

# Pembuatan Bioplastik Berbasis Komposit Pati Sagu-Carboxymethyl Cellulose (CMC) dengan Plasticizer Sorbitol

Firdaus Septiawan<sup>1</sup>, Said Zul Amraini<sup>2</sup>, Bahrudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia <sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia,  
Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR. Subrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam  
Pekanbaru 28293

firdaus.septiawan@student.unri.ac.id

## ABSTRACT

*The use of sago starch in production of bioplastic is an efforts to utilized natural resources in Riau Province. Carboxymethyl cellulose (CMC) and sorbitol can be added when the process for making bioplastic sago starch-based was carried out, to improve the quality of bioplastic. The aims of this research were to produced biodegradable plastic composite blends based on sago starch-CMC using sorbitol as plasticizer, to assess the effect of CMC and sorbitol as additional materials on mechanical properties, water uptake, and biodegradability of bioplastic, and also to determine mathematical relationship between the research parameters and the characteristics of bioplastic statistically using response surface method (RSM). This research were started by mixing sago starch, CMC (35, 40 and 45%w/w starch) and sorbitol (20, 25, 30 and 35% w/w total solid). Bioplastic obtained by this process were characterized by mechanical properties analysis, water uptake test, and biodegradability test. Based on the empirical equation obtained, the addition of CMC would increase the tensile strength, water uptake and biodegradability of bioplastic, while the addition of sorbitol would increase the percentage elongation of bioplastic. At optimum process condition, CMC 42,27% and sorbitol 24,25%, the best result with tensile strength 6,776 MPa, percentage elongation 18,134%, water uptake 69,418% and percentage biodegradation 55,459%.*

**Keywords:** *bioplastic, carboxymethyl cellulose, response surface method, sago starch, sorbitol*

## 1. PENDAHULUAN

Bioplastik merupakan plastik *biodegradable* yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional. Plastik ini dapat terdegradasi oleh aktivitas mikroorganisme dalam kurun waktu tertentu ketika dibuang ke tanah. Penggunaan bioplastik ini tidak berdampak negatif terhadap lingkungan, karena bioplastik ini terbuat dari bahan alami dan senyawa organik. Salah satu bahan alami yang dapat digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* yaitu pati sagu.

Sagu (*Metroxylon sp.*) merupakan suatu jenis tumbuhan palem yang tumbuh

pada daerah rawa bergambut, di sepanjang daerah aliran sungai dan di sekitar sumber air. Sagu kering seberat 100 gram mengandung 94 gram karbohidrat, 0,2 gram protein, 0,5 gram serat, 10 mg kalsium 1,2 mg besi dan lemak, karoten, tiamin serta asam askorbat dalam jumlah yang sangat kecil. Sagu menjadi salah satu sumber pati yang sangat bagus untuk digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable*, sebab kandungan karbohidratnya yang tinggi (Badan Ketahanan Pangan Provinsi Riau, 2017).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan kuat tarik, persen elongasi, dan persen biodegradasi dari

bioplastik berbahan baku pati. Penelitian terkait pengembangan sifat-sifat bioplastik telah dilakukan, diantaranya Hidayat dkk (2013) melakukan pembuatan plastik *biodegradable* dari pati gembili dengan penambahan CMC dan asam sitrat, untuk melihat pengaruh penggunaan CMC terhadap karakteristik bioplastik. Hasil terbaik diperoleh pada rasio pati:CMC dengan rasio 7:3, kuat tarik sebesar 12,37 MPa, Elongasi sebesar 2,38%, Biodegradasi sebesar 67,78%. Bioplastik yang dihasilkan dari penelitian di atas, memiliki nilai elongasi yang sangat rendah sehingga plastik yang dihasilkan memiliki kekakuan yang tinggi.

Fathanah dkk (2013) melakukan pembuatan bioplastik dari pati kulit singkong dengan penambahan kitosan dan sorbitol. Hasil terbaik diperoleh pada penambahan sorbitol 30% dengan nilai kuat tarik 1,37 MPa dan elongasi 26,55%. Bioplastik yang dihasilkan dari penelitian di atas memiliki nilai kuat tarik yang rendah, tetapi persen elongasi yang cukup bagus.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terlebih dahulu, umumnya dilakukan untuk mengembangkan sifat mekanik dari bioplastik berbahan dasar pati. Bioplastik yang dibuat menggunakan bahan baku berbagai macam pati tumbuhan, memiliki sifat mekanik yang rendah, daya serap air yang tinggi, waktu degradasi yang lambat. Penambahan bahan tertentu dibutuhkan agar dapat mengatasi beberapa kelemahan tersebut. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel penelitian berupa variasi kadar CMC dan variasi kadar sorbitol terhadap nilai kuat tarik, persen elongasi dan biodegradasi bioplastik berbasis pati sagu yang diperoleh pada

penelitian, sehingga bioplastik yang dihasilkan memenuhi standar bioplastik.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pati sagu meranti yang berasal dari daerah Selat Panjang, Kepulauan Meranti. *Filler* yang digunakan berupa *Carboxymethyl Cellulose*, *plasticizer* yang digunakan berupa sorbitol dengan kemurnian 70% dan pelarut berupa aquades yang dibeli dari PT. Brataco.

### 2.2 Alat

Heidolph™ *Mechanical overhead stirrer, heater*, gelas kimia (250 dan 500 ml), gelas ukur (100 ml), termometer, cetakan kaca. Peralatan atau instrumen untuk pengujian karakteristik bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini antara lain, penguji sifat mekanik (kuat tarik, elongasi) di Laboratorium Polimer Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.

### 2.3 Rancangan Percobaan

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini akan diolah secara statistic dengan menggunakan *Response Surface Methodology*, model rancangannya *Central Composite Design* dengan 2 variabel independen, dengan nilai rotabilitasnya  $(\alpha) = (2^2)^{1/4} = 1,414$ . Adapun tempuhan rancangan percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1** Tempuhan Rancangan Percobaan

Run	<i>Natural Variables</i>	
	CMC (%)	Sorbitol (%)
1	35	20
2	45	20
3	35	35
4	45	35

5	32,93	27,50
6	47,07	27,50
7	40	16,89
8	40	38,11
9	40	27,50
10	40	27,50
11	40	27,50
12	40	27,50
13	40	27,50

## 2.4 Prosedur Penelitian

### 2.4.1 Pembuatan Larutan CMC dan Larutan Pati Sagu

Sejumlah CMC ditimbang sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan yaitu 35%, 40% dan 45% (b/b pati), kemudian masing-masing konsentrasi dilarutkan ke dalam gelas piala 500 ml yang berisi 100 ml aquades. Campuran CMC-aquades diaduk menggunakan *mechanical stirrer* sambil dipanaskan pada suhu 75°C selama 30 menit di atas *hotplate* hingga diperoleh larutan yang homogen. Pati sagu sebanyak 10 gram yang telah disaring terlebih dahulu, dilarutkan secara terpisah ke dalam gelas piala 500 ml yang berisi 100 ml aquades, campuran diaduk terus menerus menggunakan batang pengaduk agar pati sagu tidak mengendap di dasar gelas piala, pengadukan dilakukan tanpa adanya pemanasan (Artanti dkk, 2017).

### 2.4.2 Pembuatan Bioplastik

Proses pembuatan bioplastik dilakukan melalui pencampuran semua bahan yang digunakan. Larutan pati sagu dituangkan ke dalam gelas piala 500 ml yang berisi larutan CMC. Campuran diaduk menggunakan *mechanical stirrer* dengan kecepatan pengadukan 100 rpm sambil dipanaskan pada suhu 90°C (suhu dijaga agar tetap konstan) di atas *hotplate* selama 40 menit hingga terjadi gelatinisasi. Sorbitol dengan konsentrasi 20%, 25%, 30% dan 35% (b/b total

padatan) ditambahkan ke dalam larutan CMC-pati sagu pada saat pengadukan telah berlangsung selama 10 menit.

Campuran yang telah homogen dan telah mengalami gelatinisasi didiamkan selama  $\pm 2$  menit. Setelah itu Campuran dituangkan secara merata ke dalam cetakan kaca (*casting glass*) ukuran 22 cm x 22 cm x 2 mm. Campuran yang telah dituangkan tersebut, dikeringkan dengan cara didiamkan pada suhu ruang selama  $\pm 72$  jam hingga terbentuk *film* bioplastik (Hidayat dkk, 2013).

*Film* bioplastik yang terbentuk dilepaskan dari cetakan kaca dengan cara membuat sayatan-sayatan pada pinggiran cetakan kaca untuk memisahkan *film* dengan cetakan kaca. *Film* diangkat secara perlahan-lahan hingga seluruh permukaan *film* terlepas dari cetakan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanik dari bioplastik yang dihasilkan.

Uji karakteristik bioplastik yang dilakukan pada bioplastik yang dihasilkan yaitu uji sifat mekanik untuk mengetahui nilai kuat tarik serta elongasi dari bioplastik serta uji biodegradasi untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan serta laju degradasi bioplastik di alam. Uji sifat mekanik mengacu pada standar ASTM D882-02 dan alat uji kuat tarik yang digunakan yaitu GOTECH AI-7000M. Uji biodegradasi mengacu pada standar DIN EN ISO 846.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

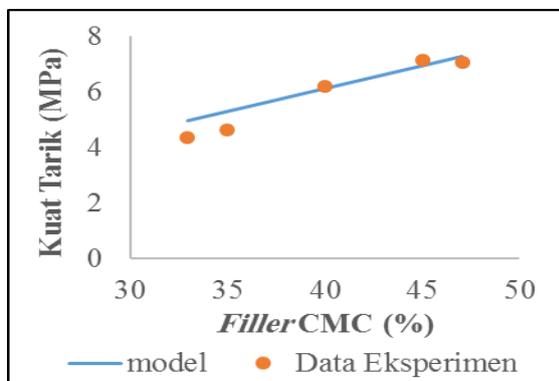
### 3.1 Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan tarikan maksimum yang mampu ditahan suatu plastik sebelum plastik tersebut putus ketika dikenakan suatu gaya tarik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu *film* terhadap pembebanan

pada titik lenturnya. Besarnya nilai kuat tarik dari *film* plastik sangat dipengaruhi oleh kadar *filler* dan *plasticizer* yang ditambahkan. Kedua komponen ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tarik suatu plastik. Nilai kuat tarik akan mengalami peningkatan seiring meningkatnya kadar *filler* yang ditambahkan, hal ini terjadi karena adanya interaksi antara *filler* yang mengisi dan dan membentuk ikatan hidrogen antara molekul *filler* dengan matriks pati (Ma dkk, 2009).

Nilai kuat tarik yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah dibanding nilai kuat tarik pada penelitian Tongdesontorn dkk (2011) yaitu 14 MPa dan Tabari (2017) yaitu 20,2 – 26,99 MPa. Hal ini dapat disebabkan karena pencampuran pati-CMC yang tidak sempurna. Hidayat dkk (2013) mengatakan bahwa pengadukan yang tidak tepat pada saat proses gelatinisasi berlangsung dapat menyebabkan distribusi *filler* CMC pada matriks pati sugu tidak merata, hal ini mempengaruhi kekuatan ikatan gugus hidroksil yang terbentuk sehingga kuat tarik *film* yang dihasilkan relatif rendah.

Pengaruh *Filler* CMC terhadap nilai kuat tarik bioplastik pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Pengaruh *Filler* CMC terhadap Nilai Respon Kuat Tarik Bioplastik

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar *filler* CMC 35-45%, nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan cenderung meningkat yaitu 4,372-7,13 Mpa. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan hasil pada penelitian Tongdeesoontorn dkk (2011). Seiring meningkatnya jumlah CMC yang ditambahkan dapat meningkatkan kuat tarik bioplastik yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena adanya pembentukan ikatan hidrogen yang terjadi antara gugus hidroksil (OH) dari pati sugu dengan gugus hidroksil (OH) dan karboksil (COOH) dari CMC (Hidayat dkk, 2013).

Selama proses pembuatan dan pengeringan *film* komposit, ikatan hidrogen yang terdapat diantara molekul pati digantikan oleh ikatan hidrogen baru. Ikatan ini terbentuk antara gugus hidroksil pada molekul pati dengan gugus hidroksil dan karboksil pada CMC. Ikatan hidrogen tersebut mengakibatkan struktur molekul campuran pati-CMC menjadi lebih kompak dan kekuatan bioplastik yang dihasilkan menjadi semakin meningkat, sehingga penambahan CMC terbukti meningkatkan kuat tarik bioplastik.

### 3.2 Elongasi

Perpanjangan saat putus (*Elongation at break*) atau elongasi dapat didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang plastik pada saat ditarik sampai putus. Elongasi mengindikasikan kuantitas perubahan maksimum panjang *film* saat pengukuran kuat tarik *film* dilakukan hingga *film* putus (Safitri dkk, 2016).

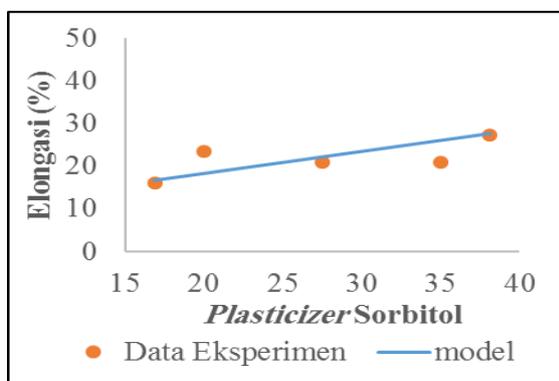
Eksistensi molekul *plasticizer* di dalam rantai polimer bioplastik menyebabkan kekuatan ikatan antar molekul polimer menurun dan melemah. Hal ini menyebabkan plastik menjadi bersifat fleksibel dan lebih lentur.

*Plasticizer* yang ditambahkan menyebabkan gaya intermolekul melemah dan meningkatkan ruang kosong antar molekul plastik sehingga menurunkan ketahanan mekanik plastik yang dihasilkan (Hidayat dkk, 2013).

Peningkatan konsentrasi *plasticizer* sorbitol menyebabkan nilai elongasi bioplastik meningkat. Hal ini disebabkan karena sorbitol sebagai *plasticizer* memiliki berat molekul yang relatif rendah dibandingkan komponen polimer plastik yaitu pati sagu dan CMC. Penambahan *plasticizer* sorbitol akan meningkatkan volume bebas yang ada di polimer serta menyebabkan tersedianya ruang yang cukup untuk molekul polimer bergerak (Ginting dkk, 2016).

Nilai elongasi yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibanding nilai elongasi pada penelitian Fathanah dkk (2013) yaitu 26,55% dan Maulida dkk (2016) yaitu 22%. Hal ini disebabkan karena jumlah *plasticizer* sorbitol yang ditambahkan lebih banyak. Penambahan sorbitol dapat menyebabkan nilai persen elongasi bioplastik yang dihasilkan mengalami kenaikan.

Pengaruh *plasticizer* sorbitol terhadap nilai persen elongasi bioplastik pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Pengaruh *Plasticizer* Sorbitol terhadap Nilai Respon Elongasi Bioplastik

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar *plasticizer* sorbitol 20-35%, nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan cenderung meningkat yaitu 11,82 – 29,288%. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan hasil pada penelitian Rinaldi dkk (2015). Eksistensi molekul sorbitol di dalam rantai polimer bioplastik menyebabkan kekuatan ikatan antar molekul polimer menurun dan melemah. Hal ini menyebabkan plastik menjadi bersifat fleksibel dan lebih lentur. Sorbitol yang ditambahkan menyebabkan gaya intermolekul melemah dan meningkatkan ruang kosong antar molekul plastik sehingga menurunkan ketahanan mekanik plastik yang dihasilkan (Hidayat dkk, 2013).

Peningkatan konsentrasi sorbitol menyebabkan nilai elongasi bioplastik meningkat, hal ini disebabkan karena sorbitol sebagai *plasticizer* memiliki berat molekul yang relatif rendah dibandingkan komponen polimer plastik yaitu pati sagu dan CMC. Penambahan sorbitol akan meningkatkan volume bebas yang ada di polimer serta menyebabkan tersedianya ruang yang cukup untuk molekul polimer bergerak (Ginting dkk, 2016). Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Fathanah dkk (2013) yang menyatakan penambahan konsentrasi sorbitol sebagai *plasticizer* dapat meningkatkan persentase elongasi bioplastik.

### 3.3 Biodegradasi

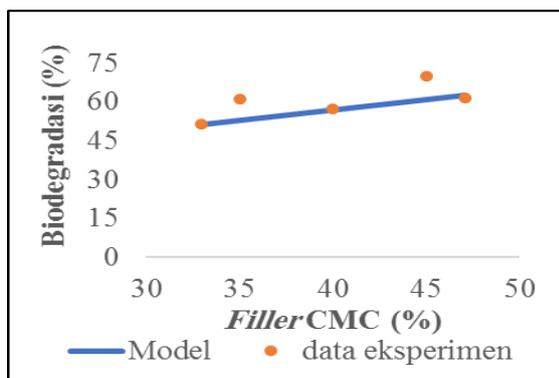
Suatu *film* plastik dapat dikatakan *biodegradable* apabila *film* tersebut dapat didaur ulang dan dapat juga dihancurkan secara alami. Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan agar bioplastik dapat terurai di alam. Uji ini menggunakan metode *soil*

*burial test* atau penguburan sampel *film* ke dalam tanah.

Proses terjadinya biodegradasi plastik pada lingkungan, dimulai dengan tahap degradasi kimia yaitu terjadinya oksidasi molekul pada struktur molekul *film* plastik. Setelah itu tahap degradasi secara biologi yaitu terjadinya serangan mikroorganisme (bakteri, jamur dan alga) dan aktivitas enzim intracellular maupun extracellular. Contoh mikroorganisme yang dapat mendegradasi *film* plastik di dalam tanah yaitu bakteri phototrop contohnya *Rhodospirillum Rhodopseudomonas* dan *Chromatium, Thiocystis* (Riza dkk, 2013).

Nilai persen biodegradasi yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah dibanding nilai persen biodegradasi pada penelitian Hidayat dkk (2013) yaitu 88,76%. Hal ini disebabkan karena pada penelitian tersebut kadar CMC yang digunakan lebih banyak dibandingkan penelitian ini. Bioplastik yang dihasilkan pada penelitian tersebut memiliki kemampuan menyerap air lebih besar sehingga pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menguraikan bioplastik lebih cepat dan plastiknya menjadi lebih cepat terdegradasi.

Pengaruh *filler* CMC terhadap nilai persen biodegradasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Pengaruh *Filler* CMC

terhadap Nilai Respon Biodegradasi Bioplastik

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar *filler* CMC 35-45%, nilai biodegradasi bioplastik yang dihasilkan cenderung meningkat yaitu 45,45 – 70,02%. Hasil pada penelitian ini sesuai dengan hasil pada penelitian Artanti dkk (2017). Hal ini disebabkan karena CMC memiliki gugus hidroksil dan gugus karboksilat sehingga memungkinkan terjadinya pengikatan molekul air yang terdapat di tanah serta penyerapan kelembapan dari tanah sehingga menyebabkan kelembapan *film* plastik meningkat.

Artanti dkk (2017) mengatakan semakin tinggi kelembapan *film* plastik, maka hal ini menyebabkan *film* yang dihasilkan sangat cocok menjadi media untuk perkembangan mikroorganisme yang dapat mengurai *film* ketika dikubur di dalam tanah. Dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah CMC yang ditambahkan maka persen biodegradasi bioplastik akan meningkat.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan yaitu seiring bertambahnya jumlah konsentrasi *filler* CMC yang digunakan yaitu 35-45% b/b pati akan meningkatkan nilai respon kuat tarik, serta persen biodegradasi dari bioplastik yang dihasilkan. Penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* menyebabkan peningkatan nilai persen elongasi dari bioplastik yang dihasilkan.

#### Daftar Pustaka

Artanti, R.D., Setiawan, A., dan Anggraini, P.D., 2017, Effect of Carboxymethyl Cellulose (CMC) as Biopolymers to the Edible Film

- Sorghum Starch Hydrophobicity Characteristics, *American Institute of Physics*, 020044-1 -020044-5.
- Badan Ketahanan Pangan Provinsi Riau, 2017, *Budidaya Tanaman Sagu di Provinsi Riau*, dilihat 20 Januari 2019, <https://diskepang.riau.go.id/>.
- Ginting, M.H.S., Kristiani, M., Amelia, Y., dan Hasibuan, R., 2016, The Effect of Chitosan, Sorbitol, and Heating Temperature Bioplastic Solution on Mechanical Properties of Bioplastic from Durian Seed Starch (*Durio zibehinus*), *International Journal of Engineering Research and Applications*, 6(1): 33-38.
- Hidayat, M.K., Latifah., dan Sedyawati, S.M.R., 2013, Penggunaan Carboxy Methyl Cellulose dan Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable Pati Gembili, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(3): 253-258.
- Ma, X., Chang, P.R., Yu, J., dan Stumborg, M., 2009, Properties of Biodegradable Citric Acid-Modified Granular Starch/Thermoplastic Pea Starch Composites, *Carbohydrate Polymers*, 75(1), 1-8.
- Tabari, M., 2017, Effect of Carboxymethyl Celluloses on the Mechanical and Barrier Properties of Sago Starch Based Films, *Articles*.
- Tongdeesontorn, W., Mauer, L.J., Wongruong, S., Sriburi, P., Rachtanapun, P., 2011, Effect of CMC Concentration on Physical Properties of Biodegradable Cassava Starch-based Films, *Chemistry Central Journal*, 5(6): 1-8.
- Rinaldi, W., Lubis, M.R., dan Fathanah, Umi., 2015, Biodegradable Plastic from Cassava Waste using Sorbitol as Plasticizer, *Proceedings of The 5<sup>th</sup> Annual International Conference*.
- Fathanah, U., Lubis, M.R., Rosnelly, C.M., Moulana, R., 2013, Making and Characterizing Bioplastic from Cassava (*Manihot utilissima*) Peel Starch with Sorbitol as Plasticizer, *The 7<sup>th</sup> International Conference of Chemical Engineering on Science and Applications*, Banda Aceh.
- Riza, M., Darmadi, Syaubari dan Abidah, N., 2013, Sintesa Plastik Biodegradable dari Pati Sagu dengan Gliserol dan Sorbitol sebagai Plasticizer, *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia V*.
- Montgomery, D.C., 2013, *Design and Analysis of Experiments*, 8th Edition, John Wiley & Sons Inc, New York.