

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa data kuantitatif berskala rasio. Pengukuran nilai absorbansi degradasi perancah koral buatan dilakukan dengan menggunakan alat *Uv-Vis Spectrophotometers SHIMADZU UVmini-1240* pada setiap interval waktu. Hasil rerata nilai absorbansi dan persentase degradasi perancah dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rerata nilai absorbansi perancah koral buatan.

Konsentrasi	Kelompok	Rerata Nilai Absorbansi											
		PBS	PBS	PBS	PBS	PBS	PBS	PBS	PBS	HCl	HCl	HCl	HCl
		1	3	6	24	48	72	96	1	3	6	24	
5:5	A	0,094	0,030	0,050	0,138	0,329	0,429	0,390	0,334	0,149	0,098	0,110	
4:6	B	0,084	0,054	0,054	0,194	0,373	0,397	0,342	0,364	0,157			
Gel 10%	C	0,105	0,044	0,047	0,149	0,317	0,398	0,384	0,162	0,182	0,125	0,168	

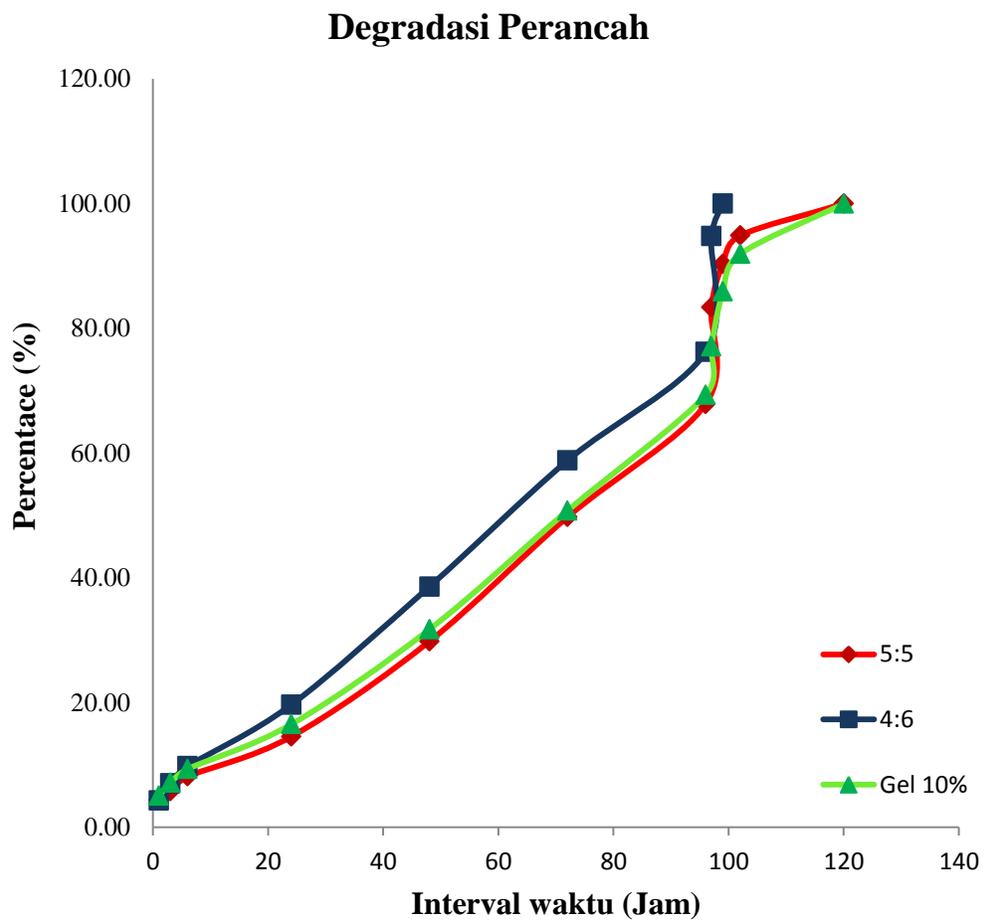
Tabel 3. Persentase profil degradasi perancah koral buatan.

Konsentrasi		Persentase Degradasi Perancah (%)											
		PBS	PBS	PBS	PBS	PBS	PBS	PBS	HCl	HCl	HCl	HCl	
		1	3	6	24	48	72	96	1	HCl 3	HCl 6	24	
5:5	Mean	4,36±	5,74±	8,11±	14,52±	29,78±	49,74±	67,86±	83,38±	90,32±	94,88±	100	
	Sd	0,80	1,09	2,09	2,27	1,57	3,52	1,73	1,34	1,32	0,88	0	
4:6	Mean	4,25±	7,00±	9,75±	19,61±	38,56±	58,80±	76,21±	94,79±	100			
	Sd	0,54	0,60	0,86	1,29	1,96	1,55	1,79	4,52	0			
Gel 10%	Mean	5,01±	7,11±	9,31±	16,47±	31,70±	50,75±	69,30±	77,09±	85,89±	91,92±	100	
	Sd	0,74	0,81	2,34	1,63	2,02	5,73	3,43	2,76	1,65	0,36	0	

Data pada Tabel 3. Memperlihatkan perbedaan nilai rerata persentase degradasi perancah koral buatan pada tiap kelompok konsentrasi. Secara horisontal data menunjukkan kenaikan persentase degradasi perancah yang berbanding lurus dengan penambahan waktu. Hal ini dapat dikatakan bahwa proses degradasi berlangsung seiring dengan bertambahnya waktu. Perancah koral buatan dengan konsentrasi gelatin-CaCO₃ 4:6 memiliki rerata kecepatan degradasi paling cepat dibanding perancah dengan konsentrasi 5:5 dan gelatin 10%, yaitu habis sepenuhnya setelah perendaman HCl 3jam.

Pada perendaman PBS kelompok interval waktu 1 jam didapat persentase degradasi tertinggi pada perancah gelatin 10% dan persentase terendah pada perancah 4:6. Pada perendaman PBS kelompok interval waktu 3 jam didapat persentase degradasi tertinggi pada perancah gelatin 10% dan persentase terendah pada perancah 5:5. Pada perendaman PBS kelompok interval waktu 24 jam didapat persentase degradasi tertinggi pada perancah 4:6 dan persentase terendah pada perancah 5:5. Pada perendaman PBS kelompok interval waktu 48 jam didapat persentase degradasi tertinggi pada perancah 4:6 dan persentase terendah pada perancah 5:5. Pada perendaman PBS kelompok interval waktu 72 jam didapat persentase degradasi tertinggi pada perancah 4:6 dan persentase terendah pada perancah 5:5. Pada perendaman PBS kelompok interval waktu 96 jam didapat persentase degradasi tertinggi pada perancah 4:6 dan persentase terendah pada perancah 5:5. Pada perendaman HCl kelompok interval waktu 1 jam didapat persentase degradasi tertinggi pada perancah 4:6 dan persentase terendah pada perancah

gelatin 10%, pada kelompok interval waktu ini satu sampel pada kelompok konsentrasi perancah 4:6 telah habis. Pada perendaman HCl kelompok interval waktu 3 jam didapat persentase degradasi tertinggi pada perancah 4:6 yang telah habis seluruhnya dan persentase terendah pada perancah gelatin 10%. Pada perendaman HCl kelompok interval waktu 6 dan 24 jam didapat persentase degradasi pada perancah 5:5 lebih tinggi dibanding perancah gelatin 10%. Pada perendaman HCL interval waktu 24 jam seluruh perancah pada semua kelompok konsentrasi telah habis.



Gambar 3. Grafik persentasi degradasi perancah koral buatan

Uji statistik dilakukan sebagai langkah untuk menelaah lebih jauh proses degradasi perancah koral buatan. Penelitian ini menggunakan uji statistik analisa variasi satu jalur (*One way Anova*). Uji normalitas dan uji homogenitas dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui normal atau tidaknya data hasil pengukuran degradasi perancah koral buatan. Uji normalitas yang digunakan adalah *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel yang digunakan kurang dari 50 sampel, yaitu sebanyak 9 sampel. Data hasil uji normalitas tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji normalitas *Shapiro-wilk* profil degradasi perancah koral buatan.

Konsentrasi	Shapiro Wilk (Sig.)									
	Interval waktu degradasi (Jam)									
	PBS 1	PBS 3	PBS 6	PBS 24	PBS 48	PBS 72	PBS 96	HCl 1	HCl 3	
5:5	.948	.843	.078	.266	.754	.341	.984	.433	.297	.195
4:6	.143	.587	.633	.718	.478	.383	.358	.106	.000	
Gel 10%	.549	.059	.340	.577	.951	.685	.219	.118	.772	.160

Hasil uji normalitas terhadap presentase degradasi menunjukkan nilai $p > 0.05$ pada sebagian besar kelompok yang berarti bahwa data terdistribusi dengan normal dan hanya terdapat satu nilai $p < 0,05$ yaitu pada kelompok konsentrasi 4:6 interval waktu perendaman 3 jam dengan HCl dengan nilai $p = 0,000$, hal ini menjelaskan bahwa data pada kelompok tersebut tidak terdistribusi dengan normal. Hasil uji normalitas pada kelompok konsentrasi 4:6 interval waktu

HCl 6 jam dan semua kelompok konsentrasi pada interval waktu HCl 24 jam tidak dapat ditampilkan karena nilai persentase absorbansi perancah telah menunjukkan tidak adanya distribusi data.

Uji homogenitas dilakukan dengan *Levene's test* pada data yang terdistribusi normal, hasil pengujian homogenitas tersaji dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji homogenitas data profil degradasi perancah koral buatan

Interval Waktu Degradasi	Sig. ($p > 0,05$)
PBS 1 Jam	.583*
PBS 3 Jam	.479*
PBS 6 Jam	.250*
PBS 24 Jam	.431*
PBS 48 Jam	.896*
PBS 72 Jam	.202*
PBS 96 Jam	.222*
HCl 1 Jam	.079*
HCl 6 Jam	.014

(*) data terdistribusi normal, signifikansi $p > 0,05$

Pada uji homogenitas didapatkan nilai $p > 0,05$ yaitu pada kelompok dengan interval waktu PBS 1 jam, PBS 3 jam, PBS 6 jam, PBS 24 jam, PBS 48 jam, PBS 72 jam, PBS 96 jam, dan HCl 1 jam, dan nilai $p < 0,05$ pada satu kelompok yaitu interval HCl 6 jam dengan nilai $p = 0,014$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data pada kelompok PBS 1 jam, PBS 3 jam, PBS 6 jam, PBS 24 jam, PBS 48 jam, PBS 72 jam, PBS 96 jam, dan HCl 1 jam, memiliki

distribusi data yang normal dan homogen sehingga dapat di lanjutkan dengan uji analisis varians Anova satu jalur. Data kelompok interval HCl 3 jam memiliki distribusi data yang tidak normal dan data kelompok interval waktu HCl 6 jam memiliki distribusi data yang normal tetapi tidak homogen sehingga pengujian statistik kedua kelompok interval waktu tersebut menggunakan pengujian alternatif Anova satu jalur yaitu *Kruskal-Wallis*.

Uji statistik bertujuan untuk menguji apakah rata-rata lebih dari dua sampel berbeda secara signifikan atau tidak, dan menguji apakah dua sampel memiliki varians populasi yang sama atau tidak.

Tabel 6. Hasil uji statistik profil degradasi perancah koral buatan antar kelompok

Interval Waktu Degradasi	Sig.(p)	Uji statistik
PBS 1 Jam	.415	<i>One Way Anova</i>
PBS 3 Jam	.174	<i>One Way Anova</i>
PBS 6 Jam	.572	<i>One Way Anova</i>
PBS 24 Jam	.034*	<i>One Way Anova</i>
PBS 48 Jam	.003*	<i>One Way Anova</i>
PBS 72 Jam	.060	<i>One Way Anova</i>
PBS 96 Jam	.012*	<i>One Way Anova</i>
HCl 1 Jam	.001*	<i>One Way Anova</i>
HCl 3 Jam	.298	<i>Kruskal Wallis</i>
HCl 6 Jam	.024*	<i>Kruskal Wallis</i>

(*) terdapat perbedaan bermakna, signifikansi $p < 0,05$

Hasil analisis pada Tabel 6. menunjukkan perbedaan bermakna ($p < 0,05$) pada kelompok interval waktu PBS 24 jam dengan nilai $p = 0,034$; PBS 48 jam dengan nilai $p = 0,003$; PBS 96 jam dengan nilai $p = 0,012$; HCl 1 jam dengan nilai $p = 0,001$, dan HCl 6 jam dengan nilai $p = 0,024$. Selanjutnya data hasil uji statistik dengan menggunakan Anova satu jalur dapat dilanjutkan dengan uji *Post hoc* yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan. Uji *post hoc* yang digunakan adalah *Least Significant Difference (LSD)*. Uji LSD dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar kelompok pada interval waktu PBS 24 jam, PBS 48 jam, PBS 96 jam, dan HCl 1 jam.

Tabel 7. Ringkasan uji LSD interval waktu PBS 24 jam.

Konsentrasi	4:6	Gelatin 10%
5:5	.013*	.226
4:6		.074

(*) terdapat perbedaan bermakna, signifikansi $< 0,05$

Tabel 7. menunjukkan adanya perbedaan bermakna antara kelompok konsentrasi 5:5 dengan 4:6 pada kelompok interval waktu 24 jam dengan nilai $p = 0,013$, sedangkan antara kelompok konsentrasi 5:5 dengan gelatin 10% dan 4:6 dengan gelatin 10% tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan nilai $p = 0,226$ dan $p = 0,074$.

Tabel 8. Ringkasan uji LSD interval waktu PBS 48 jam.

Konsentrasi	4:6	Gelatin 10%
5:5	.001*	.250
4:6		.004*

(*) terdapat perbedaan bermakna, signifikansi <0,05

Tabel 8. menunjukkan adanya perbedaan bermakna pada kelompok interval PBS 48 jam antara kelompok konsentrasi 5:5 dan 4:6 dengan nilai $p=0,001$ dan kelompok 4:6 dan gelatin 10% dengan nilai $p=0,004$. Kelompok konsentrasi 5:5 dengan gelatin 10% tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan nilai $p=0,250$.

Tabel 9. Ringkasan uji LSD interval waktu PBS 96 jam.

Konsentrasi	4:6	Gelatin 10%
5:5	.006*	.496
4:6		.013*

(*) terdapat perbedaan bermakna, signifikansi <0,05

Tabel 9. menunjukkan adanya perbedaan bermakna pada kelompok interval PBS 96 jam antara kelompok konsentrasi 5:5 dan 4:6 dengan nilai $p=0,00$ dan kelompok 4:6 dan gelatin 10% dengan nilai $p=0,013$. Kelompok konsentrasi 5:5 dengan gelatin 10% tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan nilai $p=0,496$.

Tabel 10. Ringkasan uji LSD interval waktu HCl 1 jam.

Konsentrasi	4:6	Gelatin 10%
5:5	.004*	.050
4:6		.000*

(*) terdapat perbedaan bermakna, signifikansi <0,05

Tabel 10. menunjukkan adanya perbedaan bermakna pada kelompok interval HCl 1 jam antara kelompok konsentrasi 5:5 dan 4:6 dengan nilai $p=0,004$ dan kelompok 4:6 dan gelatin 10% dengan nilai $p=0,000$. Kelompok konsentrasi 5:5 dengan gelatin 10% tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan nilai $p=0,050$

B. Pembahasan

Penelitian mengenai perbedaan profil degradasi perancah koral buatan berbagai konsentrasi pada *phosphate buffered saline* menghasilkan data pada Tabel 2 dan Tabel 3 yang menunjukkan bahwa proses degradasi perancah berlangsung seiring dengan waktu dan adanya perbedaan nilai degradasi antar kelompok konsentrasi pada tiap interval waktu.

Degradasi gelatin merupakan terurainya molekul gelatin pada perancah. Degradasi gelatin dipengaruhi oleh beberapa hal seperti suhu inkubasi, durasi inkubasi, pelarut, tingkat keasaman, dan ikatan silang (*crosslinking*) (Bosch dan Gielens, 2003; Haugh *et al*, 2011; Saito dan Tabata, 2012). Seiring dengan inkubasi dan bertambahnya waktu, faktor-faktor

tersebut akan berpengaruh terhadap kestabilan perancah sehingga proses degradasi akan terus terjadi dan meningkat hingga perancah habis (Bosch dan Gielens, 2003; Haugh *et al*, 2011). Dalam penelitian ini faktor-faktor diatas telah dikendalikan dan masuk ke dalam variabel terkendali sehingga hanya perbandingan konsentrasi gelatin-CaCO₃ yang berpengaruh terhadap profil degradasi perancah koral buatan.

Perendaman perancah dalam PBS menimbulkan degradasi material. *Phosphate Buffered Saline* menguraikan ikatan molekul yang kekuatannya lebih lemah terlebih dahulu (Patel dan Dwidevi, 2013). Kekuatan ikatan kovalen antara molekul-molekul gelatin lebih lemah dibanding ikatan ionik antara molekul gelatin dan CaCO₃.

Ikatan kovalen molekul gelatin akan diurai terlebih dahulu dan akan melemah seiring dengan berjalanya waktu. Tahap terurainya ikatan molekul gelatin tergambar dari data nilai degradasi pada kelompok interval waktu 1, 3, dan 6 jam yang tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna antar kelompok konsentrasi. Melemahnya ikatan kovalen antar molekul gelatin menyebabkan penguraian berlanjut kepada ikatan ionik gelatin dan CaCO₃, sehingga pada akhirnya perbedaan konsentrasi gelatin-CaCO₃ memberikan pengaruh pada profil degradasi perancah. Gelatin memiliki gugus hidrofilik yang banyak sehingga ketika mendapat hidrasi yang tinggi, hidrogel gelatin akan mengembang dan mulai terdegradasi karena kekuatan antar rantai molekul tidak mampu menahan kekuatan dari luar (Dlukha dan Sari, 2014). Kekuatan antar rantai molekul yang dimaksud dalam penelitian ini adalah ikatan ionik

antara molekul gelatin dan CaCO_3 . Pengaruh konsentrasi gelatin- CaCO_3 terhadap profil degradasi perancah terlihat setelah melewati interval waktu 24 jam, data menunjukkan perbedaan yang bermakna antar kelompok konsentrasi.

Uji statistik Anova satu jalur menunjukkan terdapat perbedaan bermakna pada profil degradasi interval waktu perendaman PBS 24, 48, 96, dan HCl 1 jam pada masing-masing kelompok konsentrasi. Berdasarkan uji *post hoc Least Significant Difference (LSD)* kelompok konsentrasi gelatin- CaCO_3 4:6 memiliki perbedaan profil degradasi yang bermakna dibanding dengan kelompok konsentrasi 5:5 pada interval waktu 24 jam, 48 jam, 96 jam dan HCl 1 jam; dan kelompok konsentrasi gelatin 10% pada interval waktu 48 jam, 96 jam, dan HCl 1 jam. Kelompok konsentrasi gelatin- CaCO_3 5:5 dengan gelatin 10% tidak memiliki perbedaan yang bermakna pada ke-empat interval waktu tersebut. Kelompok konsentrasi 4:6 memiliki jumlah ikatan kovalen paling sedikit, dimana konsentrasi gelatin kelompok ini paling sedikit dibanding dua kelompok lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan kovalen pada kelompok konsentrasi 4:6 lebih cepat habis dan ikatan ionik terurai lebih awal dibanding dengan dua kelompok lainnya. Ikatan ionik yang lebih awal terurai menyebabkan perancah konsentrasi 4:6 menjadi perancah yang paling cepat terdegradasi secara keseluruhan.

Syarat penting suatu bahan agar dapat berikatan dengan tulang hidup adalah dengan terbentuknya lapisan apatit mirip tulang pada permukaan bahan di dalam tubuh. Para peneliti biomaterial sepakat bahwa terbentuknya

apatit pada material yang direndam dengan larutan simulasi cairan tubuh merupakan bukti ke-bioaktifan material tersebut, yang digunakan sebagai antisipasi kemampuan material untuk berikatan dengan tulang secara *in vivo* (Warastuti dan Suryani, 2013).

Crosslinking digunakan untuk mengontrol sifat mekanik dan daya tahan bahan dengan interkoneksi kimia jaringan gelatin. *Crosslinking* menciptakan ikatan peptida antara gugus karboksil (-COOH) dan gugus amina (-NH₂) molekul gelatin. Proses *crosslinking* menyebabkan perubahan struktural maupun biokimia seperti penurunan antigenitas, peningkatan sifat mekanik, mengurangi kelarutan, dan mengurangi tingkat biodegradabilitas (Sunarso *et al.*, 2011).

Secara struktural, tulang merupakan suatu komposit dari kolagen, pola hidrogel berbasis protein, dan unsur anorganik (karbonat apatit) yang merupakan komponen osteokonduktif (Chaeriyana *et al*, 2013). Sarkar *et al*, 2005 menggunakan MTA (*mineral trioxide aggregate*) sebagai pengisi saluran akar gigi dan menyimpan sampelnya pada PBS melaporkan bahwa kalsium pada MTA bereaksi dengan *phosphate* pada PBS dan membentuk hidroksiapatit. Pada penelitian ini dimungkinkan kalsium karbonat pada perancah dapat bereaksi dengan *phosphate* pada PBS dan membentuk karbonat apatit tipe A ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$) yang merupakan fase yang stabil secara termodinamika pada kondisi fisiologis. Karbonat apatit mengandung ion karbonat (CO_3^{2-}) untuk membentuk apatit bioaktif yang meningkatkan

disolusi dan sifat resorpsi oleh osteoklas dan digantikan tulang baru (Chaeriyana *et al*, 2013).

Gelatin mengalami degradasi cepat oleh enzim, sehingga perancah gelatin membutuhkan modifikasi dengan pencampuran bahan lain dan *crosslinking* untuk memperlambat kecepatan degradasi (Ratanavaraporn *et al.*, 2006). Penambahan CaCO_3 pada perancah gelatin menghadirkan ikatan antara ion R-COO^- gelatin dengan Ca^{2+} pada CaCO_3 . Proses *crosslinking* menyebabkan ikatan antar molekul gelatin menjadi erat dan rapat dengan molekul CaCO_3 .

Berdasarkan penelitian ini, degradasi perancah koral buatan dipengaruhi oleh konsentrasi gelatin dan kalsium karbonat (CaCO_3) dengan ikatan-ikatan pada perancah berupa ikatan interkoneksi molekul-molekul gelatin dan ikatan ionik gelatin dengan kalsium karbonat.