

## INTISARI

Minyak nabati yang merupakan salah satu bahan alam terbarukan memiliki potensi untuk menggantikan minyak bumi sebagai bahan baku polimer. Polimer berbasis minyak nabati memiliki sifat yang lebih ramah lingkungan dan memiliki kemudahan untuk terdegradasi jika dibandingkan dengan polimer berbasis minyak bumi. Asam oleat sebagai salah satu asam lemak tak jenuh yang banyak dijumpai pada berbagai jenis minyak nabati dapat digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan *poly(oleic acid)* yang termasuk dalam kategori poliester. Ikatan rangkap pada asam oleat mengalami reaksi epoksidasi untuk menghasilkan epoksida oleat. Senyawa epoksida diketahui memiliki reaktivitas yang tinggi sehingga dapat bereaksi dengan gugus karboksilat untuk menghasilkan *polyester* melalui reaksi *self-polymerization*. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis *poly(oleic acid)* dari asam oleat melalui reaksi epoksidasi-polimerisasi, melakukan optimasi dan mempelajari kinetika reaksi pada setiap tahap.

Pada penelitian ini, telah dilakukan reaksi epoksidasi asam oleat dengan metode epoksidasi kimiawi secara *in-situ* dimana reaksi pembentukan asam peroksi karboksilat dan reaksi epoksidasi dijalankan dalam satu sistem secara simultan. Asam format dan asam asetat digunakan sebagai *oxygen carrier* dengan  $H_2O_2$  sebagai oksidan. Suhu reaksi epoksidasi dipelajari pada kisaran 30-70 °C, dengan rasio molar asam karboksilat terhadap asam oleat sebesar 0,3-3, rasio molar  $H_2O_2$  terhadap asam oleat sebesar 1,1-6, dan dipelajari pula pengaruh penambahan solven (n-heksana). Pada tahap epoksidasi, dilakukan optimasi parameter dengan metode Taguchi untuk mendapatkan kondisi operasi yang memberikan epoksida oleat dengan yield yang tinggi. Hasil epoksida oleat selanjutnya melalui tahap reaksi polimerisasi. Pada tahap polimerisasi, dipelajari pengaruh suhu (120-185°C) dan pengaruh penambahan asam adipat sebesar 5% molar. Kinetika reaksi epoksidasi dan polimerisasi juga telah disusun untuk mengevaluasi proses reaksi dengan lebih mendalam. Pada tahap akhir, dilakukan karakterisasi produk polimer yang dihasilkan dengan analisis gugus fungsi, berat molekul, dan analisis termal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mendapatkan *poly(oleic acid)*, asam format memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan asam asetat. Dari optimasi proses epoksidasi diperoleh yield tertinggi sebesar 88,37% pada suhu reaksi 55°C, rasio molar hidrogen peroksida dengan asam oleat sebesar 6:1, rasio molar asam format terhadap asam oleat sebesar 3:1 dan rasio massa *n-hexane* sebagai solven terhadap asam oleat sebesar 1:1. Dari tahap polimerisasi dapat disimpulkan bahwa *poly(oleic acid)* dapat disintesis dari epoksida oleat (bilangan oksiran 4,5%) pada suhu 180°C selama 2 jam. Dari hasil karakterisasi produk dapat disimpulkan bahwa penambahan asam adipat tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap berat molekul dan kestabilan termal dari polimer. Kinetika reaksi epoksidasi menunjukkan bahwa model kinetika reaksi heterogen mewakili data eksperimen dengan lebih baik jika dibandingkan dengan model pseudohomogen. Sedangkan untuk kinetika reaksi polimerisasi, pendekatan menggunakan dua reaksi simultan memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan pendekatan menggunakan reaksi tunggal.

**Kata-kata kunci:** Asam oleat, epoksidasi, polimerisasi, kinetika reaksi, *poly(oleic acid)*.

## ABSTRACT

Vegetable oils, which are one of the renewable resources, have the potential to be used as a substitute for petroleum-based monomers in polymer synthesis. Vegetable oil-based polymer is more environmentally friendly, and it degrades more quickly than petroleum-based polymer. As one of the most common unsaturated fatty acids found in various vegetable oils, oleic acid can be utilized as a raw material for poly(oleic acid), which is categorized as polyesters. The chemical double bond contained in oleic acid can be converted into epoxidized oleic acid through an epoxidation reaction. Epoxide compounds are so reactive that they can react with carboxyl groups to produce polyesters through a self-polymerization reaction. This research aims to synthesize poly(oleic acid) using oleic acid as the raw material through epoxidation-polymerization reaction, optimize the process, and study the reaction kinetics for each reaction's step.

In this research, the epoxidation of oleic acid using an in-situ chemical epoxidation reaction, in which both the formation of peroxycarboxylic acid and epoxidation reaction are conducted simultaneously in one system, was studied. Formic acid and acetic acid were used as oxygen carriers, with hydrogen peroxide as an oxidizing agent. The reaction temperature was studied from 30-70<sup>0</sup>C by varying the carboxylic acid to oleic acid molar ratio (0.3-3) and the hydrogen peroxide to oleic acid molar ratio (1.1-6). In addition, the effect of solvent (n-hexane) addition on the reaction was also studied. In this epoxidation step, Taguchi Method was applied to obtain the operation condition that produces a high yield of oleic epoxides. On the other hand, in the polymerization step, only the effect of temperature (120-185<sup>0</sup>C) and 5% molar addition of adipic acid on the reaction were studied. Furthermore, the kinetics of both epoxidation and polymerization was also proposed to evaluate the overall processes. Lastly, the product, which is poly(oleic acid), was characterized for its functional groups, molecular weight, and thermal stability.

The results of the experiments showed that in the epoxidation step, it is advisable to use formic acid as the oxygen carrier rather than acetic acid to obtain better results. From optimization study using Taguchi Method, the results showed that the highest epoxide yield of 88.37% was achieved at the reaction temperature of 55<sup>0</sup>C using hydrogen peroxide to oleic acid molar ratio of 6:1, formic acid to oleic molar ratio of 3:1, and solvent to oleic acid mass ratio of 1:1. In the polymerization step, the poly(oleic acid) was successfully synthesized from epoxidized oleic acid (oxirane number of 4.5%) at the temperature of 180<sup>0</sup>C in two hours. The product characterization showed that the addition of adipic acid did not significantly affect the polymer's molecular weight and thermal stability. The epoxidation kinetics showed that the kinetics models of heterogenous reaction fit the experimental data better than that of pseudo-homogenous reaction. Meanwhile, for polymerization kinetics, the polymerization reaction is better represented by two simultaneous reaction model than single reaction model.

**Keywords:** oleic acid, epoxidation, polymerization, reaction kinetic, poly(oleic acid).