

IMPREGNASI PIGMEN NORBIXIN DALAM BENTONIT TERAKTIVASI HCl**Indra Jemain^{1*}, Andi Hairil Alimuddin¹, Nelly Wahyuni¹**¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
*e-mail: indrajemain@gmail.com**ABSTRAK**

Pigmen norbixin pada Kesumba mampu menyerap energi UV dan mengubahnya menjadi energi karena memiliki ikatan rangkap konjugasi. Namun ikatan rangkap konjugasi juga dapat mempercepat norbixin mengalami fotodegradasi sehingga perlu diimbangkan dalam suatu material padat. Penelitian ini bertujuan mempelajari karakteristik interkalasi pigmen norbixin pada bentonit teraktivasi HCl serta menentukan konstanta degradasi bentonit teraktivasi-norbixin dan ekstrak norbixin akibat paparan sinar UV. Tahapan perlakuan meliputi pembuatan bentonit teraktivasi menggunakan larutan asam klorida dan dikarakterisasi menggunakan XRD. Selanjutnya dilakukan impregnasi pigmen norbixin pada bentonit teraktivasi dengan variasi massa tertentu dan dianalisis menggunakan spektrofotometer inframerah. Hasil XRD menunjukkan bahwa terjadi peningkatan daerah antarlapis pada bentonit (fresh clay) sebesar 19,36 Å pada $2\theta=4,56$. Spektra inframerah menunjukkan bahwa terdapat serapan C-O asam karboksilat pada daerah 1381,03 nm diikuti dengan pembentukan ikatan hidrogen antara gugus hidroksil (-OH) norbixin dengan gugus silikat (-SiO) bentonit setelah immobilisasi. Produk impregnasi terbaik diperoleh pada variasi massa bentonit 1 gram ditandai dengan peningkatan paling besar pada intensitas gugus hidroksil (-OH).

Kata kunci : aktivasi, bentonit, norbixin

PENDAHULUAN

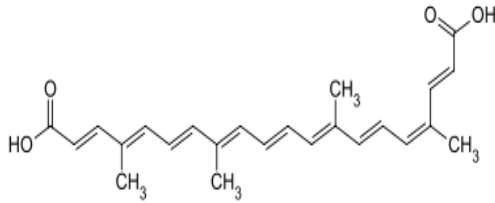
Indonesia memiliki kekayaan dan keanekaragaman hayati yang melimpah, diantaranya keanekaragaman tanaman tropis. Salah satu tanaman nya adalah kesumba (*Bixa Orellana*) atau yang lebih dikenal dengan nama annatto merupakan salah satu tanaman yang tumbuh di daerah tropis (Viana *et al*,2002). *Bixa orellana* atau di Jawa Tengah populer disebut kesumba keling merupakan salah satu tanaman yang telah lama dikenal dan digunakan oleh sebagian besar masyarakat Indonesia untuk pengobatan dan kesehatan. Akhir-akhir ini *B. orellana* (di Inggris dan Amerika Serikat disebut annatto) disadari sebagai penghasil bahan pewarna alami yang penting secara ekonomis nomor dua di dunia, setelah karamel. Bagian tanaman *B. orellana* yang sering dimanfaatkan sebagai pewarna alami adalah selaput bijinya.

Pada penelitian ini *bixa orellana* diambil pigmen norbixin sebagai zat warna yang dihasilkan. Norbixin merupakan golongan pigmen karotenoid. Bixin tidak

dapat larut dalam air, tetapi larut dalam lemak sedangkan norbixin larut dalam air. Kedua sifat kelarutan inilah yang menjadi alasan mengapa pewarna alami dari tanaman ini tersedia dalam bentuk kristal (bixin, larut dalam lemak) dan serbuk (norbixin, larut dalam air). Struktur norbixin memiliki ikatan rangkap konjugasi sehingga pigmen ini dapat menyerap energi matahari dan mampu menghasilkan energi yang tinggi karena dapat mengeksitasi elektron hingga keadaan triplet (Rios *et al.*, 2007).

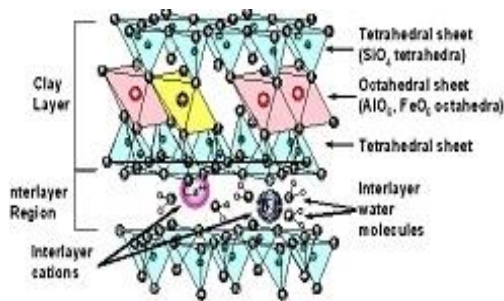
Penelitian ini akan dilakukan impregnasi bentonit norbixin pada yang diawali oleh aktivasi bentonit dengan larutan asam klorida. Aktivasi dengan asam klorida ini bertujuan untuk memperbesar daerah antarlapis bentonit sehingga mampu merangkap molekul pigmen lebih banyak (Sasri 2012). Pada proses aktivasi ini terjadi pelepasan aluminium (dealuminasi) pada bentonit.

Struktur kimia norbixin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Norbixin (B) (Noppe *et al.*, 2008)

Bentonit merupakan salah satu jenis lempung yang mempunyai kandungan utama mineral smektit (monmorillonit) dengan kadar 85 – 95%, bersifat plastis dan koloidal tinggi. Berdasarkan sifat fisiknya bentonit dibedakan atas Na-Bentonit dan Ca-Bentonit. Na-bentonit memiliki kandungan Na^+ yang besar pada antar lapisnya, memiliki sifat mengembang dan akan tersuspensi bila didispersikan ke dalam air. Pada Ca-Bentonit, kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} relatif lebih banyak bila dibandingkan dengan kandungan Na^+ . Ca-bentonit bersifat sedikit menyerap air dan jika didispersikan ke dalam air akan cepat mengendap atau tidak terbentuk suspensi (Wijaya, 2010). Struktur kimia norbixin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Monmorillonit (Othmer, 1994)

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas standar, neraca analitik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, ayakan 80 mesh, oven, *rotary evaporator*, *shaker*, spektrofotometer UV-Vis, XRD dan XRF.

Sampel berupa biji kesumba dan bentonit. Bahan-bahan yang digunakan adalah akuades (H_2O), asam sulfat (H_2SO_4), etanol, *n*-heksan, kalsium karbonat (CaCO_3), natrium klorida (NaCl), natrium

sulfat anhidrat (Na_2SO_4), parafilm dan gas N_2 .

Preparasi bentonit Boyolali (Wahyuni dkk., 2009)

Bentonit dari Boyolali dipanaskan pada suhu 80°C selama 3 jam, digrinding dan selanjutnya dilakukan pengayakan. Sampel yang digunakan adalah sampel yang tertahan pada ayakan ukuran 80 mesh. Bentonit tersebut selanjutnya dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali, kemudian dilakukan penyaringan. Bentonit basah selanjutnya dikeringkan pada suhu $80 - 90^\circ\text{C}$ selama 24 jam, kemudian diayak. Bentonit ini disebut *fresh clay* dan siap digunakan untuk perlakuan.

Aktivasi bentonit

Disiapkan 50 gr bentonit hasil preparasi dan ditambah 200 mL HCl 8M. Distirer dan direfluks selama 24 jam pada suhu 70°C . Disaring dan dicuci dengan akuades hinganetral.

Ekstraksi Pigmen Norbixin dari Biji Kesumba (Alves *et al.*, 2006; JECFA, 2006)

Sebanyak 100 g sampel biji kesumba dilarutkan dalam larutan KOH 0.5 % (200 ml) dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 30 menit. Kemudian kedalam larutan ditambahkan HCl dengan pH 4 untuk memperoleh presipitasi norbixin. Selanjutnya disaring dan dikeringkan menggunakan gas N_2 .

Selanjutnya dilakukan kromatografi kolom untuk memperoleh pigmen norbixin murni. Kemudian fraksi yang diperoleh diamati spektra absorpsinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Ekstrak norbixin yang diperoleh disimpan kedalam botol sampel coklat yang telah dilapisi aluminium foil dan ditutup rapat.

Impregnasi Pigmen Norbixin pada bentonit Teraktivasi

Dibuat sebanyak 50 mL larutan norbixin dalam etanol dengan nilai absorbansi sama dengan 1. Kemudian ditambahkan sedikit demi sedikit bentonit teraktivasi dan diaduk selama 12 jam. Variasi massa bentonit yang diimpregnasi adalah 0 gram, 1 gram, 2 gram, 3 gram, dan 4 gram dan 5 gram. Setelah itu dikeringkan dengan gas N_2 . Impregnasi pigmen

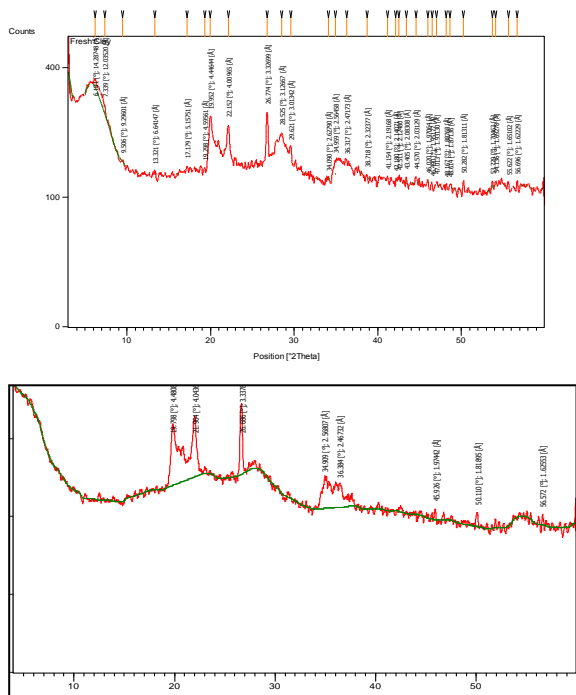
dilakukan di ruangan gelap dengan pencahayaan merah. Produk impregnasi dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi dan Pembuatan Bentonit Teraktivasi

Fresh clay yang telah diperoleh dianalisis dengan difraksi sinar x. Difraktogram sinar x *fresh clay* bentonit hasil preparasi dicantumkan dalam gambar 3 Hasil difraksi sinar-X dari *fresh clay* memperlihatkan terdapat karakteristik serapan monmorilonit pada $2\theta=6,18$ bersesuaian dengan jarak antar lapis d_{001} sebesar 14,29 Å dan pada $2\theta=19,95$ bersesuaian dengan jarak antar lapis d sebesar 4,44 Å. Hasil ini bersesuaian dengan penelitian Fatimah *et.al.* (2010) yang menyatakan bahwa mineral *clay* dengan karakteristik berikut termasuk dalam jenis monmorilonit. Menurut Wijaya (2010) bentonit merupakan salah satu mineral *clay* dengan komposisi utama penyusunnya berupa monmorilonit. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *fresh clay* hasil preparasi adalah bentonit jenis monmorilonit.

Berikut gambar pengukuran XRD dari bentonit preparasi dan bentonit teraktivasi



Gambar 3. Difraktogram XRD Bentonit Preparasi dan Bentonit Teraktivasi

Menurut analisis XRD diperkuat dengan penentuan kandungan mineral bentonit yang diamati berdasarkan hasil analisis menggunakan floresensi sinar-X (XRF). Pengamatan floresensi sinar-X bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan mineral untuk menentukan rasio Si/Al yang terkandung di dalam sampel. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, terjadi penurunan persentase kandungan silikon dioksida maupun aluminium oksida di dalam bentonit yang diikuti dengan peningkatan persentase titanium dioksida di dalam bentonit setelah proses aktivasi (Darmawan *et al.*, 2005).

Hasil difraksi sinar-X pada bentonit teraktivasi menunjukkan serapan kuat yang bersesuaian pada sudut $2\theta=19,798^\circ$ dengan jarak antar lapis 4,48 Å. Berdasarkan data tersebut, peningkatan jarak antar lapis sebelum dan sesudah aktivasi yaitu sebesar 0,04 Å. Hal ini menunjukkan jenis bentonit yang digunakan adalah Na-bentonit yang merupakan swelling bentonit (bentonit yang dapat mengembang) karena kadar Na lebih besar dibandingkan kadar Ca pada bentonit tersebut. Berikut difraktogram bentonit sebelum dan sesudah diaktivasi

Hasil XRF juga menunjukkan terjadinya penurunan persentase Aluminium oksida (Al_2O_3), Kalsium oksida (CaO), dan Natrium oksida (Na_2O) yang dapat meningkatkan besarnya ruang kosong antar lapis untuk memerangkap norbixin. Menurut Gil (2000) di dalam Fatimah (2006), rasio Si/Al untuk bentonit jenis monmorilonit adalah 2:1 atau 2. Data pada tabel 4.1 hasil XRF menunjukkan peningkatan rasio sekitar 100% pada proses preparasi. Dengan demikian, proses preparasi dan aktivasi dalam penelitian ini mampu meningkatkan rasio Si/Al pada bentonit.

Tabel 1 Persentase kandungan mineral bentonit preparasi dan aktivasi berdasarkan hasil XRF.

Sintesis Pigmen Norbixin dari Biji Kesumba

Hasil pengukuran spektrum UV-Vis membuktikan bahwa terdapat serapan maksimum pada panjang gelombang 453, 454, dan 481 nm (Gambar 4). Penelitian Alves *et al.* (2006) menyatakan bahwa

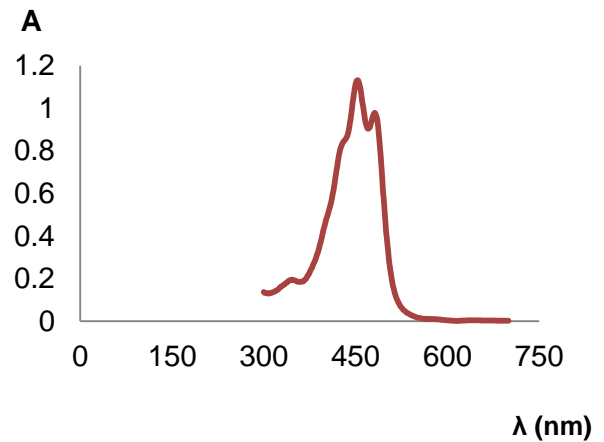
karakteristik serapan maksimum norbixin pada daerah UV-Vis terdapat pada panjang gelombang 453 nm. Smith (2006) dan JECFA (2006) juga menyatakan bahwa serapan maksimum norbixin hasil hidrolisis dengan basa NaOH pada daerah UV-Vis terdapat pada panjang gelombang 453 nm dan 482 nm. Ketika molekul norbixin (dye) menyerap energi cahaya (foton) elektron-elektron dari level HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) dieksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) pada keadaan triplet. Material bentonit bertindak sebagai akseptor atau penerima elektron yang ditransfer dari norbixin yang tereksitasi (Norbixin).

Tabel 1. Persentase kandungan mineral bentonit preparasi dan aktivasi berdasarkan hasil XRF

Senyawa	Bentonit Preparasi (%)	Bentonit Teraktivasi (%)
Alumunium oksida (Al ₂ O ₃)	13,84	6,77
Silikon oksida (SiO ₂)	56,48	58,84
Fosfor oksida (P ₂ O ₅)	0,0469	0,0153
Kalium oksida (K ₂ O)	0,571	0,356
Kalsium oksida (CaO)	1,39	0,172
Titanium oksida (TiO ₂)	0,366	0,438
Vanadium oksida (V ₂ O ₅)	0,0134	0,0083
Mangan oksida (MnO)	0,0271	0,0035
Besi oksida (Fe ₂ O ₃)	6,50	2,71
Magnesium oksida (MgO)	2,21	1,16
Zink oksida (ZnO)	0,0106	0,0028
Natrium Oksida (Na ₂ O)	1,77	0,306

Norbixin yang tereksitasi kemudian mengalirkan elektron melalui ikatan OH dan C=O pada gugus karboksil norbixin dan Si-O pada bentonit. Terhentinya aliran elektron akan menyebabkan degradasi pada molekul pigmen. Oleh karena itu laju penurunan

degradasi norbixin lebih besar daripada bentonit-norbixin. Peran bentonit adalah sebagai material pengemban yang mampu memperpanjang aliran elektron dari molekul norbixin yang mengabsorpsi sinar UV C.



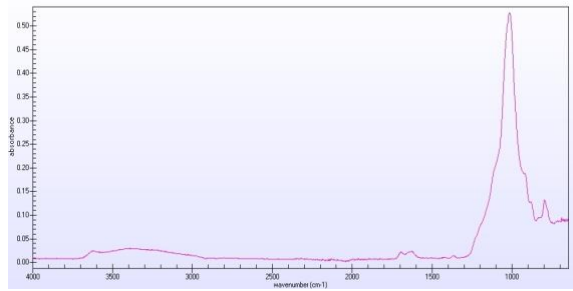
Gambar 4. Spektrum UV-Vis Pigmen Norbixin

Hasil pengukuran spektrum UV-Vis membuktikan bahwa terdapat serapan maksimum pada panjang gelombang 453, 454, dan 481 nm (Gambar 4). Penelitian Alves *et al.* (2006) menyatakan bahwa karakteristik serapan maksimum norbixin pada daerah UV-Vis terdapat pada panjang gelombang 453 nm. Smith (2006) dan JECFA (2006) juga menyatakan bahwa serapan maksimum norbixin hasil hidrolisis dengan basa NaOH pada daerah UV-Vis terdapat pada panjang gelombang 453 nm dan 482 nm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hasil sintesis dari biji kesumba adalah pigmen norbixin.

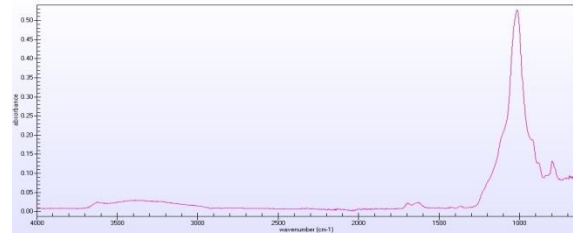
Impregnasi Pigmen Norbixin pada Bentonit Teraktivasi HCl

Impregnasi norbixin didalam bentonit dilakukan dengan variasi massa bentonit terhadap norbixin. Proses impregnasi berlangsung diruang dengan pencahayaan merah.

Berikut gambar spektrum inframerah pigmen norbixin dalam nilai absorbansi.



Gambar 5 Spektrum inframerah bentonit teraktivasi



Gambar 6 Spektrum inframerah bentonit norbixin 1 gram

Hasil infra merah pada gambar 6 dengan bentonit massa 1 gram menunjukkan spektrum bentonit teraktivasi pita OH karboksilat terlihat lebih tajam dibanding dengan bentuk pita OH karboksilat pada spektrum bentonit teraktivasi. Hal ini menunjukkan pada pita OH karboksilat 1 gram banyak gugus hidroksil OH karboksilat mengalami ikatan hidrogen sehingga bentuk spektrumnya tajam. Tujuan pengukuran spektrum infra merah pada bentonit teraktivasi adalah untuk menunjukkan terjadinya penurunan pengembangan pada bentonit. Hasil data dari spektrum infra merah bentonit teraktivasi HCl yang mengalami penurunan seperti diketahui bahwa pigmen norbixin terdiri dari ikatan rangkap C=C terkonjugasi yang mampu menyerap energi cahaya, selain C=C, gugus OH dan C=O adalah gugus yang juga berperan dalam penyerapan energi cahaya. Proses penyerapan energi cahaya ini menyebabkan elektron akan tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi dan menyebabkan terjadinya promosi elektron (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Ikatan hidrogen dapat mengubah tetapan gaya kedua gugus sehingga menyebabkan getaran ulur dan tekuknya juga berubah. Hal ini menyebabkan pita uluran bergeser pada panjang gelombang yang lebih besar dan disertai dengan naiknya kuat puncak dan melebarnya pita (Silverstain *et al.*, 1999). Oleh karenanya bentuk pita OH pada spektrum bentonit

terlihat jauh lebih lebar dan tajam akibat terjadi ikatan hidrogen antara gugus hidroksil (-OH) pada struktur kimia norbixin dengan gugus silikat (-SiO) pada bentonit setelah proses impregnasi. Perubahan bentuk pita serapan bentonit juga terjadi pada daerah 1600an cm^{-1} yang tampak semakin tajam dan lebar akibat keberadaan gugus C=C alkena dari pigmen sekaligus deformasi H-O-H dari bentonit (Wahyuni, 2010). Selain itu, muncul gugus baru di daerah 1381 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi dari gugus -C-O asam karboksilat (Sastrohamidjojo, 2007). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa norbixin telah menyisip pada daerah antar lapis bentonit teraktivasi.

SIMPULAN

1. Karakteristik *fresh clay* termasuk jenis monmorilonit dengan serapan $2\theta = 6,18^\circ$ bersesuaian dengan jarak antar lapis d_{001} sebesar 14,29 Å. XRD bentonit preparasi memiliki jarak antar lapis d sebesar 4,44 Å pada $2\theta = 19,95^\circ$ sedangkan bentonit yang teraktivasi memiliki jarak antar lapis d sebesar 4,48 Å pada sudut serapan $2\theta = 19,798^\circ$. Karakteristik bentonit berdasarkan hasil XRF pada Al_2O_3 dan Na_2O terjadi penurunan persentase kandungan mineral sebesar 7,07% dan 1,464%, sedangkan SiO_2 mengalami peningkatan persentase kandungan mineral setelah teraktivasi sebesar 2,36%.
2. Variasi massa terbaik ditunjukkan pada variasi 1 gram norbixin telah menyisip di daerah antar lapis bentonit teraktivasi HCl dengan perubahan bentuk serapan pita bentonit di daerah 1600an cm^{-1} serta muncul gugus baru di daerah 1381 cm^{-1} .

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2012. <http://www.plantamor.com/index.php?plant=203> (11 Desember 2012)
- Alves, W.R., Augusto, A., Maria, S and Jauregi, P, 2006. Recovery of Norbixin from a Raw Extraction Solution of Annatto Pigments Using Colloidal Gas Aphrons (CGAs). *Separation and Purification Technology*, 48 (2006) 208–213.

- Burkill, 1966, Anatto: lipstick tree, *Prosea*, 3: 50.
- Darmawan, A.; Suseno, A. dan Purnomo, S.A., 2005, Sintesis Lempung Terpilar Titania, *JSKA.*, 8(3).
- Fatimah, I.; Wang, S.; Narsito and Wijaya, K., 2010, Composites of TiO₂-aluminium Pillared Montmorillonit: Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Degradation of Methylene Blue, *J. Appl. Clay Sci.*, 50: 588-593.
- Fatimah I., 2012, Composite of TiO₂-montmorillonite from Indonesia and Its photocatalytic Properties in Methylene Blue and *E.coli* Reduction, *J. Mater. Environ. Sci.* 3(5): 983-992.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S., 1992, *Kimia Organik*, Pudjaatmaka, A. (alih bahasa), Jilid 1, Edisi ke-3, Erlangga, Jakarta.
- Hendayana, S, Kadarohman, A, Sumarna, AA, and Supriatna A, 1994, *Kimia Analitik Instrument*. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Imam, S., 2000, "Kelapa Sawit: Usaha Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Aspek Pemasaran", Penebar Swadaya, Jakarta., 2000,
- JECFA, 2006, *Annatto Extracts (Solvent – Extracted Norbixin)*, World Health Organization, Geneva.
- Júnior, A.C.T.S., L.M.B.O. Asad, E.B. de Oliveira, K. Kovary, N.R. Asad, and I. Felzenszwalb., 2005, Antigenotoxic and Antimutagenic Potential of an Annatto Pigment (Norbixin) Against Oxidative Stress, *Genetics and Molecular Research* 4 (1): 94-99.
- Kakegawa, N. and M. Ogawa, 2002. The Intercalation of β -Carotene into the Organophilic Interlayer Space of Dialkyldimethyl Ammonium-Montmorillonites, *Appl. Clay Sci.* 22: 137-144.
- Mulyono, H.A.M, 2007, Kamus Kimia, Bumi Aksara, Jakarta.
- Noppe, H., S. A. Martinez, K. Verheyden, J. Van Loco, R. Companyo and H. F. Brabander, 2008, Determination of Bixin and Norbixin in Meat Using Liquid Chromatography and Photodiode Array Detection.
- Parvin, K.; Aziz, M.G.; Yusof, Y.A.; Sarker, M.S.H. and Sill HP., 2011, *Degradation Kinetics of Water-Soluble Annatto Extract and Sensory Evaluation of annatto Colored Yoghurt*, *J. Food Agri. & Envir.*, 9(3&4): 139-142.
- Ortman, Jason, 2000, "Development of Superior Adsorbents from Bentonite to Remove Colour Organics", Individual Inquiry.
- Othmer, K., 1994, Encyclopedia of Chemical Technology, Edisi ke-2, Vol. 3, John Wiley and Sons, USA.
- Rahmalia, W.; Rondonuwu, F.S.; Karwur, F. dan Wahyuni, N., 2010, Interkalasi Pigmen Bixin pada Antarlapis Kaolinit dan Aplikasinya sebagai Protektor Ultraviolet, *Jurnal Almamater Tanjungpura*.
- Ridwansyah, R., 2014, *Uji Fotostabilitas Kaolinit-Norbixin Berdasarkan Analisis Spektra UV-Vis*, Universitas Tanjungpura, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pontianak, (Skripsi).
- Rios, A., Marcadante, A., Borsalleli, C., 2007, Triplet State Energy of The Carotenoid Bixin Determined by Photoacoustic Colorimetry, *Dyes Pigments*, 74: 561-565.
- Samuel, P.S., 2004, "Potensi dan Prospek Pengembangan Industri Bentonit di Indonesia" Deputi Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa, BPPT, Jakarta.
- Sasri, R. 2012. *Imobilisasi dan Karakterisasi Fotostabilitas Pigmen Bixin pada Kaolinit Teraktivasi Asam Klorida (HCL)*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Tanjungpura Pontianak (Skripsi).
- Sastrohamidjojo, H., 2007, *Spektroskopi*, Cetakan ke-3, Liberty, Yogyakarta.
- Sharma P., Bora, M.M., Borthakur, S., Rao and Dutta, N.N, 2012. *Separation of Norbixin from Bixa orellana Seed Raw Dye by Aliquat-336*. Environmental Progress & Sustainable Energy DOI 10.1002/ep
- Silverstein, R.M.; Bassler, G.C. and Morrill, T.C., 1999, *Penyelidikan Spektrometri Senyawa Organik*, Edisi ke-4, Hartomo dan Purba, A.V. (alih bahasa), Erlangga, Jakarta.

- Siradz, 2007, *Mineralogi and chemistry of Red Soil of Indonesia*, Faculty of Agriculture, Gajah Mada University, Yogyakarta.
- Smith, 2006, *Annatto Extracts*, Chem, Technic Ass, 1:21.
- Sudjadi, 1985, *Penentuan Struktur senyawa Organik*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Suparmi, B. Prasetyo dan L. Limantara, 2007, *Fotodegradasi Pigmen Bixin dari Biji Kesumba (Bixa orellana): potensi sebagai pewarna alami makanan*, Seminar Nasional Pigmen, Salatiga.
- Thamaphat, K.; Limsuwan, P. and Ngotawornchai, B., 2008, Phase Characterization of TiO₂ Powder by XRD and TEM, *Kasetsart J. Nat. Sci.*, 42(5): 357 - 361
- Viana, E. S., A. R. Jose, S. N. Matsumoto and S. G. Junior, 2002, *Estimation of Optimum Plot Sizes in Field Experiments with Annatto*, *Bragantia* Campinas 61: 181-185.
- Wahyuni, N., Silalahi, I.H., Arryanto, Y., Sutarno, Zupriadi, Y, 2009, *Hidrolisis Lempung dari Kecamatan Capkala dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida*, Prosiding Seminar Nasional Ikatan Zeolit Indonesia, Bandung
- Wijaya, K., 2010, *Nanomaterial Berlapis Dan Berpori: Sintesis, Karakterisasi Dan Peranannya Sebagai Material Multi Fungsi*, Universitas Gajah Mada, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Yogyakarta, (Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar).