

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat dari keseluruhan data *mechanical properties, thermal properties*, analisa gugus fungsi dan morfologi biofilm di dapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari data *mechanical properties* yang didapatkan dalam penelitian ini sintesis komposit biofilm kitosan/PVA dalam asam asetat lebih baik dibandingkan dalam asam sitrat. Untuk nilai kuat tarik/TS biofilm bahkan lebih besar 225% dalam asam asetat dibandingkan dalam asam sitrat. Hal ini disebabkan oleh struktur dimer kitosan yang dapat dibentuk dalam pelarut asam asetat yang memungkinkan interaksi molekular dalam jaringan matriks dengan pelarut yang memberikan efek ikatan hirogen dan ionik yang lebih kuat, serta perubahan berat molekul kitosan dalam asam asetat yang lebih besar dibandingkan dalam asam sitrat. Hal lain yang mempengaruhi kekuatan mekanis biofilm adalah pengaruh suhu transisi gelas kitosan dalam kedua jenis pelarut tersebut yang akan menentukan penataan ulang struktur molekul lebih bersifat kristalin atau *rubbery*, untuk mendukung hal ini dalam penelitian berikutnya perlu dilakukan pengecekan dengan menggunakan XRD
2. *Hybrid polymer blending* kitosan dan PVA dapat memperkuat sifat mekanis biofilm, hal ini dapat dilihat dari trend kenaikan kekuatan biofilm/TS dan fleksibilitas/ EB sejalan dengan penambahan PVA ke dalam matriks dikarenakan PVA yang bersifat termoplastis dapat berperan sebagai IPN (*Interpenetrating network*) sehingga dapat memperbesar rongga hidrogel yang menyebabkan biofilm lebih padat/kuat dan fleksibel. Kompatibilitas yang baik antara kitosan dan PVA untuk meningkatkan kekuatan biofilm juga dapat dilihat dari kenaikan  $T_m$  (*melting enthalpy*) dari biofilm kompositnya.

3. Dari hasil pengujian sifat-sifat mekanis biofilm komposit tanpa *filler* , didapatkan nilai optimum ada pada rasio kitosan/PVA : 80/20. Pertimbangan pertama, dalam sintesis biofilm komposit kitosan dengan PVA sebagai polimer sintesis, kita mengharapkan formulasinya memiliki rasio kitosan yang lebih besar dibandingkan *material blending* dari polimer sintesisnya. Hal ini akan sangat menguntungkan baik dari sisi ekologi dan juga ekonomi. Kedua, kenaikan kuat tarik (TS) dari kitosan/PVA : 100/0 ke 80/20 paling signifikan jika dibandingkan dengan kenaikan pada rasio setelahnya di rasio pada komposit (bukan di material tunggal) yaitu 9,74 MPa di dalam asam sitrat dan 18,78 MPa di dalam asam asetat, sementara dengan penambahan nano *filler* didapatkan nilai TS sebesar 21,01 MPa dan 25,77 MPa berturut-turut untuk SiO<sub>2</sub> 2,5% dan CNC 10%. Jika dibandingkan dengan nilai kekuatan film pada *petroleum based film* yang berada di pasaran (dengan menggunakan standart ASTM d882) yaitu 13, 24,19 dan 27 MPa berturut-turut untuk jenis plastik LDPE, UV *degradable bag*, HDPE, PP. Dengan nilai kuat Tarik tersebut, bisa dikatakan kekuatan tarik biofilm komposit kitosan/PVA hasil sintesis dapat bersaing dengan polimer plastik buatan pabrik.
4. Penambahan nano *fillers* (CNC dan SiO<sub>2</sub>) ke dalam matriks kitosan/PVA terbukti dapat meningkatkan kekuatan, fleksibilitas dan elastisitas biofilm dibandingkan biofilm tanpa *filler*. Perbedaan kedua *filler* tersebut adalah efek penambahan *filler* terhadap kekuatan biofilm. Jika pada CNC, penambahan sebesar 2,5; 5 dan 10% meningkatkan TS hampir linier sementara penambahan SiO<sub>2</sub> dengan besar konsentrasi yang sama pada awalnya mampu meningkatkan TS , namun pada konsentrasi lebih dari 2,5% terjadi penurunan TS hampir linear.
5. Hasil karakterisasi biofilm komposit kitosan/PVA hasil sintesis dengan DSC, FTIR dan SEM dapat disimpulkan sebagai berikut :
  - a. Nilai *melting enthalpy* T<sub>m</sub> kitosan murni dari 80,6°C menjadi 83,3°C pada komposit kitosan/PVA : 80/20 tanpa *filler* lalu naik menjadi 185,5°C, nilai kenaikan mencapai 123% ini sangat signifikan. Artinya bahwa efek penguatan/*reinforcement* CNC pada matriks kitosan/PVA telah terjadi

dikarenakan efektivitas dari dispersi nanopartikel selulosa (CNC) dalam matriks kitosan/PVA, disertai ikatan hidrogen dan interaksi ionik di dalam rantai polimer dan CNC.

- b. Terjadinya *crosslinking* tidak bisa diamati dari perubahan sifat-sifat mekanis karena tidak ada perbandingan antara biofilm komposit kitosan/PVA/CNC yang diperlakukan tanpa dan dengan *crosslinker*, namun bisa diamati dari hasil FTIR yang menunjukkan kemungkinan terbentuknya serapan khas dari ikatan pada gugus ester dari asam sitrat yang berikatan silang (*crosslinked*) dengan kitosan pada puncak  $1710\text{ cm}^{-1}$
- c. Penampakan agregasi/ketidakhomogenan dalam biofilm komposit kitosan/PVA/CNC tampak terlihat dari struktur biofilm dengan pengujian SEM.
- d. Efek sinergi antara *blending* PVA ke dalam kitosan, penambahan CNC sebagai *filler* dan *crosslinker* menghasilkan kenaikan sifat-sifat mekanis biofilm komposit kitosan/PVA yang disebabkan mekanisme ikatan hidrogen dan ionik inter dan intra molekul yang menyebabkan struktur biofilm lebih kuat, dan lebih fleksibel dan kekakuan (elastisitas) nya menurun. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji *mechanical properties*, FTIR dan DSC yang dibuat dalam bentuk Tabel di bawah ini.

Jenis film	Tensile Strength (MPa)
Biofilm komposit kitosan/PVA : 80/20 (dalam asam sitrat) hasil penelitian	9,74
Biofilm komposit kitosan/PVA : 80/20 (dalam asam asetat) hasil penelitian	18,78
Biofilm komposit kitosan/PVA : 80/20 (dalam asam sitrat)+SiO <sub>2</sub> 2,5% hasil penelitian	21,01
Biofilm komposit kitosan/PVA : 80/20 (dalam asam sitrat)+ CNC 10% hasil penelitian	25,77
HDPE	19
LDPE	13
UV <i>degradable bag</i> ,	24
PP	27

Tabel 5.1 Hasil *Mechanical Properties* berbagai jenis plastik dengan standart ASTM d882

Film Komposit	Transisi gelas (T <sub>g</sub> )		Entalpi peleburan (T <sub>m</sub> )		Dekomposisi	
	Temp (C)	DSC (μW/mg)	Temp (C)	DSC (μW/mg)	Temp (C)	DSC (μW/mg)
PVA	98,02245	-221,414	222,8953	-1367,23	274,7148	-2045,24
Kitosan	-	-	80,6260	-278,047	284,1774	-609,651
Ki/PVA : 80/20 (asam asetat)	-	-	83,3088	-29,9712	267,123	-570,749
Ki/PVA : 80/20 (asam sitrat)+ CNC 10%	-	-	185,4922	-514,787	343,7906	-886,231

Tabel 5.2 Hasil *Thermal Properties* biofilm komposit kitosan/PVA hasil penelitian

<b>PVA (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Kitosan dlm as. Asetat (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ki/PVA : 80/20 dlm As. Asetat (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ki/PVA : 80/20 dlm As. Sitrat (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ki/PVA: 80/20+CN C dlm As. Sitrat (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Gugus fungsi</b>
3271,87	3253,38	3257,17	3262,32	3334,76	OH lentur dan NH lentur
2938,41	2924,62	2924,54	2933,01	2904,32	CH alifatik lentur di CH <sub>2</sub>
2909,89	2880,53	-	-	-	-CH lentur
-	-	-	1710,63	1710,57	C=O dr ester (crosslinking)
1656,88	1634,93	1634,96	-	-	C=O dalam amida sekunder
-	1542,13	1547,94	1575,86	1572,16	lentur -NH primer
1418,50	-	-	-	-	-CH <sub>2</sub> lentur
1327,72	1406,66	1407,45	1386,18	1378,36	-NH lentur
-	-	-	1218,76	1226,49	Deformasi vibrasi C-H
-	1151,16	-	-	1153,41	
1086,01	1065,67	1066,32	1067,57	1055,13	lentur C-O-C asimetris
-	1023,17	1024,98	1030,37	1029,34	lentur C-O-C asimetris
-	-	-	-	896,51	C-O-C dari PVA
840,15	-	847,50	838,66	830,22	
-	648,18	648,45	-	-	Struktur sakarida (unit pengulangan kitosan)
-	558,54	558,44	558,26	557,20	

Tabel 5.3 Hasil FTIR biofilm komposit kitosan/PVA hasil penelitian