



DOI: <https://doi.org/10.31933/eej.v1i1.179>

Received: 11/11/2020, Revised: 11/11/2020, Publish: 22/01/2021

DEGRADASI SENYAWA MINYAK DAN LEMAK PEMODELAN LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE FOTOSONOLISIS DENGAN BANTUAN KATALIS ZNO

Iqbal Aulia Fajri¹⁾, Hary Sanjaya²⁾, Umar Kalmar Nizar³⁾, Ananda Putra⁴⁾, Yohandri⁵⁾

¹⁾ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

¹⁾ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, hary_sanjaya@yahoo.com

¹⁾ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

¹⁾ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

²⁾ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

Corresponding author : Hary Sanjaya²⁾,

Abstrak: Limbah minyak dan lemak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan perairan. Metode Fotosonolisis merupakan salah satu solusi pengolahan limbah cair yang efisien dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan panjang gelombang maksimum dari larutan sampel dan pengaruh waktu radiasi terhadap degradasi senyawa minyak dan lemak pemodelan limbah pabrik kelapa sawit dengan metode fotosonolisis menggunakan atau tanpa bantuan katalis ZnO. Pengujian dari Spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa senyawa minyak dan lemak memiliki absorbansi 0,614 pada panjang gelombang maksimum di 202 nm. Uji pengaruh waktu maksimum degradasi pada pH 8 yaitu 120 menit dengan nilai absorbansi 0,561 untuk perlakuan penambahan dan atau tanpa penambahan katalis ZnO. Berdasarkan hasil, senyawa minyak dan lemak pemodelan limbah pabrik kelapa sawit dapat didegradasi menggunakan katalis ZnO secara fotosonolisis, namun dengan hasil yang belum efektif.

Kata Kunci: Limbah Pabrik Kelapa Sawit, Degradasi, Minyak dan Lemak, Fotosonolisis, Fotokatalis ZnO.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan industri kelapa sawit terbesar di dunia dengan panen rata-rata tahunan minyak sawit mentah meningkat sebesar tiga persen dalam sepuluh tahun terakhir, dan wilayah perkebunan meningkat selama sembilan tahun terakhir [1]. Peningkatan produksi minyak kelapa sawit saat ini sangat berdampak kepada peningkatan limbah yang dihasilkan, dimana untuk mendapatkan satu ton minyak kelapa sawit menghasilkan dua setengah ton limbah cair kelapa sawit [2]. Limbah cair ini mengandung bahan organik sangat tinggi dan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan [1], [3].

Salah satu parameter yang menjadi perhatian adalah keberadaan minyak dan lemak. Dampak yang nyata dari adanya senyawa minyak dan lemak di permukaan air adalah terhalangnya penetrasi sinar matahari yang berarti akan mengurangi laju proses fotosintesis di

air, sehingga akan mengganggu serta membunuh kehidupan organisme yang ada di air [4]. Sistem Proses Oksidasi Lanjutan atau Advanced Oxidation Proses (AOPs) merupakan salah satu metode untuk menangani limbah cair pabrik kelapa sawit yang efisien, efektif, dan ramah lingkungan [5]. Proses oksidasi lanjutan ini akan menghasilkan radikal hidroksil oksidatif ($\bullet\text{OH}$) yang kuat dan memiliki kepekaan terhadap oksidan kimia, sehingga dapat menghancurkan struktur polutan organik dari sampel [6]–[8].

Diantara metode AOPs, fotosonolisis telah membuktikan efisiensi mendegradasi polutan organik karena menggabungkan dua metode lainnya dalam AOPs, yaitu metode fotolisis dan sonolisis [9]. Fotosonolisis adalah rangkaian reaksi yang dipicu oleh penggunaan gabungan iradiasi sinar ultraviolet (UV) dan ultrasonikasi (US) dengan atau tanpa adanya katalis [10]. Namun, berdasarkan penelitian [11] menunjukkan bahwa proses oksidasi lanjutan menggunakan penambahan katalis akan lebih efektif dibandingkan tanpa penambahan katalis dalam mendegradasi polutan organik menggunakan metode fotosonolisis. Penambahan katalis atau penggunaan fotokatalis juga merupakan salah satu dari AOPs yang didasarkan pada penyerapan langsung atau tidak langsung dari foton sinar ultraviolet (UV) atau cahaya tampak oleh semikonduktor yang memiliki celah energi yang tepat [12], [13].

Seng Oksida (ZnO) merupakan salah satu fotokatalis semikonduktor yang banyak digunakan dalam mendegradasi polutan organik, karena memiliki band gap 3,37 eV dan aktifitas katalitik yang lebih baik dari katalis lainnya [14], [15]. Alasan lainnya adalah karena ZnO memiliki sifat unik seperti penyerapan radiasi dan fotostabilitas yang baik, serta memiliki harga yang lebih murah dan ramah lingkungan, sehingga asam peroksida yang dihasilkan berada di ambang batas [16]. Katalis ZnO diketahui lebih cepat bekerja pada suasana basa dibandingkan asam, karena semakin tinggi nilai pH maka akan semakin banyak terbentuk ion OH^- yang akan mengakibatkan peningkatan jumlah radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) yang terbentuk dan semakin banyak senyawa minyak dan lemak yang terdegradasi [17]. Hal ini juga sesuai dengan peraturan meteri lingkungan hidup yang menyatakan bahwa standar mutu pH larutan minyak dan lemak limbah kelapa sawit yaitu berkisar pH 6-9 [18].

Pada studi ini, degradasi limbah cair minyak kelapa sawit akan difokuskan pada satu parameter penting, yaitu keberadaan senyawa minyak dan lemak, sehingga sampel yang digunakan adalah larutan minyak dan lemak pemodelan limbah pabrik kelapa sawit. Pemfokusan dalam penelitian ini diharapkan dapat menentukan panjang gelombang maksimum dan pengaruh waktu radiasi terhadap degradasi senyawa minyak dan lemak pada larutan pemodelan limbah pabrik kelapa sawit menggunakan metode fotosonolisis dengan bantuan katalis ZnO .

METODE PENELITIAN

Material

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah kotak reaktor fotosonolisis yang terdiri dari lampu UV ($\lambda=254$ nm dengan daya 15 watt) 3 buah merk Germical Yamano dan Ultrasonik (45 kHz dengan daya 50 watt) merk Ultrasonic cleaner Sunshine Csp889, Spektrofotometer UV-Vis merk T70, pH meter merk Metrohm 744, Peralatan gelas: labu ukur, gelas kimia, erlenmeyer, dan peralatan gelas standar lainnya. Bahan yang digunakan adalah minyak goreng kelapa sawit merk Bimoli Spesial, Detergen merk Sunlight, HCL 1M, NaOH 1M, Zinc Oxide merk BDH Chemicals, dan Aquades.

Eksperimen

1. Preparasi campuran minyak dan lemak pemodelan limbah pabrik kelapa sawit

Model limbah minyak dan lemak dibuat dengan melarutkan 1 mL minyak goreng dan 0,5 mL detergen dalam 1.000 mL aquades. Sehingga didapatkan larutan model limbah kelapa sawit dengan konsentrasi 1.000 ppm.

2. Penentuan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) dengan spektrofotometer UV-Vis

Larutan model limbah kelapa sawit diukur absorbansi maksimum dengan spektrofotometer UV-Vis dengan rentang panjang gelombang 200-800 nm.

3. Penentuan pengaruh variasi waktu terhadap degradasi senyawa minyak dan lemak pemodelan limbah kelapa sawit.

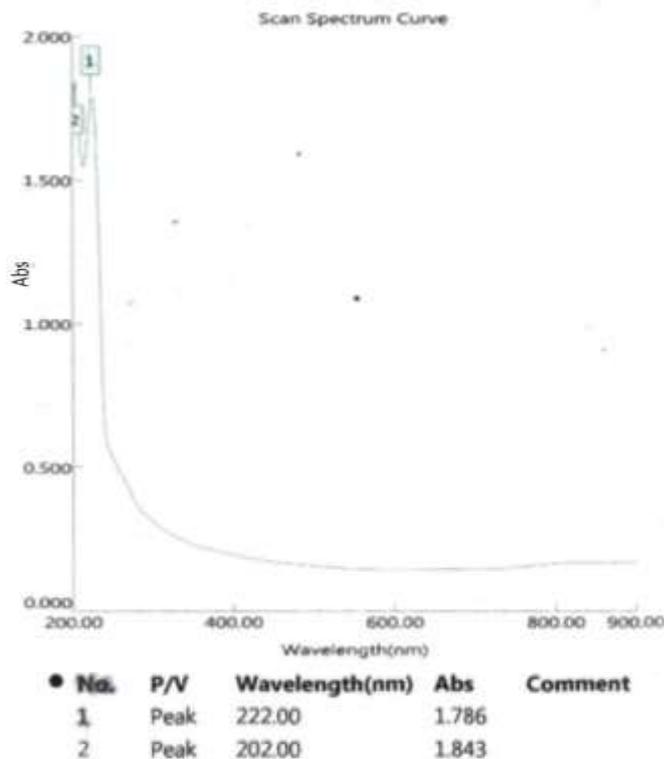
Larutan model limbah 1.000 ppm sebanyak 80 mL pada pH 8 dimasukkan kedalam gelas kimia 250 mL, kemudian ditambahkan 0,1 gram ZnO. Larutan didegradasi menggunakan reaktor fotosonolisis dengan waktu berkala 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Sebagai pem-banding, prosedur yang sama dilakukan dengan tanpa penambahan katalis ZnO. Larutan hasil degradasi dianalisa dengan spektrofotometer UV-Vis [19].

Teknis Analisa data

Data yang diperoleh berupa absorbansi larutan model limbah kelapa sawit yang diukur dengan alat spektrofotometer UV-Vis. Analisis data dilakukan dengan membandingkan sisa larutan uji sebelum dan sesudah degradasi serta perbandingan pada berbagai variasi waktu, dan penambahan katalis ZnO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan panjang gelombang maksimum dari larutan senyawa minyak dan lemak



Gambar 1. Kurva spektrum larutan minyak dan lemak

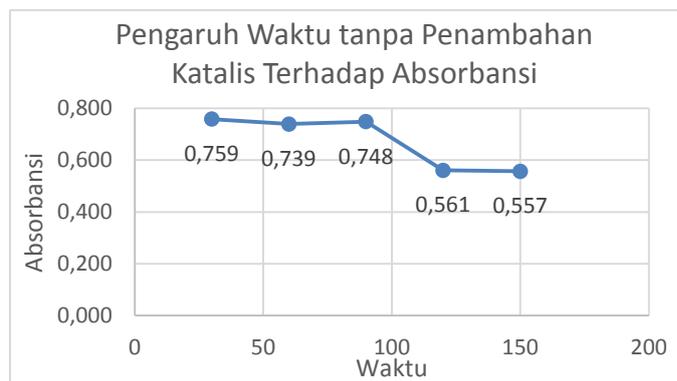
Prosedur pertama dalam penelitian ini yaitu penentuan panjang gelombang dari larutan sampel minyak dan lemak pemodelan limbah kelapa sawit dengan cara mengukur absorbansi pada rentang panjang gelombang 200-800 nm, sehingga diperoleh panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) pada 202 nm. Kurva panjang gelombang maksimum dari larutan sampel dapat dilihat pada Gambar 1 diatas.

Nilai absorbansi yang dihasilkan pada Gambar 1 harus dikonversi kembali dengan cara dibagi oleh rentang fotometri yang dimiliki alat spektrofotometer UV-Vis merk T70, yaitu 3 Absorbansi. Sehingga absorbansi larutan sampel pada panjang gelombang maksimum di 202 nm adalah 0,614.

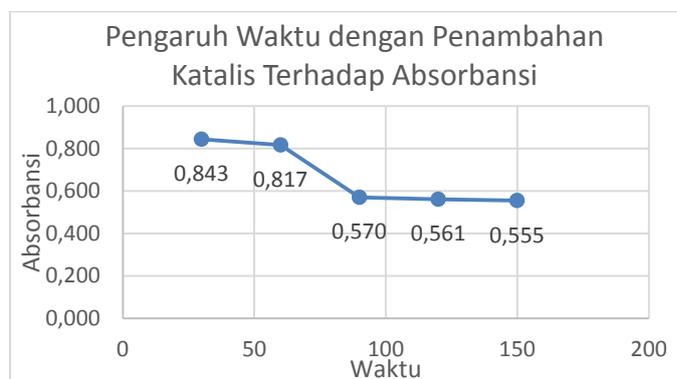
Penentuan Pengaruh Variasi Waktu dengan Metode Fotosonolisis

Proses degradasi larutan minyak dan lemak pemodelan limbah kelapa sawit dilakukan dengan cara memvariasikan lama waktu penyinaran dari 30 menit hingga 150 menit dengan waktu berkala 30 menit. pH yang digunakan adalah pH 8, yang merupakan pH maksimum untuk mendegradasi larutan minyak dan lemak. Adapun kurva pengaruh waktu terhadap absorbansi dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Absorbansi larutan minyak dan lemak sebelum degradasi adalah 0,614 dan absorbansi setelah degradasi didapatkan hasil maksimum pada waktu 120 menit dengan nilai absorbansi yang sama pada perlakuan tanpa penambahan katalis ZnO dan dengan penambahan katalis ZnO yaitu pada angka 0,561.



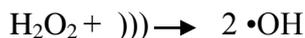
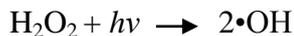
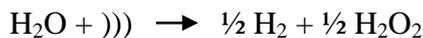
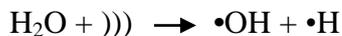
Gambar 2. Pengaruh Waktu tanpa penambahan katalis terhadap Absorbansi



Gambar 3. Pengaruh waktu dengan penambahan Katalis Terhadap Absorbansi

Gambar 2 dan Gambar 3 memperlihatkan pengaruh lama penyinaran terhadap absorbansi larutan minyak dan lemak pemodelan limbah kelapa sawit tanpa penambahan katalis ZnO dan dengan penambahan katalis ZnO. Pada perlakuan penambahan katalis, nilai absorbansi konstan menurun sesuai dengan bertambahnya waktu penyinaran, sedangkan pada

perlakuan tanpa penambahan katalis, nilai absorbansi terlihat mulai menurun pada waktu 90 menit. Semakin lama waktu penyinaran, maka semakin banyak jumlah radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) yang dihasilkan untuk mendegradasi senyawa minyak dan lemak menjadi senyawa yang lebih sederhana [17]. Mekanisme reaksi dari proses fotosintesis dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut,



Dimana,))) menunjukkan proses sonikasi dan $h\nu$ menunjukkan proses radiasi ultraviolet (UV) [20].

Data absorbansi pada waktu 150 menit terlihat konstan dengan waktu 120 menit. Hal ini dikarenakan telah banyak molekul senyawa minyak dan lemak yang terdegradasi, sehingga penambahan waktu penyinaran dan sonikasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap absorbansi yang dihasilkan. Berdasarkan data ini, menunjukkan bahwa pengaruh waktu degradasi maksimum senyawa minyak dan lemak pada pH 8 adalah menit ke-120 dengan absorbansi 0,561 di kedua perlakuan.

Berdasarkan dari data pada Gambar 2 Gambar 3, menunjukkan bahwa degradasi senyawa minyak dan lemak pemodelan limbah kelapa sawit secara fotosonolisis dengan penambahan katalis ZnO belum terlihat lebih baik dibandingkan tanpa penambahan katalis ZnO. Hal ini dikarenakan lapisan tipis fotokatalis ZnO efektif digunakan dalam aplikasi foto degradasi limbah cair berwarna pada rentang panjang gelombang 400-300 nm, sebab pada panjang gelombang dibawah 300 nm, komposisi katalis ZnO sulit terdeteksi dan masih terdapat atom impuritas yang mengakibatkan transisi elektron tidak berada tepat pada pita valensi ke pita konduksi, dan menurunkan nilai celah pita energi ZnO dari 3,37 eV menjadi 3,01 eV [21].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Panjang gelombang (λ_{maks}) Yang dimiliki oleh larutan minyak dan lemak pemodelan limbah kelapa sawit adalah 202 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,614.
2. Waktu maksimum yang diperoleh untuk mendegradasi senyawa minyak dan lemak pemodelan limbah kelapa sawit pada pH 8 dengan penambahan katalis ZnO maupun tanpa penambahan katalis ZnO adalah 120 menit dengan absorbansi yang sama di kedua perlakuan yaitu 0,561.
3. Senyawa minyak dan lemak pemodelan limbah pabrik kelapa sawit dapat didegradasi menggunakan metode fotosonolisis dengan bantuan katalis ZnO, namun dengan hasil yang belum efektif.

SARAN

Disarankan bagi peneliti selanjutnya:

1. Untuk dapat menggunakan katalis berbeda pada proses degradasi senyawa minyak dan lemak didalam air.

2. Untuk dapat menggunakan surfaktan yang lebih tepat dalam melarutkan senyawa minyak dan lemak didalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- N. Sinaga and A. S. B. Nasution, "Simulasi Pengaruh Komposisi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (POME) Terhadap Kandungan Air Biogas dan Daya Listrik Yang Dihasilkan Sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Biogas," *EKSERGI J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 3, pp. 66–72, 2016.
- A. H. Ibrahim, M. R. Taha, and A. W. Azhari, "Removal of COD From Palm Oil Mill Effluent (POME) Via Advanced Fenton Process : Optimization Study Advances in Environmental Biology," *Adv. Enviromental Biol.*, no. September, 2015.
- I. Zulfahmi, Muliari, and I. Mawaddah, "Toksistas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linneus 1758) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Froskall 1755)," *Agricola*, vol. 7, no. 1, pp. 44–55, 2017.
- D. Hendrawan, "Kualitas Air Sungai Ciliwung Ditinjau dari Parameter Minyak dan Lemak (Water Quality of Ciliwung River Refer to Oil and Grease Parameter)," *Ilmu-Ilmu Perair. dan Perikan. Indones.*, vol. 1, no. April, pp. 85–93, 2007.
- S. S. Ghazali, R. Jusoh, and J. Haslinda Shariffuddin, "Parameter Affecting Photocatalytic Degradation of POME using LaCa as Photocatalyst," *Mater. Today Proc.*, vol. 19, pp. 1173–1182, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.11.120.
- C. Pablos, J. Marugán, R. van Grieken, and E. Serrano, "Emerging Micropollutant Oxidation During Disinfection Processes Using UV-C, UV-C/H₂O₂, UV-A/TiO₂ and UV-A/TiO₂/H₂O₂," *Water Res.*, vol. 47, no. 3, pp. 1237–1245, 2013, doi: 10.1016/j.watres.2012.11.041.
- B. Bethi, S. H. Sonawane, B. A. Bhanvase, and S. P. Gumfekar, "Nanomaterials-based Advanced Oxidation Processes For Wastewater Treatment: A review," *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, vol. 109, pp. 178–189, 2016, doi: 10.1016/j.cep.2016.08.016.
- N. Huang, T. Wang, W. L. Wang, Q. Y. Wu, A. Li, and H. Y. Hu, "UV/chlorine as an advanced oxidation process for the Degradation Of Benzalkonium Chloride: Synergistic Effect, Transformation Products And Toxicity Evaluation," *Water Res.*, vol. 114, pp. 246–253, 2017, doi: 10.1016/j.watres.2017.02.015.
- M. Rashid and C. Sato, "Photolysis, Sonolysis, and Photosonolysis of Trichloro-ethane (TCA), Trichloroethylene (TCE), and Tetrachloroethylene (PCE) Without Catalyst," *Water Air Soil Pollut*, pp. 429–440, 2011, doi: 10.1007/s11270-010-0542-6.
- N. Serpone and E. Pelizzetti, *Photocatalysis: Fundamentals and Applications*. New York: Wiley, 1989.
- K. H. Ng, M. R. Khan, Y. H. Ng, S. S. Hossain, and C. K. Cheng, "Restoration of Liquid Effluent From Oil Palm Agroindustry in Malaysia using UV/TiO₂ and UV/ZnO Photocatalytic Systems: A comparative study," *J. Environ. Manage.*, vol. 196, pp. 674–680, 2017, doi: 10.1016/j.jenvman.2017.03.078.

- S. Malato, J. Blanco, A. Campos, J. Cáceres, and C. Guillard, "Effect of Operating Parameters On The Testing Of New Industrial Titania Catalysts At Solar Pilot Plant Scale," *Appl. Catal. B Environ.*, vol. 42, pp. 349–357, 2003.
- M. C. Cotto-Maldonado, T. Campo, E. Elizalde, A. Gómez-martínez, C. Morant, and F. Márquez, "Photocatalytic Degradation of Rhodamine-B Under UV-Visible Light Irradiation Using Different Nanostructured Catalysts," *Am. Chem. Sci. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 178–202, 2013.
- D. Sistesya and H. Sutanto, "Sifat Optis Lapisan ZnO:Ag Yang Dideposisi di Atas Substrat Kaca Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD) Dan Aplikasinya Pada Degradasi Zat Warna Methylene Blue," *Youngster Phys. J.*, vol. 1, no. 4, pp. 71–80, 2013.
- K. M. Lee, C. W. Lai, K. S. Ngai, and J. C. Juan, *Recent Developments Of Zinc Oxide Based Photocatalyst In Water Treatment Technology: A review*, vol. 88. Elsevier Ltd, 2016.
- A. Pimentel, S. H. Ferreira, D. Nunes, T. Calmeiro, R. Martins, and E. Fortunato, "Microwave Synthesized ZnO Nanorod Arrays for UV Sensors: A Seed Layer Annealing Temperature Study," *Materials (Basel)*, vol. 9, no. 299, pp. 1–15, 2016, doi: 10.3390/ma9040299.
- I. A. G. Widihati, N. P. Diantariani, and Y. F. Nikmah, "Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al₂O₃," *J. Kim.*, vol. 5, no. 1, pp. 31–42, 2011.
- Kementerian Lingkungan Hidup, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014," Jakarta, 2014.
- H. Sanjaya, P. Rida, and S. K. W. Ningsih, "Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG Dengan Metode Fotosonolisis," *Eksakta*, vol. 18, no. 2, pp. 21–29, 2017, doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/45>.
- C. G. Joseph, G. L. Puma, A. Bono, Y. H. Taufiq-yap, and D. Krishnaiah, "Sonolysis , Photolysis and Sequential Sonophotolysis for the Degradation of 2 , 4 , 6-trichlorophenol : The Effect of Solution Concentration," *Chem. Eng. Commun.*, no. February 2015, pp. 37–41, 2015, doi: 10.1080/00986445.2014.901221.
- H. Susanto and S. Wibowo, *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi dan Aplikasi)*, First Edit. Semarang: Penerbit Telescope, 2015.