

PENGARUH WAKTU DAN KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP KARAKTERISTIK PRODUK *WHITE* *COLORANT* DARI TITANIUM DIOKSIDA

Ratnawati, Linda A. Yoshi, Zaenal K. and Andri Y.

Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia

Jl. Raya Puspiptek, Serpong 15320, Tangerang Selatan

E-mail: rnwt63@yahoo.co.id

Diterima: 14 November 2017

Diperbaiki: 30 Januari 2018

Disetujui: 5 Februari 2018

ABSTRAK

PENGARUH WAKTU DAN KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP KARAKTERISTIK PRODUK *WHITE COLORANT* DARI TITANIUM DIOKSIDA. *White Colorant* adalah bahan baku utama dalam proses pembuatan cat di depo yang dibuat dari pigment TiO_2 . Proses pembuatan *white colorant* memerlukan waktu dan energi pengadukan yang besar untuk mencampurkan bahan seperti *binder*, *pigment*, *solvent* dan zat aditif. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan waktu dan kecepatan pengadukan yang optimal dari pencampuran bahan-bahan yang diperlukan agar diperoleh *white colorant* dari pigment TiO_2 yang memenuhi spesifikasi yang diinginkan oleh Pabrik cat di Tangerang. Variasi yang dilakukan adalah kecepatan pengadukan (1000, 1100 dan 1200) *rpm* dan waktu pengadukan (10, 15, 20, 25 dan 30) menit. Hasil optimum yang didapatkan adalah ukuran partikel TiO_2 sebesar 15 μm , viskositas 1900 cPs, total padatan 81,81%, warna DE 0,49 dan CR 98,12% pada kondisi kecepatan pengadukan 1200 *rpm* dan waktu 15 menit. Hasil ini sesuai dengan spesifikasi standard pabrik cat, yaitu ukuran partikel 10 μm hingga 30 μm , viskositas 1000 cPs hingga 6000 cPs, total padatan 79 % hingga 83%, warna DE sebesar 0,5, dan warna CR sebesar 80 % hingga 100%.

Kata kunci: *White colorant*, Titanium dioksida, Pengadukan

ABSTRACT

THE EFFECT OF TIME AND STIRRING ON PRODUCT *WHITE COLORANT* FROM TITANIUM DIOKSIDA. *White Colorant* is the main raw material in the paint making process in the depots. It made from TiO_2 pigment. The process of making white colorant requires a great stirring time and energy to mix the materials such as binders, pigments, solvents, and additives. The aim of this study is to get the optimum stirring time and speed from mixing the materials needed to obtain white colorant from TiO_2 pigment that meet the specification desired by paint Factory in Tangerang that is particle size of TiO_2 (10 μm to 30 μm), viscosity 1000 cPs to 6000 cPs, total solids 79 % to 83 %, DE color is 0.5, and CR is 80% to 100%. Variations made were stirring speed (1000, 1100 and 1200) rpm and stirring time (10, 15, 20, 25 and 30) minutes. The optimum results obtained are particle size of 15 μm , viscosity 1900 cPs, total solids 81,81%, color DE 0,49 and color CR 98,12% at stirring condition 1200 rpm in 15 minutes.

Keywords: *White colorant*, Titanium Dioxide, Stirring

PENDAHULUAN

Titanium dioksida (TiO_2) telah digunakan lebih dari 90 tahun yang lalu untuk beberapa aplikasi antara lain sebagai material fotokatalis untuk pengolahan limbah, produksi hidrogen, desinfeksi dan sebagai pigmen produk industri. Titanium dioxide lebih dipilih karena penghasil warna putih (*white colorant*) yang lebih baik

dibanding yang lain seperti *lithopone*, *zinc oxide*, dan timbal [1-3]. Struktur Titanium Dioksida dibagi menjadi 3 jenis yaitu *anatase*, *brookite*, dan *rutile* [2-4]. Perbedaan ketiga struktur akan mempengaruhi sifat fisik warna yang didapatkan, dimana warna akan memainkan peran penting dalam hal estetika dan penampakkannya

untuk memenuhi kebutuhan konsumen [1,5]. *White colorant* merupakan bahan baku utama dalam proses pembuatan cat di depo. Pembuatan warna ini dilakukan dengan proses pencampuran dan pengadukan antara pigmen, *binder*, *solvent* dan zat aditif [1,6]. Pigmen adalah partikel padat yang terdispersi dalam cat untuk memberikan sejumlah sifat tertentu pada cat, di antaranya warna, daya tahan (*durability*), kekuatan mekanis, dan perlindungan korosi pada substrat logam yang dilapisi.

Binder merupakan salah satu polimer yang digunakan sebagai pengikat dan pembentukan film. *Solvent* atau pelarut berfungsi untuk menjaga kekentalan cat agar tetap cair dan sebagai media pendispersi sedangkan zat aditif untuk meningkatkan kualitas cat dan mempercepat proses *wetting agent* [1]. Pencampuran dan pengadukan zat-zat penyusun *white colorant* memerlukan energi yang besar karena melibatkan pemecahan partikel menjadi partikel yang lebih kecil dan terdistribusi kedalam cairan yang mengarah ke suspensi koloid. Suspensi koloid ditandai dengan partikel halus yang terpisah dan tidak mengendap.

Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa daya mekanik yang ditransfer ke *millbase* erat kaitannya dengan pengadukan yang akan mempengaruhi kualitas produk terutama distribusi ukuran partikel yang akan mempengaruhi refleksi warna yang dihasilkan [1,3]. Sebagai contoh, ukuran partikel antara 200 nm hingga 300 nm dapat direfleksikan dengan baik antara 400 nm hingga 1700 nm [7] dengan hamburan *peak* pada intensitas 500 nm sedangkan ukuran 10 μm , efisiensi refleksi antara 800 sampai 2300 nm dan kurang baik pada 400 hingga 800 nm [3,8].

Penelitian yang terus dilakukan selama ini adalah melihat pengaruh kecepatan dan waktu pengadukan terhadap kualitas produk *white colorant*. Hal ini dirasa penting karena kecepatan pengaduk dan waktu pengadukan sangat berparuh terhadap energi yang diperlukan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan waktu dan kecepatan pengadukan yang optimal untuk memperoleh karakteristik *white colorant* dari Titanium Dioksida yang memenuhi spesifikasi seperti ukuran partikel 10 μm hingga 30 μm [9], viskositas 1000 cPs hingga 6000 cPs [10], total padatan 79 % hingga 83% [11], warna DE (0,5) dan warna CR 80 % hingga 100% [12,13] sehingga dapat menekan energi yang dibutuhkan.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah Alkyd Resin sebagai *binder* (konsentrasi 69,72%), Butil Alkohol sebagai *solvent* (konsentrasi 99,93%, supplier PT. Indochemicals Citra), Metoksi Propil Asetat sebagai *solvent* (konsentrasi 99,89%, supplier PT. Indochemicals

Citra), Pegasol 100 sebagai *solvent* (konsentrasi 99,56%, supplier PT. Indochemicals Citra), *Rheology Agent* sebagai zat aditif (kemurnian 97,34%, supplier Hangzhou Sino-Holding Chemicals CO., LTD), *Spendox* sebagai zat aditif (kemurnian 51,1 %, supplier Headway Advanced Materials Inc.), Disponer sebagai zat aditif (kemurnian 52,72%, supplier PT. Brenntag), *Methyl Ethyl Ketoxime* sebagai *solvent* (kemurnian 99,98%, supplier Gujarat State Fertilizers Chemicals), dan Titanium Dioksida sebagai *pigment* (kemurnian 99,97%, ukuran partikel 79,5 μm (*Certificate of Analyse/* data dari *supplier*), supplier Henan Billions Chemicals Co, Ltd).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini Mesin Pendraulik model 90 S-2 spesifikasi daya 2 HP (Platindo), Neraca Analitik model AB 204 dan BBA 2211 spesifikasi penimbangan 210 gram (*Mettler Toledo*), Spektrofotometer warna model SF 450X untuk spesifikasi pembacaan DE CR (DCI) untuk uji warna dan *contrast ratio*, Shaker model 1410-A1N spesifikasi pengoperasian 0-8H (Red Devil), Grindometer model PD-1510 spesifikasi pengukuran 0-50 μm (BYK Gardner) untuk uji kehalusan atau ukuran partikel, viscometer Brookfield model RVT spesifikasi pengukiran 0-2E¹⁰ cPs (Brookfield Instrument) untuk uji viskositas, Oven Memmert model UM-400 spesifikasi 0-220p C (Memmert) untuk uji total padatan, Aplikator Batang model film width 60 mm spesifikasi pengujian 30,60,90,120 μm (BYK Gardner), Timer model TMR-71 spesifikasi pengoperasian 0-24 jam (Casio), Botol Sampel dan Spatula.

Cara Kerja

Pembuatan *White Colorant*

Prosedur penelitian adalah dengan mencampurkan bahan *Alkyd Resin*, *Buthyl Alkohol*, *Rheology Agent*, *Spendox*, dan *Disponer* dalam jumlah tertentu kedalam tangki. Selanjutnya dilakukan proses pengadukan dengan menambahkan Titanium Dioksida dan Metoksi Propil Asetat dengan variasi kecepatan pengadukan 1000 *rpm*, 1100 *rpm* dan 1200 *rpm* dengan masing-masing variasi dilakukan selama 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit. Selama operasi pengadukan berlangsung ditambahkan Pegasol dan *Methyl Ethyl Ketoxime* dan suhu akan naik menjadi sekitar 60 °C.

Karakterisasi *White Colorant*

Ukuran partikel atau kehalusan partikel *white colorant* diukur dengan alat Grindometer 50 μm sesuai *Standard Internasional* yaitu *ASTM D 1210-96*. Pengukuran viskositas dilakukan dengan alat *Brookfield Viscometer* RVT untuk spesifikasi produk 1000 cPs hingga 6000 cPs menggunakan *ASTMD 2983-15*. Pengujian Total Padatan menggunakan *Oven Memmert* berdasarkan *ASTMD 1353-13* dan *ASTMD 1259-06*. Sedangkan untuk

parameter pengujian *Delta Error (DE)* berdasarkan *ASTMD 2066-03* digunakan Spektrofotometer Data Color pada spesifikasi produk sebesar 0,5 dan untuk parameter pengujian *Contras Ratio (CR)* dengan spesifikasi produk 80 % hingga 100 % menitdigunakan prosedur sesuai dengan *JIS K 5400-1990*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan *white colorant* untuk masing masing variasi kecepatan dan waktu pengadukan dilakukan secara tripplo dan hasil karakterisasinya dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan untuk pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap masing-masing karakteristik *white colorant* dapat dilihat pada Gambar 1 hingga Gambar 4.

Table 1. Data penelitian

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Pengadukan (menit)	Ukuran Partikel TiO ₂ (µm)	Viskositas (cPs)	Total Padatan (%)	Warna	
					DE	CR
1000	10	25	1350	78,54	0,92	97,06
	15	20	1700	78,95	0,73	97,32
	20	17,5	2100	79,34	0,65	97,93
	25	15	2300	79,78	0,47	98,13
	30	15	2550	80,16	0,45	98,27
1100	10	20	1400	79,22	0,78	97,61
	15	17,5	1800	79,78	0,69	97,89
	20	15	2300	80,26	0,49	98,04
	25	12,5	2500	80,74	0,37	98,17
	30	12,5	2900	81,66	0,35	98,47
1200	10	17,5	1600	81,17	0,67	98,08
	15	15	1900	81,81	0,49	98,12
	20	12,5	2300	82,43	0,33	98,51
	25	10	2700	82,71	0,09	98,87
	30	10	3500	83,30	0,07	99,37

Pengaruh Waktu dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Ukuran Partikel

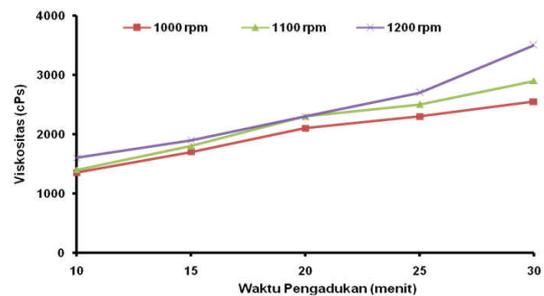
Pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap ukuran partikel dapat dilihat pada Gambar 1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu pengadukan dan semakin besar kecepatan pengadukan maka ukuran partikel TiO₂ menjadi semakin kecil (halus) dan menjadi konstant setelah 25 menit pengadukan. Kehalusan partikel adalah penyeragaman dan pemecahan ukuran partikel *pigment* yang teradukkan kedalam resin dan ini tergantung dari kepolaran dan tegangan muka bahan yang diaduk [19].

Penambahan *additive* bertujuan agar tegangan muka menjadi seragam dengan *solvent* yang digunakan. Kecepatan pengadukan pada pembuatan *white colorant* menunjukkan lama kontak antara TiO dengan *alkyd resin, additive dan solvent* yang digunakan. Semakin lama dan semakin tinggi kecepatan yang digunakan dalam proses pengadukan kehalusan partikel yang didapat akan semakin halus. Hal ini dikarenakan dengan adanya pengadukan maka molekul-molekul saling bertumbukan dengan yang lain [15] sehingga semakin besar kecepatan pengadukan yang dilakukan maka proses tumbukan antar molekul menjadi lebih intensif [14,15] dan waktu yang diperlukan akan lebih singkat, dimana dengan adanya

pengadukan selain kehalusan yang diperoleh, pengadukan akan mempengaruhi suhu reaktor yang akan naik. Suhu ini dalam proses pengadukan harus terus dijaga pada kondisi operasinya [19,20]. Dari Gambar 1, semua waktu dan kecepatan pengadukan yang divariasikan menghasilkan kehalusan *white colorant* yaitu antara 10 µm hingga 25 µm yang sesuai spesifikasi.

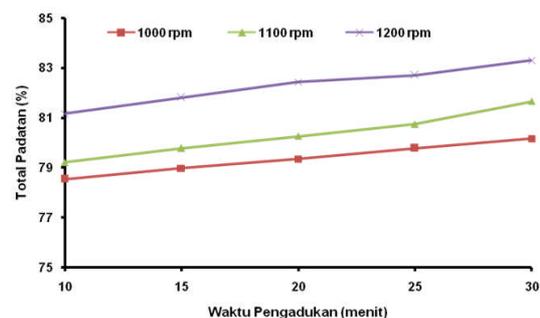
Pengaruh Waktu dan Kecepatan Pengadukan terhadap Viskositas dan Total Padatan

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan dan semakin besar kecepatan pengadukan, viskositas *white colorant* menjadi semakin besar (semakin kental). Viskositas merupakan parameter pengujian *white colorant* yang dapat dilihat dari perubahan fisika. Perubahan fisika yang terjadi adalah dengan kenaikan suhu saat proses dan kecepatan pengadukan berlangsung. Hal ini dikarenakan *solvent* yang digunakan seperti butanol, pegasol 100 dan metoksi propil asetat menguap pada suhu 65°C, sedangkan anti *skinning (methyl ethyl ketoxime)* menguap pada suhu 40°C sehingga akan menyebabkan viskositas mengalami kenaikan.



Gambar 1. Pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap viskositas.

Fenomena yang terjadi pada viskositas juga sama halnya pada pengaruh lama waktu dan kecepatan pengadukan terhadap total padatan yang semakin besar (Gambar 2). Karena parameter perubahan total padatan sendiri juga dilihat dari perubahan fisika dan keduanya (viskositas dan total padatan) erat kaitannya dipengaruhi oleh ukuran partikel. Menurut Yulianto dkk (2012)



Gambar 2. Pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap total padatan.

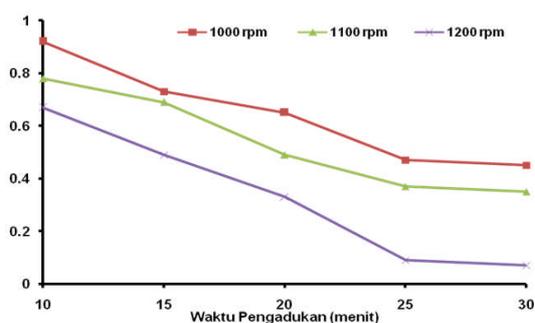
viskositas dengan ukuran partikel yang besar akan memiliki nilai viskositas yang lebih besar dibanding ukuran partikel yang lebih kecil. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian sebelumnya, dimana viskositas dan total padatan naik dikarenakan sebagian besar *solvent* menguap. Hal ini disebabkan oleh reaktor tidak dilengkapi dengan jaket pendingin yang berfungsi untuk menjaga suhu agar tidak naik selama proses pegadukan supaya *solvent* tidak menguap. Total padatan berhubungan dengan daya tutup cat (*hiding power*) yang akan mempengaruhi kebutuhan cat yang dibutuhkan [18] dan menurut SNI minimum total padatan dalam suatu cat adalah 40%.

Dari Gambar 1, untuk semua waktu dan kecepatan pengadukan yang divariasikan menghasilkan viskositas antara 1350 cPs hingga 3500 cPs yang sesuai spesifikasi (1000-6000) cPs. Kondisi proses 1000 rpm selama 10 menit dan 15 menit sedangkan 1200 rpm selanma 30 menit menghasilkan total padatan *white colorant* yang tidak sesuai spesifikasi.

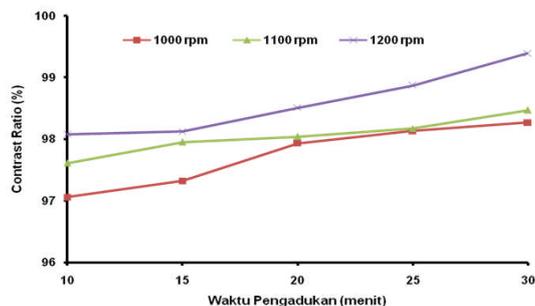
Pengaruh Waktu dan Kecepatan Pengadukan terhadap Spesifikasi Warna DE dan Contrast Ratio

Pada Gambar 3 menunjukkan pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap spesifikasi warna DE yang dihasilkan. Semakin besar kecepatan dan semakin lama waktu pengadukan menghasilkan spesifikasi warna DE yang baik sebesar 0,5. Spesifikasi Warna DE dipengaruhi oleh ukuran partikel yang erat kaitannya dengan daya tutup.

Daya tutup (*Contrast Ratio*) itu sendiri adalah kapasitas dari bahan pelapis untuk menyembunyikan warna atau memberikan perbedaan warna pada suatu substrat. Daya tutup ini juga dipengaruhi oleh lamanya dan besarnya kecepatan pengadukan. Hasil analisis yang dilakukan tersaji pada Gambar 4. Semakin besar kecepatan dan semakin lama waktu pengadukan menghasilkan daya tutup (*Contrast Ratio*) yang semakin baik yaitu mendekati 100%. Analisa ini masih memenuhi spesifikasi yang diinginkan perusahaan sebesar 97,06 % hingga 99,37%. Ukuran partikel erat kaitannya dengan daya tutup. Ukuran partikel yang



Gambar 3. Pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap warna DE.



Gambar 4. Pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap spesifikasi Contrast Ratio.

semakin kecil maka daya tutupnya akan semakin baik. Nilai daya tutup teridentifikasi dari luas area (m²) kontras substrat yang terlapsi atau tertutupi dengan sejumlah (liter) cat kering yang memberikan efek terhadap kekuatan hamburan. Oleh sebab itu semakin kecil ukuran partikel maka semakin baik daya tutupnya.

Pada Tabel 1 dan Gambar 1 hingga Gambar 4, terlihat bahwa analisis karakteristik produk akibat dari pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan ditunjukkan hasil yang sesuai pada menit ke-25 kecepatan pengadukan 1000 rpm, menit ke-20 dengan kecepatan pengadukan 1100 rpm, menit ke-15 dengan kecepatan pengadukan 1200 rpm. Sehingga berdasarkan konsumsi energi, kondisi yang optimum untuk proses pembuatan *white colorant* adalah pada waktu pengadukan 15 menit dengan kecepatan pengadukan 1200 rpm.

KESIMPULAN

Waktu dan kecepatan pengadukan mempengaruhi kehalusan, viskositas, total padatan dan spesifikasi warna *white colorant* yang dihasilkan. Hasil studi terhadap waktu dan kecepatan pengadukan terhadap karakteristik *white colorant* dari Titanium Dioksida dapat disimpulkan bahwa waktu dan kecepatan pengadukan yang terbaik adalah kecepatan 1200 rpm dengan waktu 15 menit. Hasil tersebut didasarkan oleh karakteristik produk yang diinginkan oleh Pabrik Cat dan mempertimbangkan dari segi energi yang dibutuhkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LP3M) Institut Teknologi Indonesia dan pabrik Cat di Tangerang atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- [1]. J. W. P. Boke. "Calcium Carbonate Particle Size Effects on Titanium Dioxide Light Scattering in Coatings". M.A. Thesis, Faculty of California Polytechnic State University: Master of Science in Polymers and Coatings, 2013.

- [2]. R. Levinson, P. Berdahl, and H. Akbari. "Solar Spectral Optical Properties of Pigments-Part II: Survey of Common Colorants." *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 89, pp. 351-389, 2005.
- [3]. J. Song, J. Qin, J. Qu, Z. Song, W. Zhang, X. Xue, Y. Shi, T. Zhang, W. Ji, R. Zhang, H. Zhang, Z. Zhang, X. Wu. "The Effects of Particle Size Distribution on The Optical Properties of Titanium Dioxide Rutile Pigments and Their Applications in Cool Non-White Coatings". *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 130, pp. 42-50, 2014.
- [4]. I. Kunie dan P. Hrvoje. "Raman Generation of Coherent Phonons of Anatase and Rutile TiO₂ Photoexcited at Fundamental Absorbtion Edges". *Physical Reviews*, vol. 86, pp. 201-205, 2012.
- [5]. E. Nugroho. "Pengenalan Teori Warna". Jakarta : Pustaka Amani Kusrianto, 2007.
- [6]. E. Ikhuoria, M. Maliki, F.E. Okieimen, A.I. Aigbodion, E.O Obaze and I. O. Bakare. "Synthesis and Characteristion of Chlorinated Rubber Seed Oil Alkyd Resin. *Progress in Organic Coatings*." vol. 59, pp. 134-137, 2007.
- [7]. S. R. Sandler and W. Karo. "Polymer Syntheses". Second Edition. California: Academic Press. pp. 157-187, 1996.
- [8]. L. Jiang, X. Xue, J. Qu, J. Qin, J. Song, Y. Shi, W. Zhang, Z. Song, J. Li, H. Guo, T. Zhang. "The Methods for Creating Energy Efûcient Cool Gray Building Coatings-Part II: Preparation from Pigments of Complementary Colors and Titanium Dioxide Rutile." *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 130, pp. 410-419, 2014.
- [9]. X. Xue, J. Qin, J. Song, J. Qu, Y. Shi, W. Zhang, Z. Song, L. Jiang, J. Li, H. Guo, T. Zhang. "The Methods for Creating Energy Efûcient Cool Gray Building Coatings-Part I: Preparation from White and Black Pigments". *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 130, pp. 587-598, 2014.
- [10]. Test Method for Fineness of Dispertion of Pigment-Vehicle Systems by Hegman-Types Gage. ASTM D 1210-96.
- [11]. Test Method for Low Temperature Viscosity of Lubricants Measured by Brookfield Viscometer. ASTM D 2983-15.
- [12]. Test Method for Nonvolatile Matter in Volatile for use in Paint Varnish Lacquer, and Related Products. ASTM D 1353-13.
- [13]. Test Method for Nonvolatile Content of Resin Solution. ASTM D 1259-06.
- [14]. Test Method for Relative Tinting Strength of Paste-Type Printing Ink Dipertion. ASTM D 2066-07(2012).
- [15]. S. Putra, S. Rantjono, T. Arifiansyah. "Optimasi Tawas dan Kapur untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-131". Seminar Nasional Nuklir Yogyakarta, 2009.
- [16]. L. M. Zahro, M. Istiorini, S. Listyarini dan Z. M. Jannah. "Penyiapan Baku dalam Proses Fermentasi Fase Cair Asam Sitrat Melalui Proses Hidrolisa Ampas Singkong." Internet : http://eprints.undip.ac.id/36766/1/66.Artikel_Ilmiah.pdf. 2011.
- [17]. F. T. Yulianto, L. U. Khasanah, R. B. K. Anandito. "Pengaruh Ukuran Bahan dan Metode Destilasi (Destilasi Air dan Destilasi Uap Air) terhadap Kualitas Minyak Atsiri Kulit Kayu Manis (Cinnamomum burmannii)." *Jurnal Teknosains dan Pangan*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [18]. B. Kurniawan. " Pengaruh Penggunaan Binder Akrilik dan Poliester terhadap Kualitas Cat Tembok sesuai SNI". M.A. Thesis. Universitas Negeri Semarang. 2013.
- [19]. Cat Tembok Emulsi. SNI 3564:2009.
- [20]. Song, Z., Zhang, W., Shi, Y., Song, J., Qu, J., Qin, J., Zhang, Tao., Li, Y., Zhang, H., Zhang, R. "Optical Properties Across The Solar Spectrum and Indoor Thermal Performance of Cool White Coatings for Building energy Efficiency." *Energy and Buildings*, vol. 63, pp.49-58, 2013.
- [21]. Uemoto, K, L., Sato, N, M, N., and John, V, M. "Estimating Thermall Performance of Cool Colored Paints." *Energy and Buildings*, vol. 42, pp. 17-22, 2010.
- [23]. Santamouris, M., Synnefa, A., and Karlessi, T. "Using Advanced Cool Materials in The Urban Built Environment to Mitigate Heat Islands and Improve Thermal Comfort Conditions". *Solar Energy*, vol. 85, pp. 3085-3102, 2011.