563	33.513	.000
A * B	196.821	2	98.411	4.970	.009
Error	2257.201	114	19.800		
Total	3117311.545	126			
Corrected Total	97197.552	125			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .975)

b. Rumput laut = Gelidium

Bentuk tepung rumput laut ^a

Dependent Variable: Kadar glukosa darah

Bentuk tepung rumput laut	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Gel	149.810	.561	148.699	150.920
Larutan	159.830	.561	158.719	160.940

a. Rumput laut = Gelidium



Kadar glukosa darah c**Tukey HSD^{a,b}**

Hari ke-	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
18	18	111.9122					
15	18		129.8694				
12	18			151.0417			
9	18				155.2372		
6	18					160.1228	
3	18						174.8250
0	18						200.7300
Sig.		1.000	1.000	.079	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 19.800.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Kadar glukosa darah c**Tukey HSD^{a,b}**

Konsentrasi (%)	N	Subset		
		1	2	3
10%	42	150.8240		
7,5%	42		154.8619	
5%	42			158.7733
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 19.800.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Kadar glukosa darah c**Tukey HSD^{a,b}**

Perlakuan	N	Subset				
		1	2	3	4	5
Gel 10%	21	144.0471				
Gel 7,5%	21		150.6976			
Gel 5%	21			154.6848		
Larutan 10%	21				157.6010	157.6010
Larutan 7,5%	21					159.0262
Larutan 5%	21					162.8619
Sig.		1.000	1.000	.283	.904	.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 19.800.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

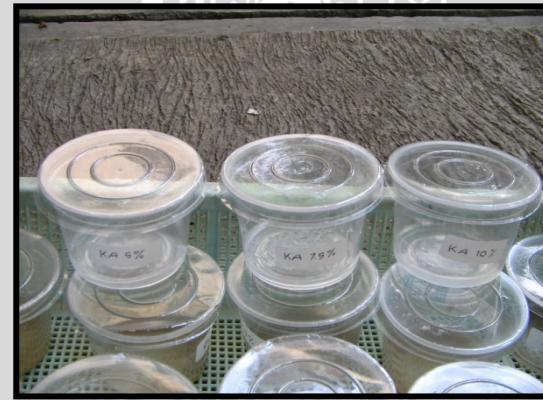
b. Alpha = .05.

c. Rumput laut = Gelidium

Lampiran 12. Foto-foto selama penelitian



Gambar tikus putih wistar (*Rattus norvegicus*)



Gambar gel dan larutan tepung *Gelidium spp*



Gambar proses pemberian gel dan larutan secara oral



Gambar proses penimbangan berat badan tikus



Gambar proses penyuntikan *alloxan* melalui *intervena*



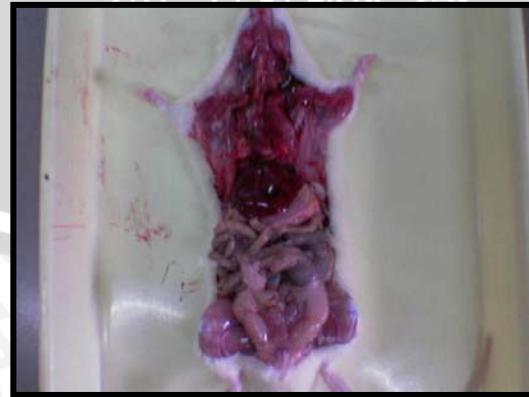
Gambar pengambilan darah dari *sinus orbitalis*



Gambar proses pengambilan sampel urin tikus



Gambar proses pengamatan glukosa urin tikus



Gambar tikus dibedah