

Tinjauan Pengaruh Penambahan Jenis *Filler* terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi pada Bioplastik Pati Singkong

Albin Zuhdi Rafid, Hosta Ardhyanta, dan Vania Mitha Pratiwi

Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)

e-mail: hostaa@mat-eng.its.ac.id

Abstrak—Plastik konvensional merupakan peralatan yang telah banyak digunakan, namun memiliki permasalahan yang kompleks di lingkungan. Oleh karena itu dirancangnya sebuah inovasi pada bahan plastik yang lebih ramah lingkungan, yakni bioplastik. Bioplastik merupakan sebuah plastik biodegradasi ramah lingkungan yang terbuat dari bahan alam seperti pati. Pada proses pembuatannya, bioplastik ditambahkan sebuah filler untuk meningkatkan sifat-sifat yang ada pada bioplastik. Sehingga, kualitas plastik biodegradasi ini diharapkan dapat menyamai kualitas plastik konvensional sebelumnya, namun tidak merusak lingkungan. Adapun tujuan pada penelitian ini ialah untuk mengetahui bagaimana efek penambahan jenis-jenis filler terhadap sifat mekanik dan kemampuan biodegradasi bioplastik pati singkong. Filler yang digunakan pada tinjauan ini adalah Carboxymethyl Cellulose (CMC), Kenaf, Cellulose Nanofibers (CNF), Mikrokrystalin Selulosa (MCC), Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), Kalsium Karbonat (CaCO₃), Silika, Seng Oksida (ZnO), Kitosan, dan Clay. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan komparasi beberapa telaah jurnal dengan metode literature review. Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, penambahan filler akan berpengaruh secara signifikan. Penambahan filler akan meningkatkan kekuatan tarik dan modulus young, namun akan menurunkan elongasi bioplastik. Selain itu, penambahan filler pada bioplastik juga akan menurunkan kemampuan biodegradasi pada bioplastik.

Kata Kunci— Biodegradasi, Bioplastik, Filler, Pati, Singkong.

I. PENDAHULUAN

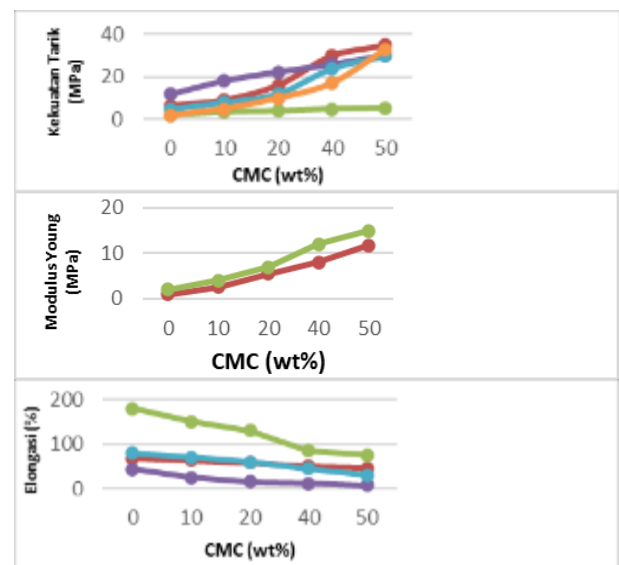
PLASTIK merupakan sebuah peralatan yang hampir tidak memungkinkan untuk dipisahkan dari bagian kehidupan seluruh kalangan umat manusia. Dalam kehidupan sehari-hari, plastik biasanya dimanfaatkan untuk keperluan packaging atau pengemasan seperti botol, kotak makanan, kantung plastik kresek, dan kemasan-kemasan lain. Pada dua dasawarsa terakhir ini, penggunaan kemasan plastik telah menjadi yang terbesar di dunia [1].

Akan tetapi, dibalik kemudahan penggunaannya, plastik juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan jika tidak digunakan secara bijak. Dampak negatif dari penggunaan plastik yang tidak bijak ialah dapat menimbulkan pencemaran lingkungan jika digunakan secara berlebihan, karena plastik membutuhkan waktu penguraian yang sangat lama, yakni 200-1000 tahun. Plastik yang terlalu lama berada di tanah akan menimbulkan racun bagi agen-agen pengurai seperti cacing, yang akan menghambat proses penyuburan tanah. Terlebih jika limbah plastik dibuang ke sungai, tentunya akan dapat menyebabkan bencana seperti banjir dan kerusakan tanggul air [2].

Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengatasi kerugian-kerugian akibat permasalahan pencemaran lingkungan oleh limbah plastik konvensional tersebut. Solusi

Tabel 1.
Pengaruh penambahan CMC

Material (%)		CMC (%)	Sifat Mekanik		
Pati	Plasticizer		Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100	40	0	6,5		67
95		5	7,5		65
90		10	9		63
85		15	11		61
80		20	16		58
80	50	20	4		130
60		40	5		85
40		60	6		81
20		80	7		78
0		100	8		76
50	30	50	30,4	11,7	
100	30	0	5		44
90		10	8		25
80		20	12		16
70		30	13		11
60		40	24		3
100	40	0	8	4	80
80		20	10	7	60
60		40	17	12	45
50		50	33	15	30

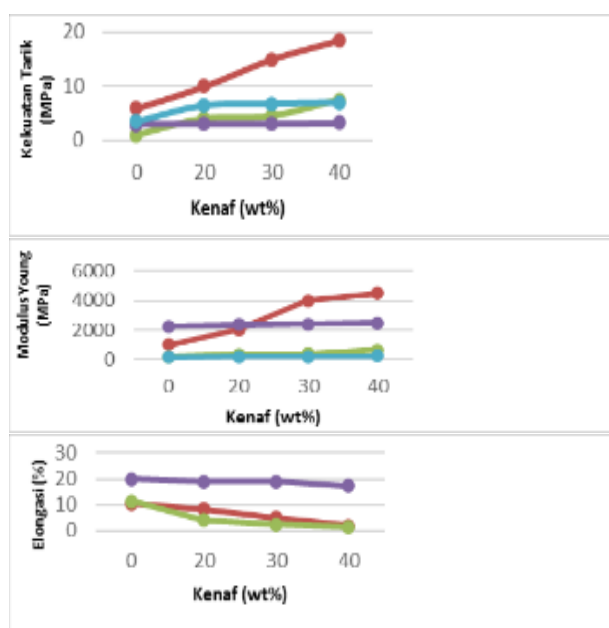


Gambar 1. Penambahan CMC terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.

yang dapat digalakkan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan merubah pemakaian plastik konvensional yang pada awalnya merupakan plastik yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, menjadi plastik yang lebih ramah lingkungan. Dan alternatif yang dapat diupayakan tersebut ialah dengan mengganti plastik konvensional dengan plastik yang berbahan dasar alami yaitu Plastik *Biodegradable* atau Bioplastik. Bioplastik merupakan jenis plastik yang memiliki fungsi yang sama seperti layaknya plastik konvensional, namun dapat terdegradasi dengan mudah oleh alam dan mikroorganisme. Bioplastik

Tabel 2. Pengaruh penambahan kenaf

Material (%)			Sifat Mekanik		
Pati	Plasticizer	Kenaf (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
70	-	30	15	4000	0,5
100	35	0	6	200	11,5
90		10	7,2	300	10
80		20	8,3	350	4
70		30	10,6	390	2,5
60		40	13,1	660	1,5
100	15	0	2,98	2240	19,8
80		20	3,13	2350	18,9
60		40	3,29	2470	17,4
40		60	3,45	2590	10,4
20		80	3,62	2720	16,2
0		100	3,80	2860	15,4
100	50	0	3,5	150	
80		20	6,5	175	
60		40	7	225	
40		60	8	325	



Gambar 2. Penambahan kenaf terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.

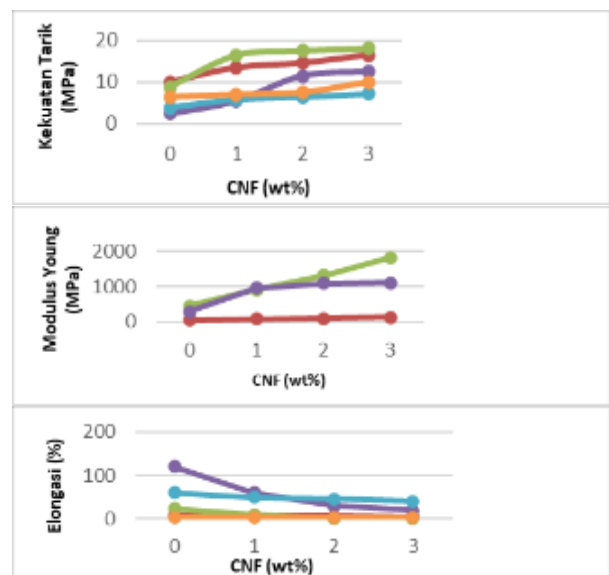
merupakan jenis plastik yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti pati, selulosa, galaktomanan, dan lain sebagainya. Namun, bioplastik tidak dapat terdiri dari hanya satu komponen saja, karena bioplastik memiliki karakteristik mekanik yang cukup rendah, sehingga dibutuhkan komponen-komponen lainnya untuk memperkuat karakteristik mekanik yang ada pada bioplastik [3].

Komponen yang dapat ditambahkan dalam pembuatan bioplastik yaitu bahan pengisi atau *filler*. *Filler* merupakan sebuah bahan pengisi pada suatu bahan material, yang bertujuan untuk meningkatkan atau merubah karakteristik suatu material. *Filler* merupakan bahan yang seringkali digunakan dalam pembuatan bioplastik, karena *filler* memiliki properti-properti yang dibutuhkan oleh bioplastik untuk meningkatkan kualitasnya.

Selain itu, *filler* juga merupakan bahan yang mudah didapatkan dan memiliki harga yang murah. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk *me-review* berbagai macam penelitian tentang jenis - jenis *filler* pada bioplastik serta bagaimana pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan biodegradabilitas pada bioplastik.

Tabel 3. Pengaruh penambahan CNF

Material (%)			CNF (%)	Sifat Mekanik		
Pati	Plasticizer			Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100	17	0	10	534	8	
99		1	13,4	821	7,2	
98		2	14,5	1023	6,7	
97		3	16,4	1258	6,2	
96		4	18,1	1442	5,3	
100,0	30	0	8,8	455,3	23,0	
99,5		0,5	11,8	622,9	8,9	
99,0		1,0	16,4	914,9	8,8	
98,5		1,5	16,8	1056,0	3,0	
98,0		2,0	17,5	1317,0	1,9	
100	23	0	2,5		120	
99		1	5,5		60	
98		2	11,5		30	
97		3	12,5		20	
100	30	0	3,9	299,0	59,8	
99		1	5,9	956,9	49,2	
98		2	6,5	1085,3	45,1	
100	30	0	6,5		4	
98		2	7,5		3	
96		4	12,5		2	



Gambar 3. Penambahan CNF terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.

II. RUANG LINGKUP TUJUAN

Material yang dibahas pada tinjauan ini adalah sebagai berikut:

A. Pati Singkong

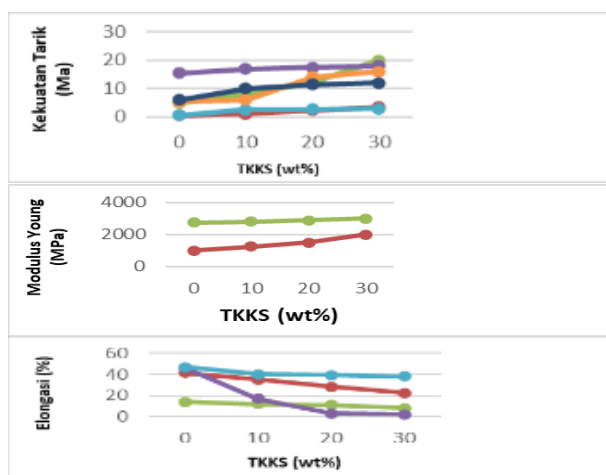
Merupakan zat tepung yang tersusun atas gabungan karbohidrat dan glukosa yang terdiri dari dua elemen inti, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa terbentuk dari polimer linear atau polimer rantai lurus D-glukosa dengan ikatan α -1,4-glukosa [4]. Amilosa berperan dalam meningkatkan sifat keras dan amilopektin berperan dalam mengikat bioplastik [5].

B. Filler

Untuk meningkatkan sifat-sifat yang ada, bioplastik ditambahkan suatu elemen penguat atau filler. Pemakaian filler pada pembuatan bioplastik dikarenakan filler memiliki sifat yang terbarukan, memiliki sifat biodegradabilitas yang baik, dan ketersediaannya yang melimpah. Penambahan

Tabel 4. Pengaruh penambahan TKKS

Material (%)		Sifat Mekanik			
Pati	Plasticizer	TKKS (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100	25	0	0,6		41,6
90		10	1,1		35,3
70		30	2,4		22,6
50		50	3,4		19,6
100	30	0	5	1000	
80		20	12	1500	
60		40	27	2500	
50		50	30	2600	
100	30	0	15,5	2750	14
90		10	17	2800	12
80		20	17,5	2900	11
70		30	18	3000	8
100	25	0	0,5		
90		10	2,5		
70		30	3		
100	50	0	5,5		46
90		10	6		17
80		20	14		3
70		30	16		2
60		40	16,5		1
100	30	0	6		47
90		10	10		40
70		30	12		38
50		50	14		35
0		100	18		33



Gambar 4. Penambahan TKKS terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.

filler pada bioplastik dapat meningkatkan sifat-sifat mekanik seperti kekakuan, kekuatan, ketahanan gas, ketahanan leleh, kestabilan thermal, dan lain sebagainya [6]. Adapun filler yang digunakan pada tinjauan ini adalah *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), Kenaf, *Cellulose Nanofibers* (CNF), Mikrokrystalin Selulosa (MCC), Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), Kalsium Karbonat (CaCO₃), Silika, Seng Oksida (ZnO), Kitosan, dan Clay.

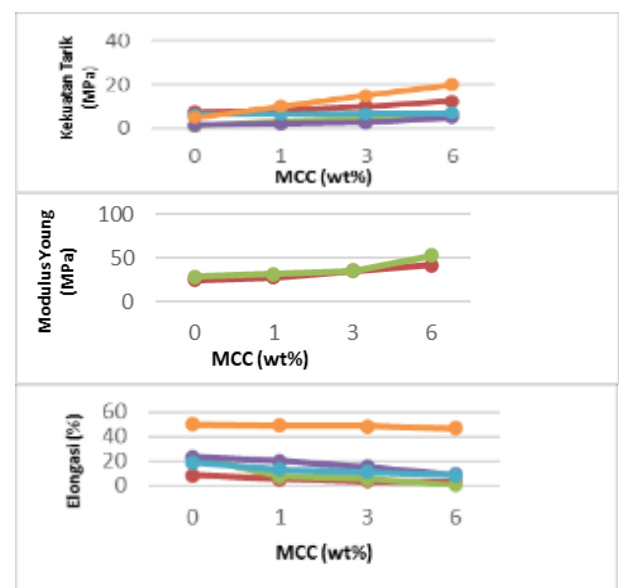
III. HASIL PEMBAHASAN

A. Pengaruh Penambahan CMC

Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan pengaruh penambahan CMC terhadap sifat mekanik bioplastik pati. Tabel 1 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati.

Tabel 5. Pengaruh penambahan MCC

Material (%)		Sifat Mekanik			
Pati	Plasticizer	MCC (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100		0	7,5		8,5
99		1	8,5		5
97	30	3	10,0		3,5
94		6	12,5		2,5
100		0	1,0		23
98		2	4,0		7
96	30	4	5,0		5
94		6	6,8		0,5
100		0	1,5	25	23
99	30	1	2,0	28	20
97		3	2,5	35	15
100		0	6,3	28,8	18,9
99		1	6,5	31,3	13,2
97	27	3	6,7	35,1	10,9
95		5	6,8	50,6	8,2
100		0	5		50
80		20	35		45
70		30	45		35
60		40	55		10



Gambar 5. Penambahan MCC terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.

B. Pengaruh Penambahan Kenaf

Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan pengaruh penambahan Kenaf terhadap sifat mekanik bioplastik pati. Tabel 2 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati.

C. Pengaruh Penambahan CNF

Tabel 3 menunjukkan pengaruh penambahan CNF terhadap sifat mekanik bioplastik pati. Tabel 3 dan Gambar 3 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati.

D. Pengaruh Penambahan TKKS

Tabel 4 dan Gambar 4 menunjukkan pengaruh penambahan TKKS terhadap sifat mekanik bioplastik pati. Tabel 4 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati.

E. Pengaruh Penambahan MCC

Tabel 5 dan Gambar 5 menunjukkan pengaruh penambahan MCC terhadap sifat mekanik bioplastik pati.

Tabel 6. Pengaruh penambahan CaCO₃

Material (%)			Sifat Mekanik		
Pati	Plasticizer	CaCO ₃ (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100		0	5	34	35
95	20	5	8	38	15
90		10	17	40	5
100		0	14,0	18,2	
98	28	2	18,6	19,7	
96		4	19,4	21,3	
94		6	22,4	24,1	
100		0	6		
98		2	8		
96		4	10		
94		6	17		
92		8	23		
90		10	24		
100		0	1,7	15	55
98	25	2	3,3	30	50
96		4	3,5	45	40
100		0	20		20
99		1	30		16
98	30	2	33		14
97		3	38		12
96		4	42		11
95		5	45		10

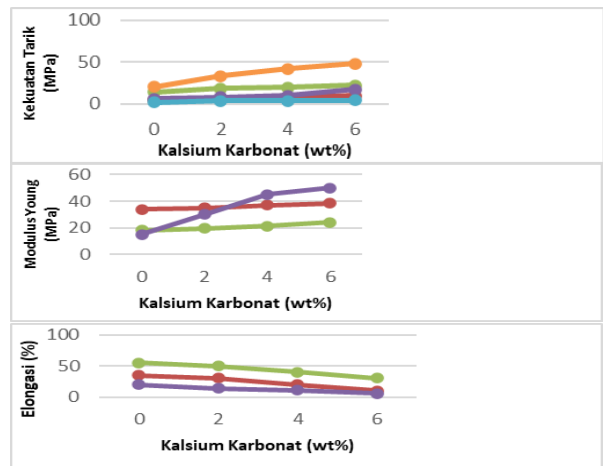
Tabel 7. Pengaruh penambahan silika

Material (%)			Sifat Mekanik		
Pati	Plasticizer	Silika (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100		0	4,0		400
99		1	5,5		300
97	25	3	7,0		250
95		5	8,0		200
90		10	8,5		100
100		0	19,2	847	290
99	5	1	22,8	1155	190
98		2	24,6	1238	170
100		0	9,3		150
99		1	9,5		130
98	30	2	10,5		125
97		3	11,5		120
96		4	14		115
95		5	15		100
100		0	31	1500	170
99		1	34	1550	150
98	40	2	36	1700	135
97		3	39	1850	120
95		5	42	1900	105

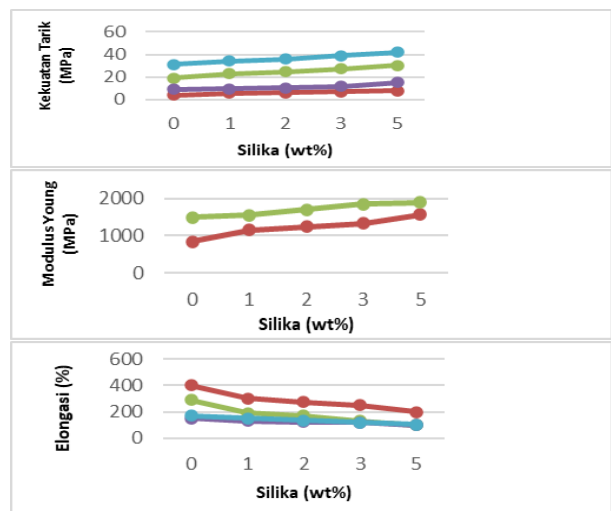
Tabel 8. Pengaruh penambahan ZnO

Material (%)			Sifat Mekanik		
Pati	Plasticizer	ZnO (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100	33	0	2		65
99		1	4		55
98		2	5		30
97		3	7		15
96		4	10		5
100	20	0	22,9		15,2
99		1	36,0		11,1
98		2	38,8		10,6
100	25	0	6		40
98		2	17		35
96		4	20		25
94		6	23		20
100	30	0	22,9		71,3
99		1	31,1		50,2
97		3	34,2		47,4
95		5	50,4		20,6
100	33	0	14,4	892	18,5
97		3	15,7	943	12,6
95		5	16,2	1160	8,7
93		7	18,7	1424	8,0
100	20	0	5		27
99		1	6		22
98		2	7		17

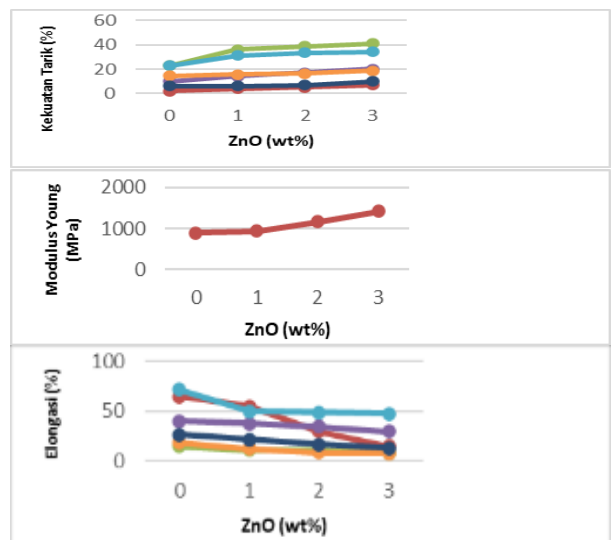
Tabel 5 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati.



Gambar 6. Penambahan CaCO₃ terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.



Gambar 7. Penambahan silika terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.



Gambar 8. Penambahan ZnO terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.

F. Pengaruh Penambahan CaCO₃

Tabel 6 dan Gambar 6 menunjukkan pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap sifat mekanik bioplastik pati.

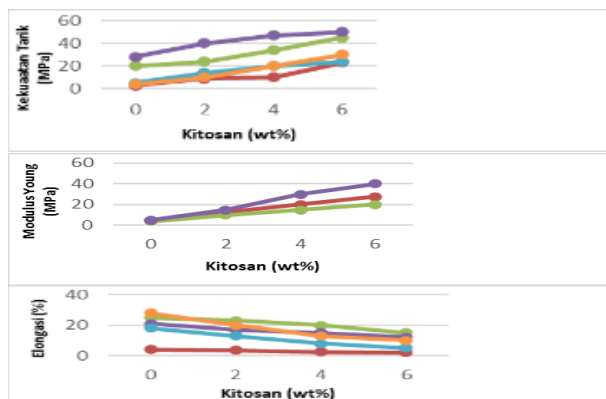
Tabel 6 dan Gambar 6 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati.

Tabel 9.
Pengaruh penambahan kitosan

Material (%)		Sifat Mekanik			
Pati	Plasticizer	Kitosan (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100		0	3	5	4,0
98	25	2	9	12,5	3,5
96		4	10	20	2,5
94		6	23	27,5	2,0
100		0	20	25	2,5
98		2	24	23	2,3
96		4	34	20	2,0
94	-	6	45	15	1,5
92		8	50	13	1,3
90		10	55	10	1,0
100		0	28	21	2,1
98		2	40	17	1,7
96		4	47	15	1,5
94	-	6	50	12	1,2
92		8	53	10	1,0
90		10	56	9	0,9
100		0	5	4	0,4
99		1	12	8	0,8
98	-	2	14	10	1,0
97		3	18	13	1,3
96		4	20	15	1,5
100		0	4		28
99		1	5		23
98	30	2	10		20
97		3	15		15
96		4	20		13

Tabel 10.
Pengaruh penambahan clay

Material (%)		Sifat Mekanik			
Pati	Plasticizer	Clay (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	Elongasi (%)
100		0	6,8		63,5
99		1	13,1		43,9
97	28	3	16,5		36,8
95		5	21,9		24,2
93		7	27,6		18,2
100		0	8,2		13,7
97	25	3	9,1		9,6
90		10	17,1		8,0
100		0	49,0	2338	6,1
99		1	55,9	2899	4,6
97	-	3	65,1	3173	3,5
95		5	70,3	3446	2,2
100		0	37		48
97	30	3	43		46
95		5	45		42
100		0	6,5	1280	48,0
90	-	1	18,8	5070	5,9
70		3	25,7	7110	4,0



Gambar 9. Penambahan kitosan terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.

G. Pengaruh Penambahan Silika

Tabel 7 dan Gambar 7 menunjukkan pengaruh penambahan silika terhadap sifat mekanik bioplastik pati. Tabel 7 dan Gambar 7 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati.

Tabel 11.
Analisis sifat mekanik

Material		Sifat Mekanik		
Pati (%)	Filler (%)	Kekuatan Tarik	Modulus Young	Elongasi (%)
100	CMC 0	6,5		67
95	CMC 5	7,5		65
90	CMC 10	9		63
85	CMC 15	11		61
80	CMC 20	16		58
100	Kenaf 0	6,0	200	11,5
90	Kenaf 10	7,2	300	10,0
80	Kenaf 20	8,3	350	4,0
70	Kenaf 30	10,6	390	2,5
60	Kenaf 40	13,6	660	1,5
100	CNF 0	2,5		120
99	CNF 1	5,5		60
98	CNF 2	11,5		30
97	CNF 3	12,5		20
100	TKKS 0	6		47
90	TKKS 10	10		40
70	TKKS 30	12		38
50	TKKS 50	14		35
0	TKKS 100	18		33
100	MCC 0	5		50
80	MCC 20	35		45
70	MCC 30	45		35
60	MCC 40	55		10
100	CaCO ₃ 0	5	34	35
95	CaCO ₃ 5	8	38	15
90	CaCO ₃ 10	17	40	5
100	Silika 0	4		400
99	Silika 1	5,5		300
97	Silika 3	7		250
95	Silika 5	8		200
90	Silika 10	8,5		100
100	ZnO 0	6		40
98	ZnO 2	17		35
96	ZnO 4	20		25
94	ZnO 6	23		20
100	Kitosan 0	4		28
99	Kitosan 1	5		23
98	Kitosan 2	10		20
97	Kitosan 3	15		15
96	Kitosan 4	20		13
100	Clay 0	6,8		63,5
99	Clay 1	13,1		43,9
97	Clay 3	16,5		36,8
95	Clay 5	21,9		24,2
93	Clay 7	27,6		18,2
Low Density Polyethylene (LDPE)		7,0 - 34,5	140 - 480	13 - 100

H. Pengaruh Penambahan ZnO

Tabel 8 dan Gambar 8 menunjukkan pengaruh penambahan ZnO terhadap sifat mekanik bioplastik pati. Tabel 8 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati

I. Pengaruh Penambahan Kitosan

Tabel 9 dan Gambar 9 menunjukkan pengaruh penambahan Kitosan terhadap sifat mekanik bioplastik pati. Tabel 9 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati.

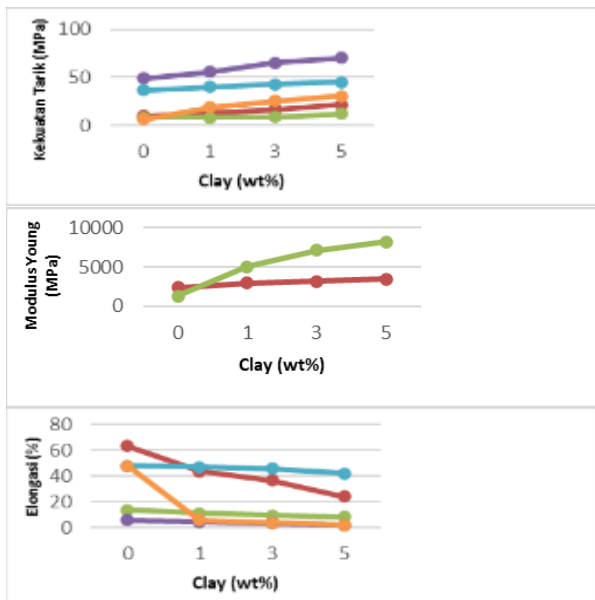
J. Pengaruh Penambahan Clay

Tabel 10 dan Gambar 10 menunjukkan pengaruh penambahan Clay terhadap sifat mekanik bioplastik pati. Tabel 10 menunjukkan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi, dan juga modulus young bioplastik pati

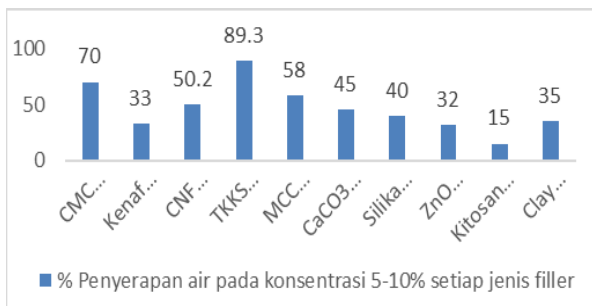
K. Analisis Sifat Mekanik

Tabel 11 dan Gambar 11 menunjukkan analisis sifat mekanik setiap filler dari salah satu jurnal yang konsentrasi penambahan fillernya menghasilkan nilai sifat mekanik sesuai range LDPE terbanyak.

Pada data tersebut, terlihat bahwa bioplastik sebelum dilakukan penambahan filler memiliki nilai kekuatan tarik



Gambar 10. Penambahan clay terhadap kekuatan tarik, modulus young, elongasi bioplastik.



Gambar 11. Perbandingan persentase penyerapan air.

yang terlalu rendah, serta tidak memenuhi syarat range nilai LDPE. Adapun konsentrasi penambahan filler yang memenuhi syarat sifat mekanik untuk menggantikan LDPE berdasarkan nilai kekuatan tarik, modulus young, maupun elongasinya diantaranya 5-20 wt% filler Carboxymethyl Cellulose (CMC), 2-3 wt% filler Cellulose Nanofibers (CNF), 10-100 wt % filler TKKS, 10 wt% filler Silika, 2-6 wt % filler Seng Oksida (ZnO), 2-4 wt % filler Kitosan, serta 1-7 % filler Clay. Sedangkan jenis filler yang tidak memenuhi syarat nilai sifat mekanik LDPE adalah Kenaf karena memiliki nilai elongasi yang terlalu rendah, kemudian MCC karena memiliki nilai kekuatan tarik yang terlalu besar, serta CaCO₃ karena memiliki nilai modulus young dan elongasi yang terlalu rendah. Adapun bioplastik pengganti jenis plastik LDPE tersebut dapat diaplikasikan sebagai bahan untuk mengemas makanan, wadah kantung belanja, serta mantel hujan yang lebih ramah lingkungan dan memiliki karakteristik sifat mekanik yang setara dengan plastik jenis LDPE.

L. Analisis Biodegradabilitas

Dari data Gambar 11 telah didapatkan hasil bahwa filler TKKS merupakan jenis filler atau bahan pengisi yang memiliki persentase penyerapan air tertinggi, yakni sebesar 89,3% penyerapan air. Hal ini menunjukkan bahwa filler TKKS merupakan filler yang paling baik kemampuan biodegradasinya, karena semakin tinggi persentase penyerapan airnya, maka filler tersebut akan semakin mudah untuk terdegradasi di alam, sehingga filler tersebut membutuhkan waktu degradasi yang singkat. Sifat hidrofilik pada serat filler TKKS, serta rendahnya massa jenis yang dimiliki menjadi faktor pendukung lain dari mudahnya filler TKKS ini untuk terdegradasi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur yang telah saya lakukan, maka telah didapatkan kesimpulan sebagai berikut: (1) Penambahan filler mempengaruhi sifat mekanik bioplastik. Peningkatan komposisi filler akan menaikkan nilai kekuatan tarik dan juga modulus young, namun akan menurunkan nilai elongasi pada bioplastik. Berdasarkan data yang diperoleh dari berbagai penelitian terkait penambahan filler pada bioplastik, terdapat beberapa filler yang penambahan konsentrasinya memenuhi syarat range nilai plastik jenis LDPE, yakni 5-20 wt% filler Carboxymethyl Cellulose (CMC), 2-3 wt% filler Cellulose Nanofibers (CNF), 10-100 wt % filler TKKS, 10 wt% filler Silika, 2-6 wt% filler Seng Oksida (ZnO), 2-4 wt% filler Kitosan, serta 1-7 % filler Clay. (2) Penambahan filler mempengaruhi laju biodegradasi pada bioplastik pati singkong. Peningkatan komposisi filler akan menurunkan kemampuan biodegradasi bioplastik. Beberapa penelitian mengenai pengaruh penambahan filler dengan konsentrasi 5-10 wt% terhadap kemampuan penyerapan air bioplastik menunjukkan bahwa filler TKKS memiliki persentase penyerapan air tertinggi yaitu sebesar 89,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. B. Surono, "Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak," *J. Tek.*, vol. 3, no. 1, pp. 32–40, 2013.
- [2] N. Qomariah and N. Nursaid, "Sosialisasi pengurangan bahan plastik di masyarakat," *J. Pengabd. Masy. Manag.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–55, 2020.
- [3] N. Sari, M. Mairisya, R. Kumiasari, and S. Purnavita, "Bioplastik berbasis galaktomanan hasil ekstraksi ampas kelapa dengan campuran polyvinyl alkohol," *METANA*, vol. 15, no. 2, pp. 71–78, 2019.
- [4] R. L. Whistler, J. N. Bemiller, and E. F. Paschall, *Satch: Chemistry and Technology*, 2nd ed. Orlando, Florida: Academic Press, 1984.
- [5] A. K. Akbar and A. K. Febriani, "Uji kompresibilitas granul pati singkong dengan metode granulasi basah," *J. Ilm. JOPHUS J. Pharm. UMUS*, vol. 1, no. 01, pp. 7–11, 2019.
- [6] S. Pilla, *Handbook of Bioplastics and Biocomposites Engineering Applications*, 1st ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2011.