

Pengembangan Plastik *Photobiodegradable* Berbahan Dasar Ubi Ubi Jalar

Ganda Merisiyanto dan Lizda Johar Mawarani

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: lizda@ep.its.ac.id

Abstrak—Pengembangan plastik *photobiodegradable* berbahan dasar pati ubi jalar telah dilakukan dengan penambahan TiO_2 dan perlakuan penyinaran. Penyinaran dilakukan dengan dua jenis sinar yaitu matahari dan ultraviolet, hal itu dimaksudkan untuk mengaktifkan sifat fotokatalitik TiO_2 yang ditambahkan. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa pati ubi jalar memiliki temperatur gelatinisasi sebesar 75°C . Terlihat juga bahwa penyinaran menggunakan lampu UV memberikan pengaruh yang lebih besar daripada sinar matahari dalam meningkatkan derajat pengembangan sampel, menurunkan sifat mekanis, dan mempercepat laju degradasinya. Penambahan TiO_2 pada sampel juga berpengaruh yakni menyebabkan melebarnya puncak derajat pengembangan, menambah kekuatan tarik dan memperlambat laju degradasinya. Secara umum penyinaran selama 60 jam telah mengakibatkan sampel mengalami proses aging yang berakibat pada menurunnya derajat pengembangan, kekuatan tarik, dan laju biodegradasi, serta menyebabkan sedikit perubahan pada komposisinya.

Kata Kunci— ubi jalar, pati, plastik, *photobiodegradable*, TiO_2 , fotokatalitik

I. PENDAHULUAN

POLIMER sintesis sudah banyak digunakan secara luas pada setiap bidang kegiatan manusia [1]. Polimer sintesis berbahan dasar minyak bumi yang tidak dapat didegradasi oleh alam. Sifat yang dapat diprediksi dan mudah dibuat, menjadi keuntungan tersendiri bagi polimer sintesis [2]. Disisi lain kelangkaan minyak dan dampak negatif lingkungan mengharuskan adanya terobosan baru untuk mengurangi penggunaan polimer sintesis. Polimer ideal yang memiliki dapat hancur dan diserap oleh lingkungan pada rentang waktu tertentu sehingga diperlukan usaha untuk memanipulasi sifat-sifatnya ataupun menggabungkannya dengan polimer sintesis [3].

Dari berbagai jenis polimer alam, pati menjadi polimer alam yang mendekati sifat –sifat polimer ideal. Dapat terdegradasi seluruhnya oleh alam [3], murah dan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui [4], menjadikan pati sebagai polimer alami yang menjanjikan untuk dikembangkan lebih lanjut. Berbagai usaha telah dilakukan agar pati dapat diterapkan secara luas. Salah satunya dengan menjadikan pati sebagai bahan dasar plastik.

Tujuan penelitian ini adalah membuat plastik *biodegradeable* yang dapat menyerap ultraviolet sehingga mempercepat laju degradasinya. Merekayasa plastik agar memiliki sifat-sifat khusus dapat dilakukan dengan menambahkan aditif tertentu. Penggunaan aditif TiO_2 dimaksudkan untuk memberikan sifat *photocatalytic degradation* pada plastik dan pemilihan aditif TiO_2 dikarenakan sifatnya yang tidak beracun, sangat reaktif terhadap ultraviolet dan murah [5].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah bentuk eksperimen, pengujian untuk mendapatkan besarnya temperatur gelatinisasi merupakan tahap awal. Selanjutnya mencampurkan bahan-bahan diaduk selama 30 menit dengan *magnetic stirrer* agar campuran homogen. Langkah ketiga ialah memanaskan campuran pada suhu 75°C selama 15 menit dan pemanasan dihentikan. Pencetakan plastik dilakukan dengan menuangkannya di atas kaca dan untuk sampel bentuk dumbel dituangkan pada cetakan khusus yang terbuat dari karet silika. Langkah – langkah lengkap penelitian tersaji pada diagram alir Gambar 2.

A. Perlakuan Sampel Plastik

Sampel plastik kering dipotong – potong dengan dimensi 5 cm x 4 cm dan nantinya diberi perlakuan penyinaran. Perlakuan sampel dibagi menjadi dua jenis penyinaran, penyinaran langsung oleh sinar matahari dan penyinaran langsung dengan lampu ultraviolet.

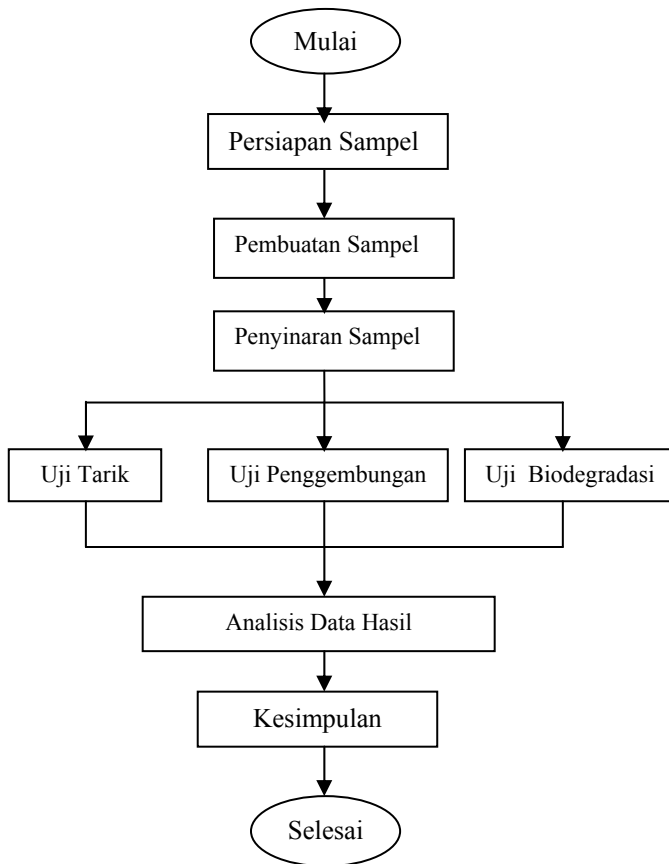
- Penyinaran matahari
Sampel disinari langsung di bawah matahari selama enam jam yang dimulai dari pukul 09.00 s.d 15.00 dengan posisi sampel 15° terhadap horizontal agar penyinaran dapat maksimal dan merata ke seluruh bagian sampel.
- Penyinaran lampu ultraviolet
Sampel disinari lampu ultraviolet 10 Watt merk Evaco selama 6 jam dan dalam kondisi gelap [3].

B. Pengujian Sampel

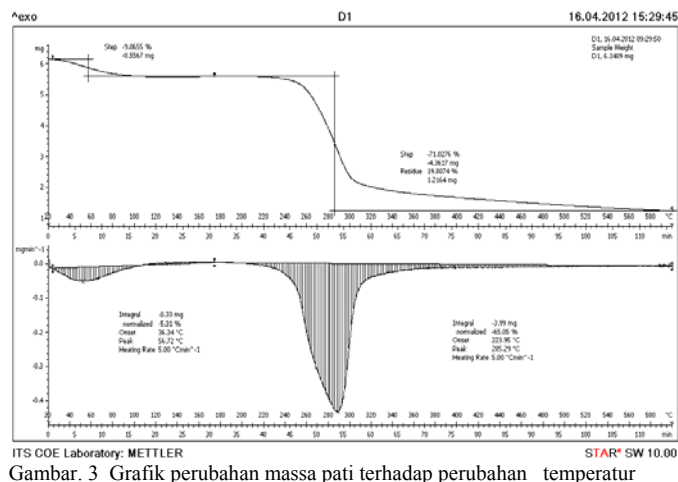
Pengujian awal adalah menentukan temperatur gelatinisasi pati ubi jalar menggunakan alat DSC-TGA Mettler. Uji pengembangan ditujukan untuk menguji daya serap plastik terhadap air. Sampel ditetesi dengan air di atas permukaannya dan didiamkan selama sehingga didapat selisih berat sebelum dan sesudah ditetesi dengan air.



Gambar. 1 Sampel plastik *photobiodegradeable* pati ubi jalar



Gambar 2. Diagram alir penelitian pengembangan plastik *photobiodegradable* berbahan dasar ubi jalar



Gambar. 3 Grafik perubahan massa pati terhadap perubahan temperatur

Untuk mengetahui sifat mekaniknya, plastik diuji menggunakan Autograph Shimidzu TE10. Didapatkan nilai gaya (F) yang digunakan untuk menarik sampel sampai putus dengan *strain rate* 5mm/menit dan pertambahan panjang (l) sampel. Selanjutnya perhitungan kekuatan tarik (σ) dan elongasi (ϵ) menggunakan persamaan matematis di bawah ini.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \tag{2.1}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \tag{2.2}$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai modulus Young maka digunakan persamaan

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \tag{2.3}$$

Pengujian terakhir adalah memasukkan sampel ke dalam 40 ml bakteri pengompos EM4. Sampel ditimbang setiap hari selama 10 hari untuk memperoleh pengurangan massa sampel akibat terdegradasi oleh mikroorganismenya. Ukuran dan bentuk sampel dibuat sesuai dengan standar pengujian ASTM E8 yang berbentuk dumbel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

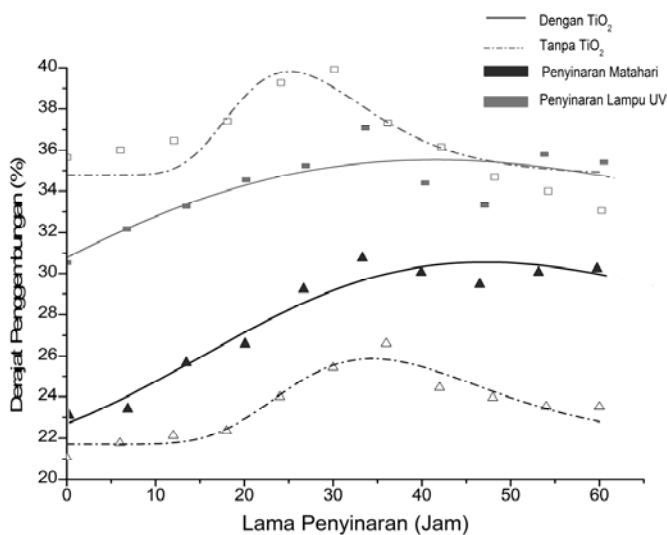
A. Temperatur Gelatinisasi

Pada pembuatan sampel plastik melibatkan beberapa macam perubahan fasa, gelatinisasi menjadi suatu faktor yang penting karena sangat terkait dengan faktor yang lainnya, dan merupakan teknik dasar dalam konversi pati agar menjadi polimer termoplastik [6].

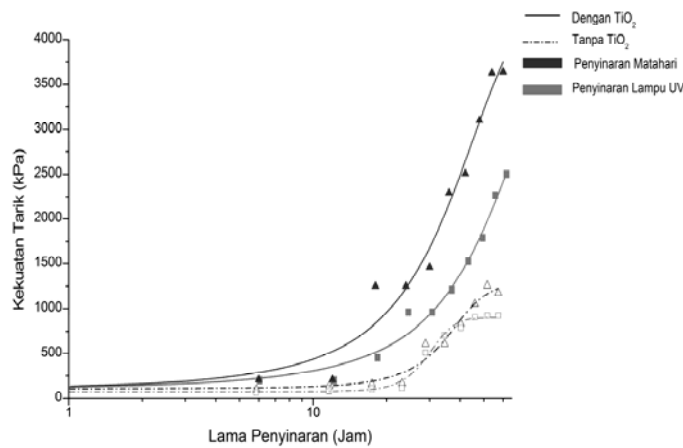
Gelatinisasi pada pati memiliki beberapa tahapan yang dapat diketahui melalui hasil *scanning* DSC-TGA pada Gambar 3. Pati memiliki struktur berupa kristal dan terdiri dari dua buah rantai yang berbeda yaitu amilase (linier) dan amilopektin (cabang). Struktur kristal butir pati akan mengalami kerusakan ketika dipanaskan di dalam air. Pati mulai dikenakan perlakuan termal pada temperatur 20° C, pemanasan yang kontinyu sampai temperatur 60° - 80° C terjadi pemisahan antara amilase dan amilopektin. Amilopektin mengalami perubahan fasa menjadi amorf, fasa dimana pati berada pada fasa peralihan antara padatan dan cairan. Pemanasan setelah temperatur 80° C menyebabkan kandungan air pada pati semakin kecil, mengindikasikan bahwa pati mulai menjadi fasa padatan yang kemudian pati menjadi benar-benar mengering dan rusak seiring dengan perlakuan panas yang semakin meningkat. Kesimpulan bahwa temperatur gelatinisasi pati ubi jalar berkisar pada suhu 60° - 80° C dan jika dibandingkan dengan pati dari bahan baku lainnya seperti jagung 62° - 72° C [7] temperatur gelatinisasi pati ubi jalar berada pada rentang pengukuran yang hampir sama.

B. Derajat Penggembungan

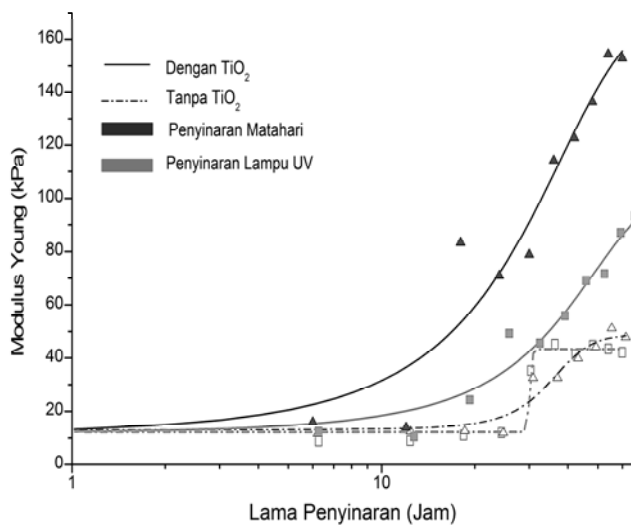
Berbeda dengan polimer alami yang lain, pati memiliki butir yang khas dan melibatkan perubahan fasa yang kompleks ketika dikenakan perlakuan panas, salah satunya adalah



Gambar 4. Derajat pengembangan sampel



Gambar 5. Kekuatan tarik sampel dengan berbagai perlakuan



Gambar 6. Modulus young sampel dengan berbagai perlakuan

dipanaskan pada temperatur gelatinisasi (75° C), ikatan rantai hidrogen pada pati mulai rusak dan molekul air menyusup masuk ke gugus hidroksil pada molekul pati mengakibatkan pengembangan [6].

Berdasarkan gambar 4. dapat diketahui bahwa derajat pengembangan sampel plastik semakin meningkat seiring bertambahnya waktu penyinaran sampel. Setelah mencapai puncak pengembangan cenderung terjadi penurunan derajat pengembangan. Perilaku ini disebabkan oleh perubahan struktur ikatan pada sampel akibat *aging*. Penyinaran pada sampel menyebabkan rusaknya ikatan rantai pada sampel. Penyinaran mempercepat proses *aging* yang pada akhirnya mengubah amilopektin yang semula berbentuk *gell ball* berubah menjadi amilopektin berantai cabang. Sifat TiO_2 sebagai fotokatalis mempercepat rusaknya ikatan rantai molekul sampel plastik. Penambahan TiO_2 dapat mempercepat proses *aging* sehingga memiliki penurunan derajat pengembangan yang lebih besar pada lama waktu penyinaran yang sama.

C. Sifat Mekanik

Plastik berbahan dasar pati tidak dapat dibuat tanpa adanya tambahan pemlastis. Terdapat banyak jenis pemlastis, air dan gliserol merupakan pemlastis yang banyak digunakan secara luas. Sangat jarang ditemui plastik yang hanya menggunakan air sebagai pemlastis karena sifat mekaniknya yang lemah dan mempercepat proses retrodegradasi [6]. Penambahan gliserol digunakan untuk memperbaiki sifat mekaniknya agar lebih plastis.

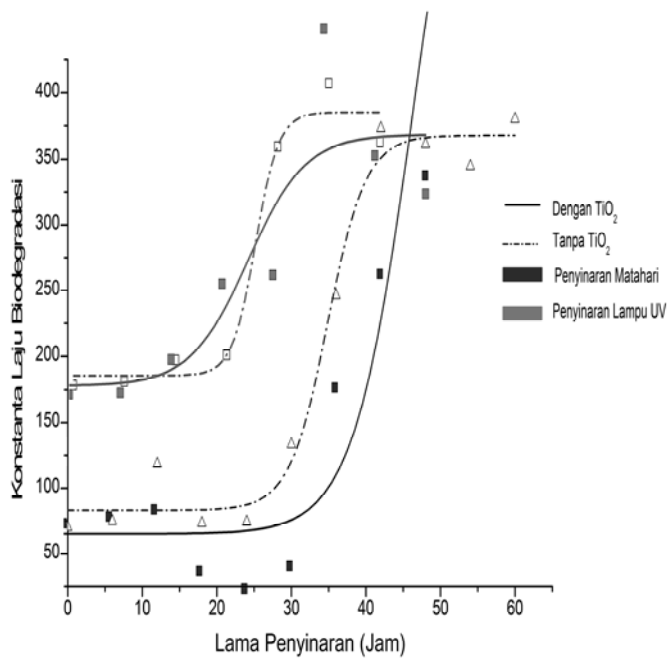
Kekuatan tarik sampel sangatlah rendah jika dibandingkan plastik sejenisnya, misalkan pada plastik biodegradable berbahan dasar glukomanan memiliki kuat tarik 27,5-800 Kpa [8]. Secara keseluruhan bertambahnya kekuatan tarik sampel akan semakin bertambah seiring bertambah lamanya penyinaran dilakukan [9]. Pada sampel tanpa penambahan TiO_2 memiliki pola yang hampir sama dengan grafik derajat pengembangan. Berubahnya *gell ball* amilopektin ke fasa kristal mempermudah putusannya ikatan rantai molekul. Penyinaran menggunakan lampu ultraviolet mempercepat putusannya rantai ikatan sehingga kekuatan tarik lebih cepat mengalami penurunan. Pola naiknya kuat tarik sampel dengan penambahan TiO_2 diakibatkan semakin berkurangnya kandungan air pada plastik. Dinyatakan dalam konstanta kekuatan tarik sampel dengan penambahan TiO_2 memiliki konstanta yang lebih besar dan penyinaran oleh lampu ultraviolet menyebabkan konstanta kekuatan tarik yang lebih kecil

Parameter yang lain dalam evaluasi sifat mekanik adalah Modulus Young, yang merupakan perbandingan antara besarnya tegangan terhadap regangan.

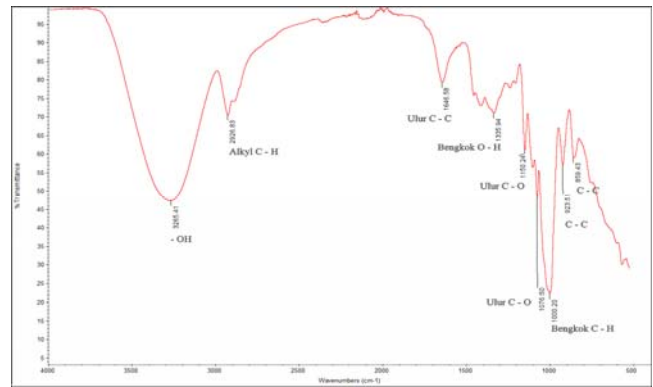
D. Kemampuan Biodegradasi

Kemampuan plastik terdegradasi secara keseluruhan meningkat seiring bertambahnya lama penyinaran. Sampel dengan penambahan TiO_2 terdegradasi lebih lambat dibandingkan dengan sampel tanpa penambahan TiO_2 .

pengembangan. Pada temperatur awal 20° - 60° C, struktur butir pada pati masih stabil dan kompleks. Ketika suspensi



Gambar 7. Laju degradasi sampel dengan berbagai perlakuan



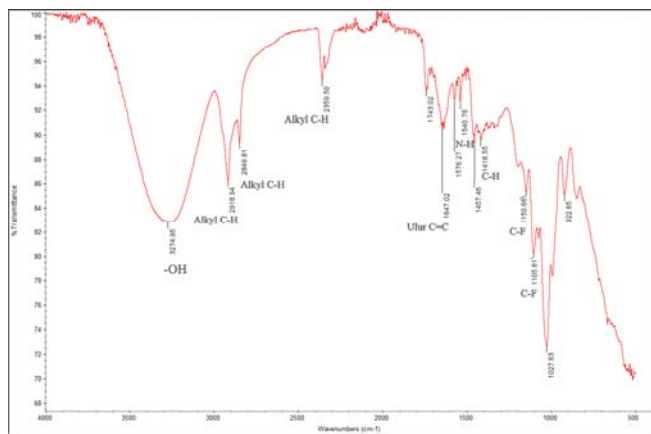
(c)

Gambar 8. Hasil pengujian FTir sampel dengan penambahan TiO₂ (a) Penyinaran matahari 0 jam (b) Penyinaran matahari 6 jam, (c) Penyinaran matahari 60 jam.

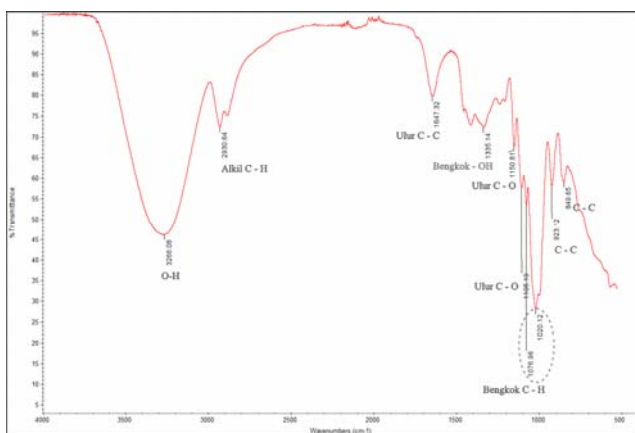
Dimungkinkan rendahnya laju degradasi tersebut disebabkan oleh sulitnya mikroorganisme membutuhkan waktu lebih lama untuk menguraikan partikel TiO₂. Dugaan ini didasarkan pada kurva laju degradasi yang lebih landai dibandingkan dengan sampel tanpa penambahan TiO₂.

E. Gugus Fungsi

Fourier Transform infraRed atau yang lebih dikenal FTIR, digunakan untuk mengidentifikasi jenis ikatan gugus fungsi yang dimiliki oleh suatu bahan termasuk plastik. Dalam FTIR gugus fungsi tertentu memiliki nilai gelombang yang unik, unik berarti tidak akan ada dua atau lebih gugus fungsi memiliki bilangan gelombang pada range yang sama. Pada sampel dengan penyinaran 0 jam terdapat beberapa puncak gugus fungsi yang tidak muncul pada sampel dengan lama penyinaran 6 dan 60 jam. Misalkan pada panjang gelombang 3000-2500 cm⁻¹, terdeteksi bahwa sampel dengan penyinaran 0 jam memiliki dua gugus fungsi alkil C-H yaitu pada panjang gelombang 2918.94 cm⁻¹ dan 2849.81 cm⁻¹. Namun pada sampel hanya muncul satu gugus fungsi C-H yaitu pada panjang gelombang 2930.64 cm⁻¹ untuk sampel dengan lama penyinaran 6 dan 2926.83 cm⁻¹ pada sampel dengan lama penyinaran 60 jam. Hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan komposisi sampel diakibatkan oleh perilaku penyinaran pada lama waktu 60 jam. Pada beberapa puncak terdapat beberapa puncak dengan kandungan gugus fungsi yang sama, misalkan gugus hidroksil (-OH). Pada rentang gelombang 3650-3200 cm⁻¹ merupakan rentang bilangan gelombang yang dimiliki gugus fungsi alkohol (-OH). Bentuk kurva gugus fungsi alkohol mirip seperti huruf U dan cenderung landai, dapat kita pastikan pada kedua sampel yang diuji memiliki gugus fungsi alkohol, yaitu pada bilangan gelombang 3266 cm⁻¹ dan 3265 cm⁻¹. Untuk gugus fungsi lainnya disajikan pada Tabel 2.



(a)



(b)

Tabel 2.

Dugaan jenis gugus fungsi hasil pengujian FTiR [9]

Jenis Sampel	Rentang Bilangan Gelombang (cm)	Dugaan Jenis Gugus Fungsi
TiO2 Penyinaran Matahari (0 jam)	3650 – 3200	3274.95 (-OH)
	3000 - 2500	2918.94 (Alkyl C-H)
		2849.81 (Alkyl C-H)
		2359.50 (Alkyl C - H)
	1680 - 1620	1647.02 (Ulur C=C)
	1650 - 1550	1576.27 (N - H Bengkok)
		1540.76 (N - H Bengkok)
1510-1450	1457.46 (C=C-Aromatik)	
1420-1410	1418.55 (C - H Vinil)	
1150-1000	1150.66 , 1105.81 (C-F)	
TiO2 Penyinaran Matahari (6 jam)	3650 – 3200	3266.08 (-OH)
	3000 - 2500	2930.64 (Alkyl C-H)
	1680 - 1620	1647.32 (Ulur C=C)
	1410 - 1310	1335.14 (Bengkok -OH)
	1150 - 1050	1150.81 (Ulur C-O)
	1140 - 1070	1105.19 (Ulur C-O)
	1225 - 950	1020.12 (Bengkok C-H), 1076.96 (Bengkok C-H)
	1300-700	923.12 (C-C), 849.65 (C-C)
TiO2 Penyinaran Matahari (10 jam)	3650 – 3200	3265.41 (-OH)
	3000 - 2500	2926.83 (Alkyl C-H)
	1680 - 1620	1646.58 (Ulur C=C)
	1410 - 1310	1335.94 (Bengkok -OH)
	1150 - 1050	1150.24 (Ulur C-O)
	1140 - 1070	1076.50 (Ulur C-O)
	1225 - 950	1000.20 (Bengkok C-H)
1300-700	923.51 (C-C), 859.43 (C-C)	

[3] M. Ratajska dan S. Boryniec, "Physical and chemical aspects of biodegradation of natural polymer," *Reactive & Functional Polymer*, Vol. 38, No. 1 (1998, Sep.) 35-49.

[4] E. Chiellini dan R. Solaro, "Biodegradable polymeric materials," *Adv. Mater.*, Vol. 8, No. 4 (1996, Apr.) 305-313.

[5] V. Nair dan Sandhyarani, "Studies on the photodegradation of TiO₂ incorporated polyethylene film under visible white light and ultraviolet radiation," dalam *Proc. International Conference on Advances in Polymer Technology*, India (2010, Feb.) 338-341.

[6] Hongsheng Liua, Fengwei Xiea, Long Yua, Ling Chena dan Lin Li, "Thermal processing of starch-based polymers," *Prog. In Polymer Science*, Vol 34, No. 12 (2009, Des.) 1348-1369.

[7] Otto B. Wurzburg, *Modified Starches: Properties and Uses*, United States : CRC Press Inc. (1989).

[8] Susi Nurdayat, Tetty Kemala, Sudirman, dan Aloma Karo Karo, "Pengaruh penambahan anti uv tinuvin 783 terhadap karakteristik polivinil klorida," *Jurnal Sains Material Indonesia*, Vol. 6, No. 1 (2004, Okt.) 32-39.

[9] John Coates, "Interpretation of infara red spectra A practical approach," dalam *Encyclopedia of analytical chemistry*, USA: John Wiley & Sons (2006).

IV. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian sebagai berikut:

- Temperatur gelatinisasi pati ubi jalar adalah 75° C.
- Penyinaran menggunakan lampu UV memberikan pengaruh yang lebih besar daripada sinar matahari dalam meningkatkan derajat penggembungan sampel, menurunkan sifat mekanis, dan mempercepat laju degradasinya.
- Penambahan TiO₂ pada sampel menyebabkan melebarnya puncak derajat penggembungan, menambah kekuatan tarik dan memperlambat laju degradasinya.
- Penyinaran selama 60 jam telah mengakibatkan sampel mengalami proses *aging* yang berakibat pada menurunnya derajat penggembungan, kekuatan tarik, dan laju biodegradasi, serta menyebabkan sedikit perubahan pada komposisinya.
- Sampel yang dibuat kurang sesuai untuk plastik *photobiodegradable*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Vert, I. D. Santos, S. Ponsart, N. Alauzet, J. L. Morgat, J. Coudane, H. Garreau, "Degradable polymers in a living environment: Where do you end up?," *Polym. Int.*, Vol. 51, No. 10 (2002, Okt.) 840-844.

[2] L. S. Nair dan C. T. Laurencin, "Biodegradable polymers as biomaterials," *Prog. in Polymer Science*, Vol. 32, No. 8-9 (2007, Sep.) 762-798.