

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Membran fotokatalitik dapat dibuat dari bahan dasar selulosa diasetat serat daun nanas dan TiO_2 .
2. Membran fotokatalitik memiliki kinerja yang semakin meningkat dengan meningkatnya TiO_2 yang ditambahkan pada membran. Membran fotokatalitik yang memiliki kinerja optimal ialah membran dengan komposisi TiO_2 1% dengan waktu penguapan 30 detik memiliki nilai fluks sebesar $11251,14 \text{ L.m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$ dan nilai rejeksi sebesar 95,34%.
3. Membran fotokatalitik cukup efektif dalam mendegradasi *congo red*. Membran fotokatalitik dengan komposisi TiO_2 1% dengan dan waktu penguapan 30 detik memiliki kemampuan mendegradasi *congo red* hingga 83,228%.
4. Membran fotokatalitik memiliki sifat mekanik yang semakin meningkat dengan meningkatnya TiO_2 yang ditambahkan pada membran. Membran fotokatalitik yang memiliki sifat mekanik optimal ialah membran dengan komposisi TiO_2 1% dengan waktu penguapan 30 detik memiliki nilai stress sebesar $63,83 \text{ (N/cm}^2\text{)}$, nilai strain sebesar 0,03 dan nilai Modulus Young sebesar $1926,45 \text{ (N/cm}^2\text{)}$.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diusulkan antara lain:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai aplikasi membran selulosa diasetat dengan penambahan TiO_2 untuk degradasi limbah dengan menggunakan limbah lain seperti fenol, detergen dan lain-lain.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi waktu degradasi dengan penyinaran uv untuk meningkatkan kinerja fluks dan rejeksi pada membran fotokatalitik.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, La Ode, 2005, **Pembuatan dan Karakterisasi Membran Selulosa Diastet dari Pulp Merang**, Tesis Program Studi Kimia, Institut Teknologi Bandung.
- Alfred, D., 1993, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 5 fourth edition, John Wiley and Sons, Inc, French.
- Anpo, M, 1996, *Surface Photochemistry*, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England.
- Baker, M, 1999, *Material Safety Data Sheet*, Mallinckrodt baker, Inc, Phillipsburg, New York.
- Baker, M, 2004, *Membrane Technology and Application*, 2nd Edition, McGraw-Hill Baker, Menlo Park, California. Page: 237-299.
- Bae, Tae-Hyun, Tae-Moon, 2005, **Effect of TiO₂ Nanoparticles on Fouling Mitigation of Ultrafiltration Membrane for Activated Sludge Filtration**, *Journal of Membrane Science*, Seoul National University, South Korea.
- Balgerman, D., Smolder, C, A., 1986, *Liquid Membran, Synthetic Membranes: Science, Engineering and Application*, Bungay, P, M (Editor). D. Reidel Publishing Company, The Netherlands, Page:569.
- Banfield, P, 2001, *Chromic Phenomena: The Technological Applications of Colour Chemistry*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Braun, Robert, D, 1987, *Introduction to Instrumental Analysis*, University of Southwestern Louisiana, New York, Mc Graw Hill Book Company, Page : 578-582.
- Budhiarto, Adhi, 2008, **Rangkuman Diskusi Waste Management For Plant, Migas Indonesia**, Jakarta.
- Carl, J., Malm, L. J., Tanghe, B. C., Laird., 1997, **Preparation of Cellulose Acetate**, Industrial and Engineering Chemistry.
- Ciptaraharja, Iman, 2006, **Membran Nanofiltrasi untuk Penghilangan Ion Valensi Tinggi dan Senyawa Organik dari Sumber Air Salinitas Tinggi**, *Tesis Program Studi Teknik Kimia*, Institut Teknologi Bandung.
- Christina, M., Mu'nisatun., Saptaji, R., Mardjanto, D., 2007, **Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange)**

dalam Pelarut Air menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 keV/10 mA, *JFN*, Vol.1 No.1, ISSN 1978-8738, Hal: 31-44.

- Damsel, J. Grzechulska., Tomaszewska, M., Morawski, A.W., 2009, **Integration of Photocatalysis with Membrane Processes for Purification of Water Contaminated with Organic Dyes**, Institute of Chemical and Environment Engineering, Szczecin University of Technology, Poland, *desalination 241*, Page: 118-126.
- Daniels, F., Alberty, R.A., Williams, J.W., Cornwell, C.D., Bender, P. and Hariman, J.E., 1970, *Experimental Physical Chemistry*, 7th edition, Mc.Graw Hill, New York, Page : 157-166, 329-335.
- Darmo, 2009, **Bersahabat dengan Alam dan Mencegah Global Warming, Teknologi Hijau untuk Mencegah Global Warming**, *Majalah Good House Keeping*.
- Diapati, Maipa, 2009, **Ampas Tebu sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif Cibacron Red**, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Drioli, E, Giorno, L, 2009, *Membrane Operation, Innovative Separations and Transformation*, WILEY VCH, Republic of Germany.
- Eriksen, Rune Leithe, 2001, *Pulp Bleaching Around the Baltic Sea*, Greenpeace International, Gothenburg.
- Essawy, A.A., Ali, A. El-Hag., Mottaleb, M. S. A., Abdel., 2008, **Application of Novel copolymer-TiO₂ Membranes for Some Textile Dyes Adsorptive Removal from Aqueous Solution and Photocatalytic Decolorization**, *Journal of Hazardous Materials 157*, Page: 547–552.
- Ewing, G, W, 1985, *Instrumental Methods of Chemical Analysis*, Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Fadullah, 2004, **Pola Rejeksi COD Limbah Cair Industri Tekstil menggunakan Proses Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem aliran Dead-End dan Cross-flow**, *Tesis Magister*, Program Pasca Sarjana, Institute Teknologi Bandung.
- Fatimah, I., Sugiharto, E., Wijaya, K., Tahir, I., Kamalia., 2006, **Titanium Oxide Disperse on Natural Zeolite (TiO₂/Zeolite) and It's Application for Congo Red**, *Indo. J. Chem*, Hal: 38-42.
- Fengel, D., Wegener, G., 1995, *Kayu, Kimia Ultrastruktur Reaksi-Reaksi*, Edisi 1, UGM Press, Yogyakarta.

- Fessenden, R. J., Fessenden, J. S., 1995, *Kimia Organik*, Edisi 3, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Fujishima, A., 2002, *Antibacterial and Anticorrosion Effects of Titanium Dioxide Photocatalytic Coatings*, Departement of Applied Chemistry, The University of Tokyo.
- Garcia, Molinaa, V., 2006, **Ultrafiltration of Aqueous Solutions Containing organic polymers**, *Desalination*, Page: 189, 110-118.
- Goldstein, J., Newbury, D., Joy, D., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L., Michael, J., 2003, *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*, third edition, Volume 1, McGraw-Hill/Baker, New York. Page: 1-10.
- Hidayat, Prayitno, 2008, **Teknologi Pemanfaatan Serat daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil**, *Jurnal Teknik Kimia*, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Hal:31-35.
- Hidayat, 2010, **Pertumbuhan Industri Tekstil Melambat**, *Koran Tempo*, Jakarta: 23 April 2010.
- Horn, M., C.F. Schwerdtfeger, E. P., Meagher., 1972, **Refinement of the Structure of Anatase at Several Temperatures**, *Zeitschrift fur Kristallographie*, Page: 136, 273-281.
- Idris, Fahmi, 2007, **Laporan Pengembangan Sektor Industri Tahun 2007**, Departemen Perindustrian, Hal:13-157.
- Indrapraja, E, 2007, **Pembuatan Membran Selulosa Asetat dari Serat Daun Nanas (Ananas comosus)**, *Skripsi Jurusan Kimia*, FMIPA, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Jagannadh, S. N., Muralidhara, H. S., 1996, *Electrokinetics to Control Membrane Fouling*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, Page: 1134-1140.
- Kartika, Siska Ela, 2009, **Modifikasi Limbah Fly Ash sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Congo Red yang Ramah Lingkungan dalam Upaya Mengatasi Pencemaran Industri Batik di Surakarta**, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Khulbe, K.C., Matsuura, T., Lamarche, A. M., Choi, C., Noh, S. H., 2001, **Study of The Structure of Asymmetric Cellulose Acetate Membranes for Reverse Osmosis using Electron Spin Resonance (ESR) Methode**, *Polymer 42*, *Elsevier Science*, Page:6479-6484.

- Kirk, R. E., 1992, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol.4, 4th edition, John Wiley & Sons, New York.
- Lin, Feng, 2006, **Preparation and Characterization of Polymer TiO₂ Nanocomposites Via In-situ Polymerization**, *Thesis*, University of Waterloo.
- Molinari, R., Borgese, M., Drioli, E., Palmisano, L., Schiavello, M., 2002, **Hybrid Processes Coupling Photocatalysis and Membranes for Degradation of Organic Pollutants in Water**, Elsevier, *Catalysis Today* 75, Italy, Page: 75-85.
- Mozaia, S., Toyoda, M., Tsumura, T., Inagaki, M., Morawski, A.W., 2007, **Comparison of Effectiveness of Methylene Blue Decomposition using Pristine and Carbon-Coated TiO₂ in a Photocatalytic Membrane Reaktor**, *Desalination* 212, Page: 141-151.
- Naumov, V. N., G.I. Frolova, V. V., Nogteva, P. A., Stabnikov, V. A., Nadolinny, Y. G., Shvedenkov, I. K., Igumenov., 2000, **Low-Temperature Thermochromism of Chromium Tris-Acetylacetonate and The Anomaly of Specific Heat within the Range 30-210 K**, *Chemistry for Sustainable Development*, 8, 231-235.
- Ni, M., Michael K. H., Leung, Dennis Y. C., Leung, K., Sumathy, 2007, **A Review and Recent Developments in Photocatalytic Water-Splitting using TiO₂ for Hydrogen Production**, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Page: 11, 401-425.
- O'neil, M. J, 2001, *The Merck Index : An Enclopedia of Chemical, drugs, and Biological*, 13thed, Merck & Co. Inc, New York, Page: 437.
- Ousman, M., Bennasar, M., 1996, **Influence of Working Conditions on Hydraulic Resistances to Filtrate Flux During Cross Low Filtration of The Starch Suspension**. *Sciencesdes Aliments*, Page: 16, 247-265.
- Pabby, A. K., Rizvi, S. S. H., Sastre, A. M., 2009, *Handbook Of Membrane Separation*, CRC Press, Taylor and Francis Group, New York.
- Razi, Fachrul, 2004, **Kajian Pemisahan Gas H₂/CO₂ Menggunakan Membran Polimer**, *Tesis*, Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung.
- Rizzo, L., J. Koch, V., Belgiorno, M. A., Anderson., 2007, **Removal of Methylene Blue in a Photocatalytic Reactor using Polymethyl Methacrylate Supported TiO₂ Nanofilm**, *Desalination*, Page: 211, 1-9.

- Rosaliana, Esti., Novitasari, W., Susanti, Indah., Jayanti, N. E., 2008, **Pembuatan Etanol dari Sari Kulit Nanas**, Catatan Ringan Nurhidayat.
- Rustami, Emir. J., 2008, **Pembuatan Membran Fotokatalis Titanium Dioksida Berpendukung Polistiren dengan Pemeka Cahaya Trisasetilasetonatokromium(III)**, *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam*, Institute Teknologi Bandung.
- Sadeli, E., 2008, **Teknologi Membran Pada Pemrosesan Pangan**, Artikel, *Majari Magazine*, Jakarta.
- Shanty, 2010, **Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Tekstil**, *Biology Resources*, Kumpulan artikel, Makalah dan Ikhtisar Biologi, Universitas Semarang.
- Sjostrom, E, 1995, *Kimia Kayu: Dasar-Dasar dan penggunaannya*, Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Skoog, D.A., West, D. M., 1980, *Principles of Instrumental Analysis*, Second Edition, Sounders College, Philadelphia.
- Steinmeier, H, 2004, *Acetate Manufacturing, Process and technology, Macromol. Symp*, Page: 208, 49-60.
- Stevens, M. P, 2001, *Kimia Polimer*, Terjemahan Iis Sopyan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Strathman, H, 1985, **Electrodialysis and It's Application in the Chemical Process Industri**, *Separation and Purification Methods*, Volume 14, Dekker, New York.
- Sudarmadji, S., 1989, *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*, Edisi I, Universitas Indonesia Press, Jakarta, hal . 1-40.
- Swope, J.R., Smyth, J. R., Larson, A.C., 1995, **H in Rutile-type Compounds: I. Single-Crystal Neutron and X-ray Diffraction Study of H in Rutile**, *American Mineralogist*, Page: 80, 448-453.
- Tapalad, Thirachitra., Neramittagapong, Arthit., Neramittagapong, Sutasinee., Boonme, Mallika., 2008, **Degradation of Congo Red by Ozonation**, *Chian Mai Journal Science*, Page: 63-68.
- Tietenberg, Tom, 1998, *Environmental Economics and Policy*, Colby College, Ed. Ke-2 USA: Addiso-Wesley.

- Underwood, A. L., Day, R. A., 1996, *Analisis Kimia Kualitatif*, Edisi 5, Erlangga: Jakarta.
- Voigt, G; Fischer, P; Puhlfür, M; Schleifenheimer, M; Stahn., 2003, **TiO₂-NF-Membranes on Capillary Supports**, *Sep. Purif. Technol.* 32, Page: 87–91.
- Wenten, I.G, 1996, **Membrane Technology for Industri and Environmental Protection**, UNESCO, *Center for Membran Science and Technology*, Institut Teknologi Bandung.
- Widyaningsih, Senny, 2003, **Pembuatan Membran Selulosa Diacetat dari Kenaf (*Hisbiscus cannabicus*)**, *Tesis Magister*, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., Kuriaysih, D., 2006, **Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red**, *TEKNOIN*, Vol. 11, hal:199-209.
- Zhang, H., Quan, Z., Chen, S., Zhao, H., Zhao, Y., 2006, **Fabrication of Photocatalytic Membrane and Evaluation its Efficiency in Removal of Organic Pollutants from Water**, *Separation and Purification Technology* 50, Page:147–155.

Lampiran 1

Data Hasil Pengukuran Ketebalan Membran

Komposisi TiO ₂ (%)	Variasi Waktu Penguapan (detik)	Ketebalan Membran (mm)					Rata- Rata (mm)
		Kiri Atas	Kanan Atas	Kiri Bawah	Kanan Bawah	Tengah	
0,00	20	0,04	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04
	25	0,02	0,04	0,03	0,01	0,03	0,03
	30	0,01	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02
	35	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03
0,25	20	0,06	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
	25	0,09	0,09	0,06	0,07	0,09	0,08
	30	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
	35	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
0,5	20	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
	25	0,04	0,04	0,04	0,02	0,05	0,04
	30	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
	35	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
0,75	20	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,022
	25	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,03
	30	0,05	0,03	0,03	0,04	0,06	0,04
	35	0,05	0,03	0,03	0,05	0,06	0,04
1	20	0,23	0,02	0,04	0,04	0,04	0,08
	25	0,03	0,03	0,03	0,03	0,63	0,15
	30	0,03	0,06	0,03	0,03	0,08	0,05
	35	0,01	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03

Lampiran 2

Data Hasil Pengukuran Kinerja Membran

Komposisi TiO ₂ (%)	Variasi Waktu Penguapan (detik)	Volume Permeat tiap 3 menit (mL)		Volume rata-rata (L)	Fluks (L.m ⁻² .hari ⁻¹)	Rejeksi (%)
0,00	20	22	15	18,5 x 10 ⁻³	4524,91	68,18
	25	25	21	23 x 10 ⁻³	5625,57	65,68
	30	35	28	31,5 x 10 ⁻³	7704,58	69,23
	35	28	25	26,5 x 10 ⁻³	6481,63	61,57
0,25	20	26	16	21 x 10 ⁻³	5136,39	90,03
	25	35	24	29,5 x 10 ⁻³	7215,4	90,71
	30	36	21	28,5 x 10 ⁻³	6970,81	92,16
	35	26	14	20 x 10 ⁻³	4891,8	92,22
0,5	20	28	17	22,5 x 10 ⁻³	5503,27	90,65
	25	35	21	28 x 10 ⁻³	6848,52	91,45
	30	33	24	28,5 x 10 ⁻³	6970,81	93,77
	35	25	13	19 x 10 ⁻³	4647,21	93,55
0,75	20	55	26	40,5 x 10 ⁻³	9905,89	94,29
	25	54	27	40,5 x 10 ⁻³	9905,89	94,41
	30	55	29	42 x 10 ⁻³	10272,8	94,57
	35	40	21	30,5 x 10 ⁻³	7459,99	95,03
1	20	46	38	42 x 10 ⁻³	10272,8	95,25
	25	44	40	42 x 10 ⁻³	10272,8	95,28
	30	52	40	46 x 10 ⁻³	11251,1	95,34
	35	46	40	43 x 10 ⁻³	10517,4	94,41

Penentuan nilai fluks dirumuskan dalam persamaan:

$$J = \frac{V}{A.t}$$

Dengan: J = fluks (L.m⁻² . hari⁻¹)

t = waktu (hari)

V = volumen permeat (L)

A= Luas permukaan membran (m²)

Contoh perhitungan:

$$V = 21 \text{ mL} = 0,0021 \text{ L}$$

$$t = 3 \text{ menit} = 0,05 \text{ jam} = 2,0833 \times 10^{-3} \text{ hari}$$

$$A = \pi r^2 = 3,14 (2,5)^2 = 19,625 \text{ cm}^2 = 1,9625 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Lampiran 3

Hasil Pengukuran Sifat Mekanik Membran

Komposisi TiO ₂ (%)	Variasi Waktu Penguapan (detik)	Gaya (N)	Δl (mm)	Stress (N/cm ²)	Strain	Modulus young (N/cm ²)
0,00	20	2	0,221	26,32	0,03	952,61
	25	1	0,345	20	0,04	463,77
	30	2	0,55	57,14	0,07	831,17
	35	0,5	0,743	9,615	0,05	181,18
0,25	20	2	0,22	54,05	0,03	1965,6
	25	6	0,645	37,98	0,08	471,00
	30	1	0,68	24,39	0,05	538,02
	35	0,5	0,278	23,81	0,03	770,81
0,5	20	1	0,674	15,63	0,07	208,64
	25	5	0,411	67,57	0,05	1479,58
	30	2	0,377	31,25	0,05	663,13
	35	1,5	0,207	23,44	0,01	1585,14
0,75	20	5	0,388	116,28	0,03	4195,64
	25	2	0,638	35,09	0,05	769,95
	30	6	0,288	77,92	0,02	4058,44
	35	1,5	0,255	18,75	0,02	1029,41
1	20	3,5	0,249	23,65	0,02	1329,64
	25	5	0,155	16,88	0,01	1524,69
	30	6	0,497	63,83	0,03	1926,45
	35	4	0,081	81,63	0,01	14109,3

Penentuan nilai tegangan, regangan dan modulus young dirumuskan dalam persamaan berikut:

Tegangan $\sigma = \frac{F}{A}$

Regangan $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$

Modulus Young $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$

Dengan: F = gaya (N)
 A = luas permukaan membran (lebar x tebal, satuan cm²)
 l₀ = panjang mula-mula (cm)
 Δl = perubahan panjang (mm)
 σ = tegangan (N/cm²)
 ε = regangan
 E = Modulus Young (N/cm²)

Contoh perhitungan:

Tegangan F = 2 N
 A = 2 cm x 0,0185 cm = 0,037 cm²
 σ = 54,05 N/cm²

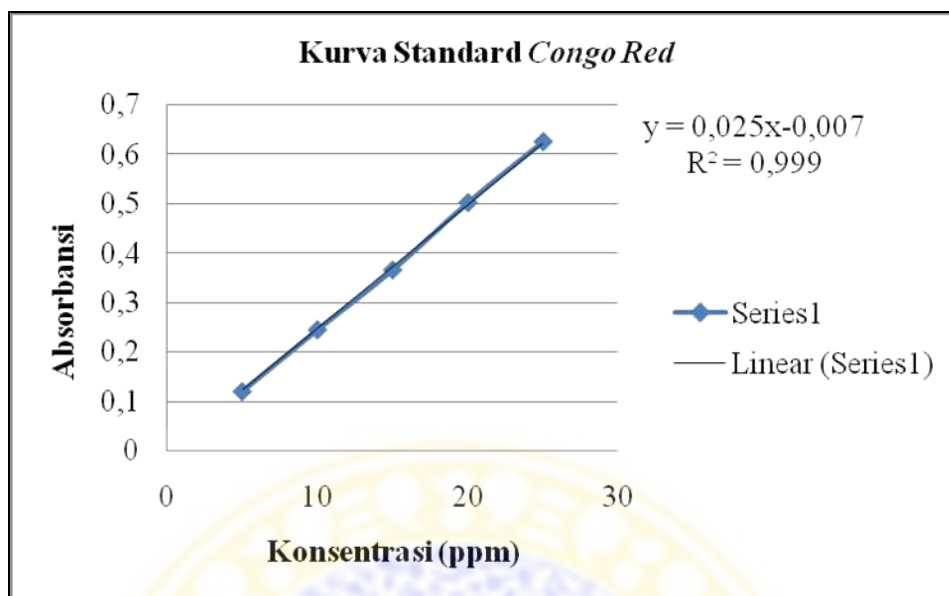
Regangan: l₀ = 8cm
 Δl = 0,22 mm = 0,022 cm
 ε = 0,33

Modulus Young: σ = 54,05 N/cm²
 ε = 0,33
 E = 1965,6 N/cm²

Lampiran 4

Hasil Degradasi *Congo Red*

Komposisi TiO ₂ (%)	Variasi Waktu Penguapan (detik)	Absorbansi	Konsentrasi sisa (ppm)	<i>Congo red</i> sisa (%)	<i>Congo Red</i> yang terdegradasi (%)
0,00	20	0,379	15,153	60,612	39,39
	25	0,371	14,833	59,332	40,67
	30	0,39	15,593	62,372	37,63
	35	0,394	15,753	63,012	36,99
0,25	20	0,411	16,433	65,73	34,27
	25	0,427	17,073	68,29	31,71
	30	0,351	14,033	56,13	43,87
	35	0,339	13,553	54,21	45,79
0,5	20	0,246	9,833	39,33	60,67
	25	0,237	9,473	37,89	62,11
	30	0,212	8,473	33,89	66,11
	35	0,305	12,193	48,77	51,23
0,75	20	0,193	7,713	30,85	69,15
	25	0,177	7,073	28,29	71,71
	30	0,133	5,313	21,25	78,75
	35	0,165	6,593	26,37	73,63
1	20	0,107	4,273	17,09	82,91
	25	0,149	5,953	23,81	76,19
	30	0,105	4,193	16,77	83,23
	35	0,111	4,433	17,73	82,27



Gambar 1. Kurva Standar Congo red

Lampiran 5

Data Difraktogram TiO₂a. Data Difraktogram TiO₂ Sampel**Peak List**

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel.Int. [%]
25.2998	1812.05	0.1181	3.52038	100.00
36.9488	125.11	0.1378	2.43289	6.90
37.7875	441.24	0.0984	2.38080	24.35
38.5610	148.28	0.0984	2.33480	8.18
48.0311	700.31	0.0984	1.89427	38.65
53.8795	406.36	0.1181	1.70165	22.43
55.0520	407.80	0.0984	1.66815	22.50
62.1090	58.50	0.1378	1.49449	3.23
62.6734	299.31	0.1440	1.48116	16.52
62.8759	140.10	0.1200	1.48054	7.73
68.7577	132.41	0.1200	1.36418	7.31
70.2865	133.67	0.0960	1.33820	7.38
74.0883	11.95	0.2880	1.27865	0.66
75.0510	239.13	0.0960	1.26462	13.20
75.2586	130.92	0.1200	1.26478	7.22
76.0210	52.66	0.1440	1.25088	2.91
80.8027	9.42	0.3840	1.18848	0.52
82.6746	94.01	0.1680	1.16625	5.19

b. Data Difraktogram JCPDS TiO₂ Anatase

TiO ₂		Wavelength = 1.54060									
	2θ	Int	h	k	l	2θ	Int	h	k	l	
Titanium Oxide	25.281	100	1	0	1	118.434	4	2	1	9	
	36.946	10	1	0	3	120.099	2	2	2	8	
	37.50	20	0	0	4	121.720	<2	4	1	3	
Anatase, syn	38.575	10	1	1	2	122.331	2	4	0	4	
Rad.: λ: Filter: d-sp:	48.049	35	2	0	0	131.029	2	4	2	0	
Cut off: Int: I/lor: 3.3	53.890	20	1	0	5	135.991	<2	3	2	7	
Ref: Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, 7, 82 (1969)	55.060	20	2	1	1	137.354	4	4	1	5	
	62.119	4	2	1	3	143.879	2	3	0	9	
	62.888	14	2	0	4	150.028	4	4	2	4	
	68.760	6	1	1	6	152.622	2	0	0	12	
	70.309	6	2	2	0						
Sys.: Tetragonal S.G.: I4 ₁ /amd (141)	74.029	<2	1	0	7						
a: 3.7852 b: c: 9.5139 A: C: 2.5134	75.029	10	2	1	5						
α: β: γ: Z: 4 mp:	76.017	4	3	0	1						
Ref: Ibid.	80.725	<2	0	0	8						
	82.136	2	3	0	3						
	82.659	6	2	2	4						
	83.147	4	3	1	2						
Dx: 3.893 Dm: SS/FOM: F ₃₀ = 74(0116, 35)	93.217	2	2	1	7						
	94.178	4	3	0	5						
	95.139	4	3	2	1						
Color: Colorless	98.315	2	1	0	9						
Pattern taken at 25 C. Sample obtained from National Lead Co., South Amboy, NJ, USA. Anatase and another polymorph, brookite (orthorhombic), are converted to rutile (tetragonal) by heating above 700 C. Pattern reviewed by Holzer, J., McCarthy, G., North Dakota State Univ. Fargo, ND, USA, ICDD Grant-in-Aid (1990). Agrees well with experimental and calculated patterns. 02 Ti type. PSC: 112. Validated by calculated pattern. Mwt: 79.90. Volume[CD]: 136.31.	99.801	2	2	0	8						
	101.218	2	3	2	3						
	107.444	4	3	1	6						
	108.959	4	4	0	0						
	112.836	<2	3	0	7						
	113.857	2	3	2	5						
	114.904	2	4	1	1						



© 1997 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved
PCPDFWIN v. 1.30

c. Data Difraktogram JCPDS TiO₂ Rutile

21-1276		RUTILE-TiO2				
TiO ₂	2 θ	Int	h	k	l	
Titanium Oxide	27.445	100	1	1	0	
	36.085	50	1	0	1	
	39.187	8	2	0	0	
Rutile, syn	41.225	25	1	1	1	
Rad.: CuK α λ : 1.54055 Filter: Mono d-sp:	44.050	10	2	1	0	
Cut off: Int.: Diffract. I/Icor: 3.40	54.322	60	2	1	1	
Ref: Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25. 7. 83 (1969)	56.640	20	2	2	0	
	62.740	10	0	0	2	
	64.038	10	3	1	0	
	65.278	2	2	2	1	
	69.008	20	3	0	1	
Sys: Tetragonal S.G.: P4 ₂ /mnm (136)	69.788	12	1	1	2	
a: 4.5933 b: c: 2.9592 A: C: 0.6442	72.408	2	3	1	1	
α : β : γ : Z: 2 mp	74.409	1	[3	2	0]
Ref: Ibid.	76.508	4	2	0	2	
	79.819	2	2	1	2	
	82.333	5	3	2	1	
	84.256	4	4	0	0	
Dx: 4.250 Dm: 4.230 SS/FOM: F ₃₀ = 107(.0088, 32)	87.461	2	4	1	0	
ca: 2.9467 qb: 2.6505 cr: Sign: + 2V:	89.555	5	2	2	2	
Ref: Dana's System of Mineralogy, 7th Ed., I. 575	90.705	4	3	3	0	
	95.272	6	4	1	1	
	96.014	6	3	1	2	
	97.173	4	4	2	0	
	98.511	<1	[3	3	1]
Color: White	105.095	2	4	2	1	
Pattern taken at 25 C. Sample obtained from National Lead Co., South Amboy, NJ, USA. No impurity over 0.001%. Two other polymorphs, anatase (tetragonal) and brookite (orthorhombic), converted to rutile on heating above 700 C. Optical data on specimen from Dana's System of Mineralogy, 7th Ed., I 555. Opaque mineral optical data on specimen from Sweden: RIR%=20.3, Disp.=Std., VHN100=1132-1187. Ref.: IMA Commission on Ore Microscopy QDF. Pattern reviewed by Syvinski, W., McCarthy, G., North Dakota State Univ, Fargo, ND, USA, ICDD Grant-in-Aid (1990). Agrees well with experimental and calculated patterns. Additional weak reflections [indicated by brackets] were observed. Naturally occurring material may be reddish brown. O2 Ti type. Rutile group, rutile subgroup. Also called: litania Tungsten used as an internal stand. PSC: tP6. Validated by calculated pattern. Mwt: 79.90. Volume[CD]: 62.43.	108.015	2	1	0	3	
	109.402	2	1	1	3	
	115.222	4	4	0	2	
	117.522	4	5	1	0	
	120.054	8	2	1	3	
	122.783	8	4	3	1	
	123.655	8	3	3	2	
	131.841	6	4	2	2	
	136.542	8	3	0	3	
	140.044	12	5	2	1	
	143.107	2	4	4	0	
	155.856	2	5	3	0	



© 1997 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved.
PCPDFWIN v. 1.30