

Sintesis *Alkyd Resin* dari Daun Kemangi (*Ocimum Basilicum*) Terhadap Perbandingan Minyak Atsiri Dan Gliserin Sebagai Pelarut

Dony S.H Pasaribu¹, Theodorus Cahyo P², Fatah Ibnu Qoyyim³, Ani Purwanti⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Korespondensi : donisyamsuddin@gmail.com

ABSTRAK

Kemangi (*Ocimum sanctum*) merupakan spesies basil yang paling terbesar di seluruh dunia, baik dalam bentuk segar ataupun untuk produksi minyak esensial. Daun kemangi memiliki banyak kandungan kimia dan salah satunya ialah kandungan minyak. Kandungan minyak yang ada pada daun kemangi dapat dijadikan bahan dalam penelitian untuk sintesis *alkyd resin*. *Alkyd resin* ialah produk polyester dihasilkan dari polimerisasi kondensasi dari tiga monomer, yaitu *polyols*, *polybasic acids*, dan *fatty acids* atau *triglyceride oil*. Proses pembuatannya menggunakan dua metode yaitu alkoholisis dan esterifikasi. Proses alkoholisis diawali dengan mereaksikan minyak atsiri kemangi dan gliserin, sedangkan proses esterifikasi ialah proses mencampurkan *phthalic anhydride* ke dalam reaktor batch yang berisi produk alkoholisis. Variabel yang digunakan pada penelitian ini ialah variabel perbandingan antara jumlah bahan (minyak) dengan jumlah pelarut (gliserin) dengan titik penelitian dimulai dari 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, dan 1:6 dan analisis yang dilakukan pada produk *alkyd resin* ialah viskositas, bilangan asam, bilangan iod, warna. Hasil yang diperoleh pada analisis menunjukkan titik perbandingan 1:5 lebih efektif digunakan untuk proses penelitian lanjutan karena kesesuaian hasil dengan nilai acuan *alkyd resin*. Adapun hasil yang diperoleh ialah viskositas 30139,5 cP, bilangan asam 7,4628 mg/g, bilangan iod 6,90915 mg/g, dan warna kuning gelap.

Kata Kunci : *alkyd resin*, kemangi, dan minyak atsiri

ABSTRACT

Basil (Ocimum sanctum) is the largest basil species in the whole world, its leaves have many chemical contents and one of them is oil. The oil content in basil leaves can be used as a material in research for the synthesis of alkyd resin. Alkyd resin is a polyester product from condensation polymerization of three monomers, namely polyols, polybasic acids, and fatty acids or triglyceride oil. The manufacturing process uses two methods, namely alcoholysis, and esterification. Alcoholysis begins with reacting essential oils and glycerin, while the esterification is the process of mixing phthalic anhydride into a batch reactor containing an alcoholysis product. The variables used in this study are the comparison between the amount of oil and the amount of glycerin with the research point starting at 1: 2, 1: 3, 1: 4, 1: 5, and 1: 6 and analysis its viscosity, acid number, iodine number, and color. The results obtained in the analysis show that 1: 5 is more effective to be used for further research because the compatibility of the results with the reference value. The results obtained were viscosity 30139.5 cP, acid number 7,4628 mg / g, iodine number 6.90915 mg / g, and dark yellow color.

Key words: alkyd resin, basil, and essential oil

1. PENDAHULUAN

Kemangi (*Ocimum basilicum*) merupakan tanaman dari family *Lamiceae* yang banyak tumbuh di berbagai negara. Tanaman kemangi dapat tumbuh di tanah terbuka maupun tempat teduh yang mana tidak tahan terhadap kekeringan. Tanaman ini juga banyak dijumpai di berbagai tempat seperti pinggiran jalan, perkebunan, pertanian, dan lainnya karena sifat dari tanaman kemangi sendiri ialah hemaprodit. Kemangi banyak mengandung senyawa kimia, senyawa tersebut meliputi *alkaloid, flavonoid, tannin, saponin, triterpenoid*, dan minyak atsiri.

Tanaman kemangi memiliki banyak manfaat baik pada tubuh ataupun pada lingkungan. Salah satu manfaat yang didapatkan dari kemangi ialah sebagai obat, selain itu sebagai pestisida, dan bahkan dijadikan teman makan yang berperan sebagai lalapan. Kandungan minyak atsiri pada daun kemangi sebesar 70,05 % dan mengandung eugenol sebagai komponen utamanya.

Minyak atsiri merupakan minyak yang mudah menguap, minyak eteris atau minyak esensial karena pada suhu kamar mudah menguap di udara terbuka, mempunyai rasa getir, berbau wangi sesuai dengan aroma tanaman yang menghasilkannya, dan umumnya larut dalam pelarut organik. Besarnya kandungan minyak pada daun kemangi maka banyak pula yang memanfaatkan minyak tersebut sebagai bahan dasar pembuatan berbagai produk dan salah satunya ialah *alkyd resin*.

Alkyd resin ialah polyester yang dihasilkan dari polimerisasi kondensi dari tiga monomer, yaitu polyols, polybasic acids, dan fatty acids atau triglyceride oil (minyak nabati). *Alkyd resin* suatu produk hasil reaksi ekterifikasi yang dimodifikasi oleh minyak kering atau asam lemak jenuh (Ikhuoria dkk.,2007). Minyak nabati memiliki potensi untuk mengembangkan *alkyd resin* menjadi produk kimia polimer yang lebih tepat guna sesuai dengan tujuan pemanfaatannya sehingga penelitian – penelitian *alkyd resin* banyak membahas mengenai *alkyd resin* termodifikasi oleh minyak nabati.

Alkyd resin merupakan produk polimer yang banyak digunakan dalam industri cat, *coating*, dan pembuatan film. Hal ini dikarenakan keunggulan sifat – sifatnya sebagai *surface coating* yang meliputi fleksibilitas, kekuatan, dan durabilitas serta sifat adhesi yang baik. Diperoleh melalui reaksi poliesterifikasi atau polimerisasi kondensasi yang menggabungkan dua jenis gugus utama yaitu gugus karboksil dan hidroksil.

Alkyd resin sejauh ini merupakan yang paling penting dalam pemanfaatan resin pelapis. Diperkirakan penggunaannya sekitar 70% untuk pengikat konvensional yang digunakan dalam pelapisan permukaan (Patton,1962). *Alkyd resin* dibagi menjadi dua golongan, yaitu golongan *oil length* yang berdasarkan jumlah minyak yang terdapat dalam resin dan golongan *oil type* yaitu banyaknya ikatan rangkap pada minyak dapat mempengaruhi proses pengeringan.

Fisher dan Hayward (1998) menerangkan bahwa proses pembuatan *alkyd resin* ada dua metode yaitu:

a. Proses Monogliserida

Pembuatan *alkyd* dengan proses ini ialah dengan mencampurkan minyak nabati dan *polyol* dipanaskan pada suhu tinggi bersama dengan katalis sehingga terbentuk monogliserida. Pembentukan monogliserida disebut proses alkoholisis, dimana proses alkoholisis dilakukan pada suhu tinggi sehingga kecepatan reaksi akan lebih besar (Roni dkk.,1998). Monogliserida direaksikan dengan *phthalic anhydride* sehingga hasil akhir berupa *alkydresin*.

b. Proses Fatty acid (Asam Lemak)

Metode lain yang digunakan untuk membuat *alkyd resin* adalah dengan proses *fatty acid*(asam lemak). Minyak nabati, gliserol, dan *phthalic anhydride* direaksikan bersama artinya tidak perlu memproduksi monogliserida. *Fatty acid*(asam lemak) dapat dibuat dengan pemisahan minyak, langkah ini memerlukan proses ekstra dengan biaya yang lebih mahal.

Kontrol yang harus diperhatikan pada reaksi polimerisasi *alkyd resin* adalah terjadinya gelation sebelum konversi polimerisasi tercapai. Gelation pada reaksi sintesis *alkyd resin* tergantung pada gugus fungsi rata-rata dari reaktan (Prashantha dkk., 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan daun kemangi secara efektif sesuai dengan kandungan yang dimiliki. Tujuan lainnya ialah untuk mengetahui pengaruh perbandingan bahan dengan pelarut terhadap produk *alkyd resin* yang dihasilkan sehingga nantinya dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan cat. Mengurangi produk *alkyd* yang terbuat dari bahan kimia dengan memanfaatkan bahan alami.

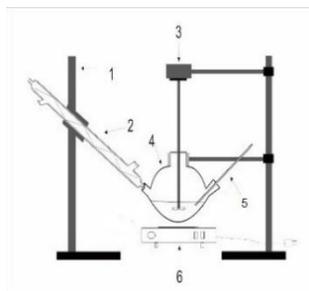
2. METODE PENELITIAN

2.1. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini sifat eksperimen dengan variasi perbandingan bahan dengan pelarut. Proses penelitian dimulai dari tahap preparasi sampai dengan pembuatan *alkyd resin*. Metode yang digunakan dalam pembuatan *alkyd resin* ialah metode proses monogliserida. Analisis hasil meliputi bilangan asam, bilangan iod, viskositas, dan warna.

2.2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas *beaker*, gelas ukur, pipet volume, corong, *soxhlet* ekstraktor, rangkaian alat destilasi, dan rangkaian alat pembuatan *alkyd resin* yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Keterangan

- 1) Statif
- 2) Pendingin balik
- 3) Motor pengaduk
- 4) Labu leher tiga
- 5) Termometer
- 6) Pemanas

Gambar 1. Rangkaian alat proses pembuatan *alkyd resin*

2.3. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah minyak atsiri kemangi, gliserin ($C_3H_8O_3$), NaOH, *phthalic anhydride* ($C_8H_4O_3$).

2.4. Prosedur Penelitian

a. Preparasi Bahan

Kemangi dikeringkan di bawah sinar matahari lalu dipotong kecil hingga menjadi serbuk. Proses selanjutnya ialah mesh kemangi dengan ukuran 80 mesh.

b. Pengambilan Minyak Atsiri

Proses pengambilan minyak atsiri dilakukan dalam dua tahap, yaitu ekstraksi dan destilasi. Proses ekstraksi dilakukan dengan prosedur sebagai berikut. Kemangi ditimbang sebanyak 50 gr, kemudian dibungkus dengan kain putih dan dimasukkan ke rangkaian alat *soxhlet* ekstraktor, kemudian diekstraksi selama 1 (satu) jam dengan pelarut n-heksana volume 250 mL. Proses selanjutnya ialah destilasi. Hasil dari proses ekstraksi dimasukkan ke dalam rangkaian alat destilasi, kemudian dipanaskan pada suhu 69°C selama 1 (satu) jam. Setelah proses selesai maka akan diperoleh hasil berupa minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan *alkyd resin*.

c. Pembuatan *Alkyd resin*

Proses pembuatan *alkyd resin* dilakukan dalam dua tahapan proses, yaitu alkoholisis dan esterifikasi, keduanya dijalankan secara batch pada labu leher tiga. Dalam proses alkoholisis dibuat larutan dengan komposisi minyak dicampur dengan gliserin dengan perbandingan volume 1:5 yaitu volume minyak 10 mL dan volume gliserin 50 mL. Larutan yang terbentuk ditambah NaOH sebanyak 6,5 gr yang berfungsi sebagai katalis. Tahap selanjutnya, larutan dipanaskan pada suhu bervariasi antara $180\text{--}260^\circ\text{C}$ dengan selisih 20°C pada setiap eksperimen. Proses pemanasan dilakukan selama 2 jam. Proses esterifikasi dilakukan setelah proses alkoholisis selesai. Dalam proses ini, larutan yang dihasilkan pada tahap sebelumnya ditambah *phthalic anhydride* (PA) dengan perbandingan PA dengan bahan ialah 2:3 molar), selanjutnya dipanaskan selama 45 menit pada suhu 200°C .

2.5. Variabel Penelitian

Pembuatan *alkyd resin* pada penelitian ini menggunakan variabel suhu proses dengan 5 (lima) variasi, yaitu 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, dan 1:6.

2.6. Analisis Hasil

Analisis hasil eksperimen dilakukan pada 4 (empat) parameter uji, yaitu warna, bilangan asam, bilangan iod, dan viskositas.

a. Warna

Analisis warna pada sampel dilakukan dengan menggunakan indera penglihatan.

b. Bilangan Asam

- c. Sebanyak 20 gr sampel larutan dalam labu erlenmeyer berukuran 250 mL ditimbang, kemudian ditambahkan 50 mL alkohol 95% netral, selanjutnya dipanaskan dalam *water bath* sambil diaduk sampai mendidih (± 10 menit). Berikutnya, larutan dititrasi dengan KOH 0,1 N menggunakan indikator fenolftalein sampai berwarna merah jambu yang persisten selama 10 detik. Bilangan asam dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{ml KOH} \cdot \text{N KOH} \cdot 56,1}{\text{berat sampel}} \quad (1)$$

$$\text{Kadar Asam} = \frac{\text{ml KOH} \cdot \text{N KOH} \cdot M}{10 \text{ G}} \quad (2)$$

d. Bilangan Iod

Larutan ditimbang sebanyak 0,1-0,5 gr dalam labu erlenmeyer tertutup, kemudian ditambah 10 mL chloroform atau karbon tetra khlorida dan 25 mL reagen yodium-bromida. Labu erlenmeyer berisi larutan dipindahkan ke tempat gelap, diamkan selama 30 menit, dan sesekali digojog. Kemudian

ditambah 10 mL larutan KI 15% dan aquades 50-100 mL yang sebelumnya telah dididihkan. Sampel segera dititrasi dengan larutan natrium-thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N) sampai larutan berwarna kuning pucat, kemudian ditambahkan 2 mL larutan pati, lalu lanjutkan proses titrasi sampai warna biru tepat hilang. Kemudian dibuat larutan blanko, terbuat dari 25 mL reagen yodium-bromida dan 10 mL KI 15% yang diencerkan dengan 100 mL aquades yang telah dididihkan dan dititrasi dengan larutan natrium-thiosulfat. Bilangan Iod dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Yodium} = \frac{\text{mL titrasi}}{\text{gr lemak}} \times N_{\text{thio}} \times 12,691 \quad (3)$$

e. Viskositas

Sampel sebanyak 500 mL dituang ke dalam gelas *beaker* kemudian pasang pada alat viskometer. Alat viscometer dinyalakan sehingga Spindel rotor berputar atus hingga kecepatan 50 rpm. Spindel rotor dimasukkan ke dalam sampel hingga kepala spindel rotor berputar pada setengah bagian dari sampel. Erlenmeyer didiamkan sebentar spindel rotor berputar beberapa detik hingga angka yang dibaca pada spindel stabil. Nilai pada skala dibaca dan catat hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Jumlah Minyak Atsiri

Proses pengambilan minyak atsiri pada daun kemangi dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan suhu proses 69°C selama 2 jam diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Minyak Atsiri

Percobaan	Jumlah Minyak (mL)
1	2
2	3,5
3	4,9
4	5
5	5

Pada proses pengambilan minyak atsiri dari kemangi dengan proses ekstraksi dan destilasi didapati hasil volume minyak yang didapat dari 5 kali percobaan beragam. Hal ini disebabkan perbedaan perlakuan prosedur terhadap beberapa percobaan, seperti massa minyak kemangi yang ditambah, volume dari pelarut ditambah, dan waktu ekstraksi yang dipercepat. Hasil minyak kemangi ini juga tidak dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *alkyd resin* dikarenakan volume yang tidak sesuai dengan jumlah bahan yang diinginkan dan juga minyak menjadi kering.

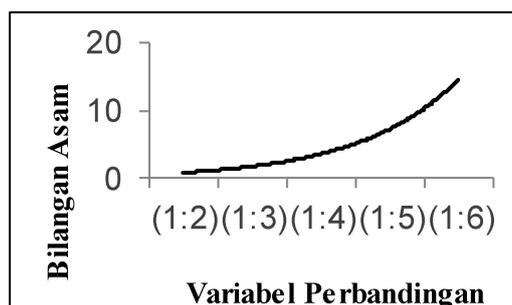
3.2. Bilangan Asam

Hasil dari analisis bilangan asam pada sampel *alkyd resin* terhadap variabel perbandingan jumlah minyak dengan pelarut ialah:

Tabel 2. Hasil Bilangan Asam

Variasi Perbandingan	Percobaan 1 (mg/g)	Percobaan 2 (mg/g)	Rata – Rata (mg/g)
1:2	0,9309	1,0837	1,0073
1:3	1,6392	1,4000	1,5196
1:4	3,9260	3,6463	3,78617
1:5	7,3766	7,8730	7,6248
1:6	13,0469	16,0087	14,5278

Dari Tabel 2. data disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Data Hubungan antara Bilangan Asam terhadap Variabel Perbandingan

Hasil analisis bilangan asam terhadap variabel perbandingan jumlah minyak dengan pelarut mengalami peningkatan nilai dari titik pertama sampai titik terakhir. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar perbandingannya maka semakin besar pula nilai asam yang dihasilkan. Standar komersial untuk bilangan asam pada *alkyd resin* adalah 7,05 mg/g (Attimutigul, et. all.,2006).

Penelitian yang dilakukan Nurandini, et. all.,(2018) semakin besar perbandingan nilai ekivalen reaktan, maka semakin kecil pula bilangan asam pada produk *alkyd resin*.

Hasil bilangan asam pada perbandingan 1:5 diperoleh nilai 7,6248 mg/g dan nilai tersebut dapat dilanjutkan ke proses penelitian dengan variabel yang lain.

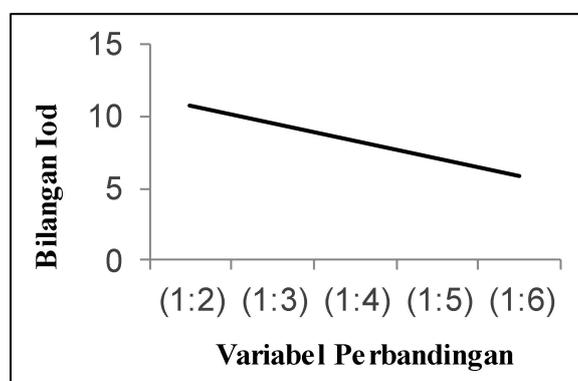
3.3. Bilangan Iod

Hasil dari analisis bilangan iod pada sampel *alkyd resin* terhadap variabel perbandingan jumlah minyak dengan pelarut ialah:

Tabel 3. Hasil Bilangan Iod

Variasi Perbandingan	Percobaan 1 (mg/g)	Percobaan 2 (mg/g)	Rata – Rata (mg/g)
1:2	10,5022	11,1797	10,84095
1:3	9,9094	9,5832	9,7463
1:4	8,2265	7,2115	7,719
1:5	6,7212	7,0971	6,90915
1:6	6,6668	5,9631	6,31495

Dari Tabel 3. data disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Data Hubungan antara Bilangan Iod terhadap Variabel Perbandingan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan semakin besarnya nilai perbandingan jumlah bahan dengan bahannya maka semakin kecil nilai iod nya dan semakin tidak jenuh produk *alkyd*. Bilangan iod digunakan untuk menunjukkan peningkatan ketidakjenuhan sebagai jumlah dari minyak dan metil ester yang digunakan dalam peningkatan resin, peningkatan bilangan iod seiring dengan peningkatan panjang minyak (oil length) dari resin (Ikhuoria, et. all., 2004).

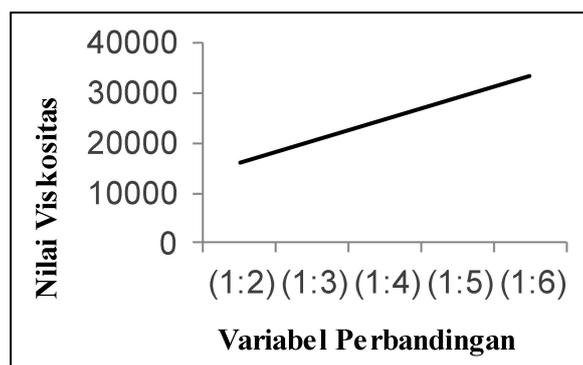
3.4. Viskositas

Hasil dari analisis viskositas pada sampel *alkyd resin* terhadap variabel perbandingan jumlah minyak dengan pelarut ialah:

Tabel 4. Hasil Analisis Viskositas

Variasi Perbandingan	Percobaan 1 (cP)	Percobaan 2 (cP)	Rata – Rata (cP)
1:2	15147	16197	15672
1:3	20294	20344	20319
1:4	25258	26021	25639,5
1:5	30258	30021	30139,5
1:6	32093	31993	32043

Dari Tabel 4. data disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Data Hubungan antara Nilai Viskositas terhadap Variabel Perbandingan

Uji viskositas dilakukan untuk mengetahui berat molekul polimer *alkyd resin* terhadap perbandingan jumlah bahan dengan jumlah pelarut. Hasil viskositas dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai perbandingannya maka semakin tinggi nilai viskositas dan semakin besar pula berat molekul dari produknya. Bertambahnya viskositas menunjukkan reaksi antara monogliserida dengan dibasic acid (phthalic atau maleic anhydride) terus berlangsung (Atimuttigul, et. all, 2006).

3.5. Warna

Hasil dari analisis warna pada *alkyd resin* terhadap variabel perbandingan jumlah minyak dengan pelarut ialah:

Tabel 5. Hasil Analisis Warna

Variabel Perbandingan	Warna
1:2	Kuning Gelap
1:3	Kuning Gelap
1:4	Kuning Gelap
1:5	Kuning Gelap
1:6	Kuning Cerah

Hasil warna pada penelitian ini menunjukkan besarnya nilai perbandingan menyebabkan warna yang dihasilkan semakin cerah. Hal ini disebabkan karena suhu proses yang berubah disetiap percobaan dilakukan. Pengujian dengan indera mata menjadi hal yang dapat menyebabkan hasil warna berbeda pada setiap orang yang melihat.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

- a. Minyak atsiri yang terkandung pada daun kemangi dapat dimanfaatkan menjadi bahan pembuatan *alkyd resin* dengan metode alkoholisis dan esterifikasi.
- b. Hasil bilangan asam dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi variasi perbandingannya maka semakin besar pula nilai asamnya. Mengacu nilai komersial maka perbandingan 1:5 dapat disimpulkan sesuai dan dijadikan kondisi proses penelitian selanjutnya.
- c. Semakin besar variasi perbandingan terhadap hasil bilangan iod, maka semakin tidak jenuh produk *alkyd resin* yang dihasilkan, dan semakin panjang minyak dari resinnya.
- d. Nilai viskositas yang dihasilkan menunjukkan bahwa semakin besar nilai variasi perbandingannya, maka semakin tinggi pula nilai viskositasnya dan semakin besar pula berat molekul dari produk *alkyd resin* dan semakin panjang pula rantai polimernya.
- e. Warna yang dihasilkan pada produk *alkyd resin* terhadap variasi perbandingan bahan dengan pelarut ialah kuning gelap (oranye).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan ke beberapa orang yang berpengaruh dalam membantu penulis menyelesaikan penelitian dan artikel ini :

- a. Terimakasih kepada Allah SWT karena nikmat kesehatan yang diberikan sehingga lancar dalam pengerjaan artikel ini.
- b. Orang tua yang telah membantu memberikan semangat dan doanya kepada penulis.
- c. Ibu Ani Purwanti, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing penelitian yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini sehingga didapatkan hasil seperti yang diinginkan.
- d. Rekan setim dan rekan angkatan yang selalu membantu dan memberikan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atimuttigul, V., Damrongsakkul, S., dan Tanthapani-chakoon, W. Effects of Oil Type on The Properties of Short Oil Alkyd Coating Materials. *Korean J.Chem.Eng.* 2006; 23: 672-677.
- [2] Fisher, L. A., dan Hayward, G.R., 1998. The Basic of Resin Technology, Oil and Colour Chemists' Association, United Kingdom.
- [3] Ikhuoria, E.U., Aigbodion, A.I., Okieimen, F.E. Enhancing The Quality of Alkyd Resin Using Methyl Esters of Rubber Seed Oil, *Tropical Journal of Pharmaceutical Research.* 2004; 3(1) : 311-317
- [4] Ikhuoria, E., U., Maliki, M., Okieimen, F., E., Aigbodion, A., I., Obaze, E. O., Bakare, I., O. Synthesis and Characterisation of Chlorinated Rubber Seed Oil Alkyd Resin. *Progress in Organic Coating.* 2007; 59: 134-137.
- [5] Nurandini, D., Rochmadi., Bardi, M.. Studi Kinetika dan Karakteristik Hasil Sintesis Alkyd Resin dari Gliserol dan Asam Adipat yang Termodifikasi Minyak Biji Karet. Laporan Tesis. Universitas Gadjah Mada; Yogyakarta: 2014.
- [6] Patton, Temple C., Alkyd Resin Technology: Formulating Techniques and Allied Calculations. New York: Interscience Publication. 1962
- [7] Prashantha, M., A., B., Premachandra, J., K., dan Amarasinge A., D., U., S., Mathematical Model for Predicting Gel Point in The Process of Manufacturing Alkyd Resins. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2008; 47: 8555-8560.
- [8] Roni, K. A., Agra, I. B., Sulistyono, H., 1998. Alkoholisis Minyak Biji Kepuh (*Sterculia Feotida L.*) pada Tekanan Lebih dari Satu atm dengan Katalisator Buangan Proses Perengkahan Minyak Bumi Pertamina Unit II Palembang, Teknosains UGM, 11.