# MODIFIKASI BIOPLASTIK BERBASIS PATI-POLIVINIL ALKOHOL (PVA) DENGAN *CROSS-LINKING AGENT* ASAM SITRAT DAN PEMPLASTIS SORBITOL

**Yoga Pratama[1)], Bahruddin[2)], Idral[2)]**
[1)]Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, [2)]Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: yoga.yovi.yafiq1000@gmail.com

***ABSTRACT***

*Bioplastic characteristics are influenced by various parameters, including levels of cross linking agents (such as citric acid) and plasticizers (such as sorbitol). The research was to study the effect of citric acid and sorbitol levels on mechanical properties, cross linking (characterized by ester groups), and biodegradation of bioplastics based starch-polyvinyl alcohol (PVA). Bioplastic manufacturing is done by mixing sago starch -PVA (1: 3), sorbitol (10, 15, 20% w/w) and citric acid (2.5; 5; 7.5% w/w) at 90ºC for 55°C minutes, optimization of process conditions is determined by response surface methodology (RSM). The parameters tested include tensile strength test, elongation, and biodegradation. The most significant factor affecting all responses was the level of citric acid and sorbitol. The optimum process conditions were obtained at 4.8% w / citric acid content and sorbitol 11.4% w / w with a tensile strength response of 26,34 MPa, elongation 379%, and 49,18% biodegradation.*

***Keywords:*** *bioplastics, citrid acid, sorbitol, polyvinyl alcohol, RSM, sago starch*

## 1. Pendahuluan

Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas menghadapi berbagai persoalan lingkungan, yaitu sulitnya didaur ulang, dan tidak dapat diuraikan secara alami oleh mikroba di dalam tanah, sehingga terjadi penumpukan sampah plastik yang menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan. Seperti diketahui, plastik konvensional butuh 500 – 1000 tahun untuk terurai dalam tanah. Sulitnya penguraian ini membuat sampah plastik semakin menumpuk dan menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan (Sinaga dkk,. 2014). Salah satu usaha untuk mengurangi masalah sampah plastik yaitu dengan membuat plastik yang dapat didegradasi atau dikenal dengan plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* atau bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan (Agung, 2017). Salah satu sumber bahan baku yang menghasilkan bioplastik adalah pati. Jenis pati yang dapat digunakan sebagai bahan baku plastik *biodegradable* di antaranya pati umbi porang, pati biji durian dan pati dari kulit ubi kayu serta sagu (Kamsiati, 2017).

Film berbahan pati dan pektin memiliki elastisitas tinggi, tetapi bersifat rapuh sehingga mudah patah dan hidrofilik (sangat sensitif terhadap air). Karakter tersebut menyebabkan masalah apabila akan digunakan sebagai pengemas (Karouw dkk, 2017). Untuk memperbaiki sifat tersebut, maka diperlukan adanya modifikasi pati maupun penambahan *filler* dan *plasticizer*, sehingga bioplastik yang dihasilkan memenuhi standar kualitas bioplastik.

Penelitian mengenai pembuatan bioplastik telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu, Reddy dan Yang., (2010) telah melakukan penelitian *cross-linking* asam sitrat pada *starch films*, dalam

penelitian tersebut variabel yang digunakan 0,03 gr pati jagung, gliserol 0%, 15%, 20%, dan 30% (w/w), asam sitrat 0,5%, 1,5%, 2,5%, 5%, 10%, 15% (w/w), natrium hipofosfit 50% (w/w dari asam sitrat). Hasil terbaik penelitian tersebut dilihat pada hasil uji *tensile strength* ketika penambahan 15% gliserol dan 5% asam sitrat sebesar 24 MPa serta hasil uji FTIR menunjukkan bahwa adanya reaksi *cross-linking* ketika penambahan 5% asam sitrat yang terbaca pada *peak* 1724 $cm^{-1}$.

Shi dkk (2008) juga melakukan penelitian Efek asam sitrat pada sifat struktural dan sitotoksisitas film polivinil alkohol/pati. Dengan jumlah PVA:Pati adalah 3:1 dan 20% gliserol dari berat kering PVA:Pati. Penambahan asam sitrat dilakukan dari 0%-30% dari berat kering PVA:Pati. Sehingga diperoleh hasil terbaik pada penambahan 5% Asam sitrat dengan nilai *tensile strength* 48 MPa.

Sanyang dkk (2015) telah melakukan penelitianpengaruh jenis *plasticizer* dan konsentrasinya terhadap sifat tarik dan termal dari film *biodegradable* berbasis pati aren (arenga pinnata). *Plasticizer* yang digunakan yaitu gliserol, sorbitol, dan gliserol-sorbitol (1:1) yang akan ditambahkan ke dalam pati aren dengan jumlah (0, 15, 30 dan 45% b/b pati). Penambahan sorbitol 15% memberikan nilai terbaik uji tensile strength yaitu 28,35 MPa, sedangkan penambahan gliserol 30% b/b pati memberikan nilai terbaik pada uji elongasi yaitu 61,63% diikuti dengan sorbitol 45% b/b pati yaitu 50%.

Secara umum, penelitian sebelumnya bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik, morfologi dan biodegrabilitas bioplastik dengan memvariasikan komposisi agen cross linking (asam sitrat) dan *plasticizer*. Hasil karakteristik tidak konsisten seiring dengan perbedaan jenis dan komposisi bahan baku yang digunakan. Sehingga hal ini menjadi variabel perhatian utama peneliti untuk menutupi kekurangan bioplastik yang dihasilkan.

## 2. Metodologi Penelitian

### *Bahan Baku*

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pati sagu (selat panjang, Kepulauan Meranti Riau), polivinil alkohol, asam sitrat 98%, sorbitol dan pelarut aquades (PT. Brata *Chemical*).

### *Penyaringan Pati Sagu*

Penyaringan pati sagu bertujuan untuk membersihkan pati sagu dari pengotornya, yaitu dengan menggunakan ayakan. Pati sagu diletakkan didalam ayakan lalu ditampung dengan wadah untuk mendapatkan pati sagu yang bersih dari pengotor.

### *Pembuatan Bioplastik dan Pengujian*

Sebanyak 200 ml aquades ke dalam reaktor, kemudian dipanaskan hingga suhu 90$^{o}$C . lalu 10 gram pati sagu dicampurkan perlahan, lalu diaduk menggunakan *mechanical stirrer* diatas *hot plate* selama 15 menit dengan kecepatan 500 rpm lalu ditambahkan 30 gr PVA dan diaduk dengan perlakukan yang sama, kemudian ditambahkan sorbitol sesuai percobaan dengan perlakuan yang sama. Setelah itu, larutan asam sitrat ditambahkan kedalam campuran dan dilakukan pangadukan dengan *mechanical stirrer* pada suhu 90$^{o}$C selama 10 menit. Selanjutya, larutan homogen tersebut dituangkan kedalam cetakan kaca. Kemudian, film disimpan pada suhu ruang lebih kurang 3 x 24 jam hingga terbentuk *film* bioplastik. Lalu plastik dipisahkan dari cetakan dan dilakukan pengujian karakterisasi bioplastik (Shi dkk, 2008). Uji karakterisasi bioplastik yang akan dilakukan adalah sifat mekanik (ASTM D882), biodegradasi (*Soil burial test*), *water uptake* dan FTIR.

### *Rancangan Percobaan*

Data yang diperoleh dari penelitian ini akan diproses menggunakan metode RSM dengan model *Central Composite Design* (CCD) dengan menggunakan *software Design Expert* v10.0.0. RSM merupakan teknik statistik dan matematik yang digunakan untuk pengembangan, perbaikan, dan optimasi proses dengan cara memperkirakan hubungan antara variabel bebas dengan respon yang diamati sehingga

diperoleh informasi optimum variabel-variabel bebas yang mempengaruhi respon (Montgomery, 2013). CCD adalah rancangan percobaan berbasis desain faktorial, yang dapat mengestimasi model kuadratik untuk setiap respon. Berikut merupakan tempuhan rancangan percobaan.

**Tabel 1.** Tempuhan Rancangan Pecobaan

| Run | Natural Variables | | Coded Variabls | |
|---|---|---|---|---|
| | $\xi_1$ | $\xi_2$ | $x_1$ | $x_2$ |
| 1 | 10 | 2,5 | -1 | -1 |
| 2 | 10 | 7,5 | -1 | 1 |
| 3 | 20 | 2,5 | 1 | -1 |
| 4 | 20 | 7,5 | 1 | 1 |
| 5 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| 6 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| 7 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| 8 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| 9 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| 10 | 22,07 | 5 | α | 0 |
| 11 | 7,93 | 5 | -α | 0 |
| 12 | 15 | 8,535 | 0 | α |
| 13 | 15 | 1,465 | 0 | -α |

Keterangan:
$\xi_1$ (% b/b) = Kadar sorbitol
$\xi_2$ (% b/b) = Kadar asam sitrat

## 3. Hasil dan Pembahasan

### *Hasil Karakteristik Bioplastik*

Bioplastik yang telah dihasilkan lalu diuji sifat mekanik, biodegradasi dan cross-linking (gugus ester) sesuai standar, hasil yang didapat ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisa Respon

| *Std* | *Responses* | | |
|---|---|---|---|
| | $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ |
| 1 | 26,6 | 184 | 100 |
| 2 | 24,68 | 436 | 22,11 |
| 3 | 21,715 | 318 | 100 |
| 4 | 22,605 | 413 | 35,57 |
| 5 | 23,68 | 447 | 49,53 |
| 6 | 23,805 | 477 | 46,71 |
| 7 | 17,865 | 398 | 56,54 |
| 8 | 21,79 | 512 | 51,61 |
| 9 | 21,24 | 518 | 49,48 |
| 10 | 20,44 | 534 | 76,48 |
| 11 | 34,42 | 174 | 20,41 |
| 12 | 22,025 | 395 | 12,53 |
| 13 | 29,215 | 205 | 100 |

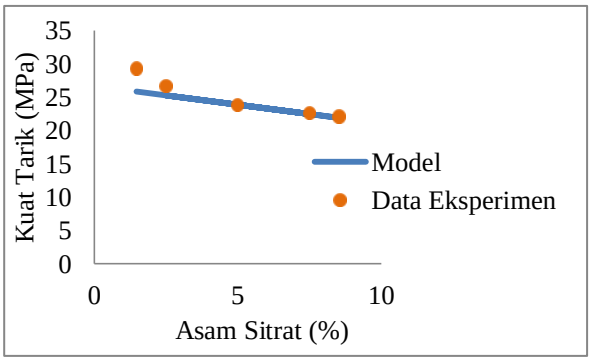
Keterangan:
$Y_1$ (MPa) = Respon Kuat Tarik
$Y_2$ (%) = Respon Elongasi
$Y_3$ (%) = Respon Biodegradasi

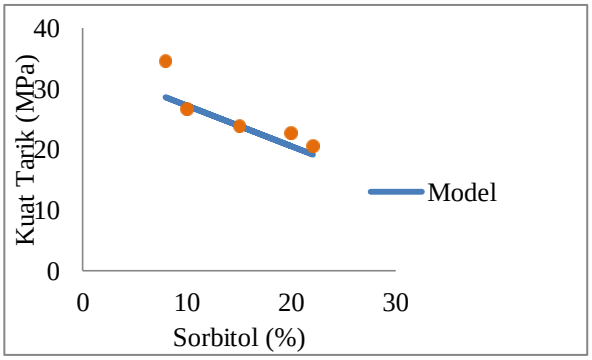
### *Kuat Tarik*

Hasil analisis RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon kuat tarik bioplastik. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linear dari model kuat tarik yang dituliskan pada persamaan 1. Berdasarkan persamaan dan ANOVA, variabel kadar sorbitol memiliki pengaruh paling besar terhadap respon kuat tarik, diikuti oleh pengaruh kadar asam sitrat. Kondisi ini dapat dituliskan ke dalam perbandingan $x_1 > x_2$.

$$Y_1 = 36{,}67587 - 0{,}66827x_1 - 0{,}55991x_2 \quad \textbf{(1)}$$

Persamaan 1 diplot dalam grafik perbandingan model dengan hasil percobaan yang didapat pada Gambar 1.




**Gambar 1**. Perbandingan nilai kuat tarik hasil perhitungan model dengan kuat tarik hasil percobaan

Berdasarkan data respon yang didapat dan hasil analisis ANOVA, menunjukkan bahwa sifat mekanik kuat tarik bioplastik yang dihasilkan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kadar asam sitrat. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan shi dkk 2007 dimana untuk konsentrasi CA yang rendah (< 10% w/w), CA berfungsi sebagai *cross-linking agent*, apabila konsentrasi CA ≥ 10% w/w maka CA bertindak sebagai *plasticizer* dimana penambahan jumlah CA akan menurunkan kuat tarik film plastik (Shi dkk, 2007).

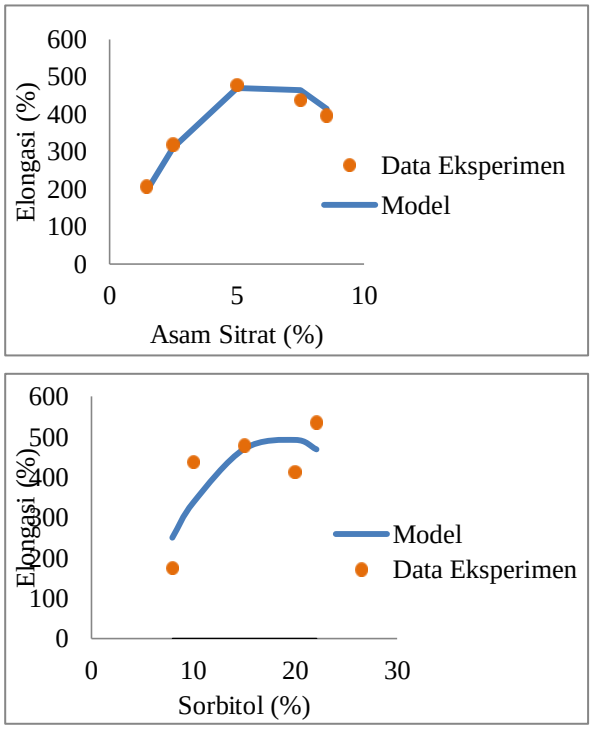
Kekuatan tarik bioplastik menurun seiring dengan bertambahnya kadar *plasticizer* sorbitol. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Sanyang dkk 2015, dimana penambahan sorbitol menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat tarik film bioplastik. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui peran plasticizer dalam mengurangi daya tarik intra-molekul yang kuat antara rantai pati dan mempromosikan pembentukan ikatan hidrogen antara plasticizer dan molekul pati. Dengan demikian, mengurangi kekuatan tarik film bioplastik dengan selanjutnya melemahkan ikatan hidrogen antara rantai pati (Sanyang dkk, 2015).

***Elongasi***

Hasil analisis variabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon elongasi bioplastik. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linear dari model elongasi yang dituliskan pada persamaan 2. Berdasarkan persamaan dan ANOVA, variabel kadar asam sitrat memiliki pengaruh paling besar terhadap respon elongasi, diikuti oleh pengaruh kadar sorbitol. Kondisi ini dapat dituliskan ke dalam perbandingan $x_2 > x_1$.

$$Y_2 = -981{,}23 + 97{,}81\ x_1 + 209{,}90 x_2 - 3{,}14\ x_1 x_2 - 2{,}22\ x_1^2 - 13{,}20\ x_2^2 \ldots \textbf{(2)}$$

Persamaan 2 diplot dalam grafik perbandingan model dengan hasil percobaan yang didapat pada Gambar 2.




**Gambar 2**. Perbandingan nilai elongasi hasil perhitungan model dengan elongasi hasil percobaan

Berdasarkan data respon yang didapat dan hasil analisis ANOVA, semakin banyak kadar asam sitrat dan sorbitol yang digunakan, maka persen elongasi akan meningkat. Pati merupakan polimer alam dalam bentuk butiran yang tidak dapat diproses menjadi material termoplastik karena kuatnya ikatan hidrogen intermolekular dan intramolekular. Molekul *plastizicer* akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi intermolekuler dan meningkatkan mobilitas polimer, sehingga dengan adanya air dan *plasticizer*, ikatan hidrogen tersebut dapat diputuskan. Selanjutnya mengakibatkan peningkatan elongasi dan penurunan kuat tarik seiring dengan peningkatan konsentrasi plasticizer (Sirait, 2015).

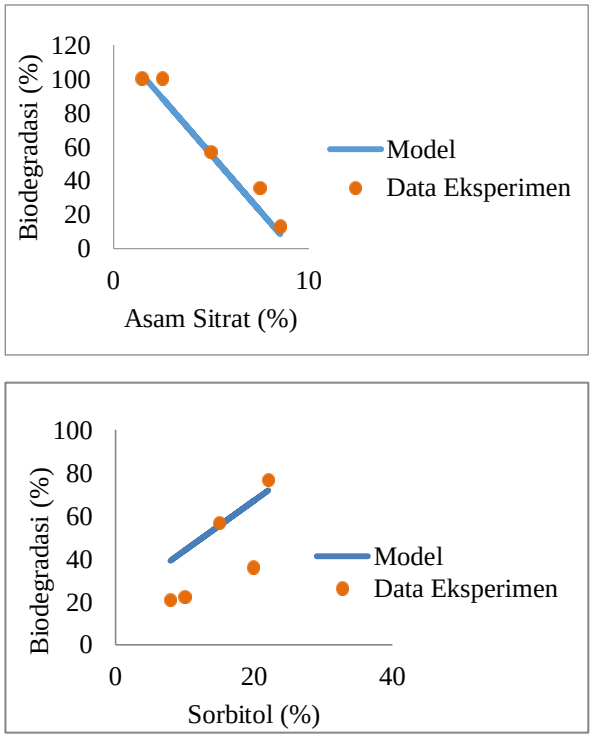
***Biodegradabilitas***

Hasil analisis RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon biodegradasi bioplastik. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan kuadratik dari model biodegradasi yang dituliskan pada persamaan 3. Berdasarkan persamaan tersebut variabel kadar sorbitol

memiliki pengaruh paling besar terhadap respon biodegradasi, diikuti oleh pengaruh jumlah asam sitrat. Kondisi ini dapat dituliskan ke dalam perbandingan $x_1 > x_2$.

$$Y_3 = 20{,}69524 - 0{,}66622x_1 - 0{,}55581x_2 \ldots \textbf{(3)}$$

Persamaan 3 diplot dalam grafik perbandingan model dengan hasil percobaan yang didapat pada Gambar 3.




**Gambar 3.** Perbandingan nilai biodegradasi hasil perhitungan model dengan biodegradasi hasil percobaan

Berdasarkan data respon yang didapat dan hasil analisis ANOVA, bioplastik mengalami penurunan degradasi dengan bertambahnya jumlah kadar asam sitrat yang ditambahkan. Hal ini terjadi karena ikatan antara gugus karboksil asam sitrat dengan gugus hidroksil pada pati menyebabkan berkurangnya gugus hidroksil pati sehingga ketahanan bioplastik terhadap air (*water resistibility*) meningkat (Ghanbarzadeh dkk, 2010). Peningkatan *water resistibility* menyebabkan air yang terdapat didalam tanah tidak dapat berinteraksi dengan pati sehingga degradasi berjalan lebih lambat. Kenaikan biodegradasi bertambah dengan bertambahnya kadar *plasticizer*, semakin meningkatnya kadar *plasticizer* sorbitol maka semakin besar nilai biodegradasi sehingga bioplastik mudah terurai. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari sorbitol yang mempercepat waktu degradasi dan penurunan berat sampel. Sorbitoll menyerap air yang terkandung di dalam tanah. Hal itu mempengaruhi proses degredasi dari film plastik.

Pernyataan ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Hendri (2017). Gugus hidroksil (OH) yang terdapat pada sorbitol bersifat mudah menyerap air (hidrofilik), sehingga pemutusan ikatan matriks lebih mudah terjadi. Bioplastik dengan gugus fungsi C=O dan COOH mengindikasikan adanya kemampuan mudah terurai dimana masing-masing gugus fungsi OH, CO karbonil dan COOH ester bersifat hidrofil sehingga mikroorganisme dapat memasuki matriks bioplastik tersebut. Sebaliknya penurunan nilai biodegradasi terjadi karena penambahan kadar asam sitrat yang berlebih. Hal ini disebabkan karena asam sitrat bersifat anti oksidan sehingga dapat memperlama umur simpan suatu produk.

## Kesimpulan

Semakin besar jumlah asam sitrat yang digunakan, maka semakin rendah nilai kuat tarik dan modulus young, namun nilai elongasi akan semakin meningkat. Semakin besar jumlah sorbitol yang digunakan, maka nilai elongasi akan semakin meningkat, namun nilai kuat tarik dan modulus young semakin rendah. Penambahan sorbitol menghasilkan nilai *water uptake* menurun sedangkan nilai biodegradasi yang meningkat. Namun penambahan asam sitrat menurunkan nilai *water uptake* dan biodegradasi.

Kondisi optimum sorbitol dan asam sitrat yang diperoleh pada penelitian ini masing-masing 11,40% dan 4,84%, dengan nilai kuat tarik 26,34 MPa, elongasi 379%, modulus young 10,40 MPa, water uptake 77,10% dan biodegradasi 49,18%. Nilai kuat tarik dan elongasi bioplastik yang dihasilkan telah memenuhi standar nasional indonesi (SNI).

## Daftar Pustaka

Bourtoom, T., 2008. Edible films and coatings: characteristics and

properties. *International Food Research Journal*, *15*(3), pp.237-248.

Dachriyanus. 2004. Analisis struktur senyawa organik secara spektroskopi, lembaga pengembangan teknologi indormasi dan komunikasi, Universitas Andalas.

Ghanbarzadeh, B., Almasi, H. and Entezami, A.A., 2010. Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films. *Innovative food science & emerging technologies*, *11*(4), pp.697-702.

Hardjono, H., Permatasari, D.A. and Sari, V.A., 2016. Pengaruh penambahan asam sitrat terhadap karakteristik film plastik biodegradable dari pati kulit pisang kepok (Musa acuminata balbisiana colla). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, *5*(1), pp.22-28.

Hendri, Z. O. 2017. Pengaruh kadar filler mikrokristalin selulosa dan plasticizer gliserol terhadap sifat dan morfologi bioplastik berbasis pati sagu. *Skripsi*. Universitas Riau.

Kamsiati, E., Herawati, H. and Purwani, E.Y., 2017. Potensi pengembangan plastik *biodegradable* berbasis pati sagu dan ubikayu di indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, *36*(2), pp.67-76.

Karouw, S., Suparno, P., Kapuallo, L.M. and Wungkana, J., 2017. Karakteristik *biodegradable* f*ilm* pati sagu dengan penambahan gliserol , CMC, kalium sorbat dan minyak kelapa. Balai Penelitian Tanaman Palma. Manado.

Larasati, D.A., Yuliasih, I. and Sunarti, T.C., 2018. Desain proses pembuatan coating film berbasis pati sagu (*Metroxylon sp*.) Ikat silang asam sitrat. *Journal of Agroindustrial Technology*, *27*(3).

Montgomery, D.C., 2013, *Design and Analysis of Experiments***,** 8th Edition, John Wiley & Sons Inc, New York Bourtoom, T. (2008). Edible Film and Coatings: Charateristics and Properties, *int. Food Res. J.,* 15(3), pp.1-12.

Reddy, N. and Yang, Y., 2010. Citric acid cross-linking of starch films. *Food chemistry*, *118*(3), pp.702-711.

Sanyang, M.L., Sapuan, S.M., Jawaid, M., Ishak, M.R. and Sahari, J., 2016. Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (Arenga pinnata) starch for food packaging. *Journal of food science and technology*, *53*(1), pp.326-336.

Shi, R., Bi, J., Zhang, Z., Zhu, A., Chen, D., Zhou, X., Zhang, L. and Tian, W., 2008. The effect of citric acid on the structural properties and cytotoxicity of the polyvinyl alcohol/starch films when molding at high temperature. *Carbohydrate polymers*, *74*(4), pp.763-770.

Sinaga, R.F., Ginting, G.M., Ginting, M.H.S. and Hasibuan, R., 2014. Pengaruh Penambahan Gliserolterhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *3*(2), pp.19-24.

Sirait., Toni, P., 2015. Pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik bioplastik dari pati talas dengan menggunakan plasticizer gliserol. *Skripsi.* Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara: Medan.