

bertahan hingga minggu ke 4, sementara pengomposan secara artifisial fase termofil berlangsung cukup cepat dan hanya berlangsung pada minggu pertama. Dengan dapat dinyatakan bahwa pada percobaan ini laju dekomposisi pengomposan secara artifisial lebih cepat dibanding pengomposan pada lingkungan alami.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson et.al. 1996. Biodegradability and microbial activities during composting of poultry litter. *Poultry Science*, 75, 608-617.
- Befia, T. et.al. 1996. Isolation of Thermus strains from hot compost (60-80°C). *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 1723-1727.
- Befia, T. et.al. 1994. Etude du développement de moisissures potentiellement allergéniques (en particulier *Aspergillus fumigatus*) au cours du compostage en Suisse. Swiss Federal Environmental Office (OFFEP-BUWAL, reference RD/OFFEP/310.92.84), pp. 1-95.
- Dalzell, H.W. Biddlestone; K.R. Gray and K. Thurafrican. 1987. Soil Management: Compost production and Use in Tropical and Subtropical Environments. FAO-UN, Rome.
- Gaur, A.C. 1982. A Manual of Rural Composting. Project Field Document No. 15.
- Gobat, J. M., Aragno, M. and Marthey, W. 1998. Le sol vivant: Bases de pédologie, biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes, CH-1015 Lausanne, 519 p.
- Insam, H., Amor, K., Crepez, C. 1996. Changes in functional abilities of the microbial community during composting of manure. *Microb. Ecol.*, 31, 77-87.

## PENENTUAN KADAR MERKURI PADA AIR, SEDIMEN, DAN BIOTA AIR DAS KAPUAS DENGAN TEKNOLOGI ANALISIS PENGAKTIFAN NEUTRON (APN)

Oleh:

Yusman Wiyatmo, Bambang Ruwanto,

Staf Pengajar FMIPA UNY

Bony Pahlanop dan Mercyana Permatasari

Alumni FMIPA UNY

#### Abstract

The aim of this research were: 1) to determinate mercury disposition in water, sedimen, and biota in Kapuas river, and 2) to evaluate whether mercury disposition of the sample have been exceeded the threshold value which permitted to be consumed by animal an human. The sample of this research were water, sediment, and biota (algae and fish) in Kapuas river. The research was carried out by experiment with neutron activation analysis (NAA) method. The determination of the elements in sample was conducted by gamma spectroscopy. The mercury disposition in sample was determined by comparing the cps of sample and the cps of standard (20 ppm). The results showed that the mercury disposition in water at TPI pier, KPLP pier, Depluh pier, and Kampung Mendawai were 0,25 ppm, 0,14 ppm, 0,19 ppm, and 0,09 ppm respectively. The mercury disposition at sediment in TPI pier and Depluh pier were 1,56 ppm and 0,63 ppm respectively, on the other hand the disposition of the mercury in KPLP pier and Kampung Mendawai were not detected. The mercury disposition at algae in a cross of Pertamina office, Taman Alun-Alun Kapuas, Kapuas bridge, and near Sidaso hospital were 0,41 ppm, 0,59 ppm, 0,58 ppm, dan 0,68 ppm respectively.

**Keywords:** The mercury disposition, water, sediment, water biota, and NAA.

## PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan emas tanpa ijin (PETI) di Kalimantan diperkirakan akan menyebabkan dampak yang serius terhadap lingkungan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa dalam penambangan emas liar (tanpa ijin) biasanya dilakukan tanpa penanganan limbah yang memadai. Dalam proses penambangan tersebut biasanya digunakan merkuri (Hg) untuk proses pemurnian emas dari bijih tambang. Limbah dari pengeksplotasian bijih emas dari dalam bumi yang berupa lumpur beserta sisa merkuri akan dibuang langsung di Sungai Kapuas.

Logam merkuri merupakan logam berfasa cair yang sangat membahayakan bagi keselamatan hewan ataupun manusia. Hal ini didasarkan pada sifat merkuri yang beracun apabila masuk dalam komponen rantai makanan. Oleh karena itu diprediksi bahwa komponen air, sedimen, dan biota air yang terdapat di daerah aliran sungai (DAS) Kapuas telah tercemar oleh logam merkuri akibat pembuangan limbah penambangan emas secara langsung. Kalau ditinjau dari pemanfaatan air Sungai Kapuas dalam kehidupan sehari-hari amat beragam, antara lain untuk irigasi, perikanan, pemandian, air minum ternak, sarana MCK, dan bahkan sebagai sumber air minum bagi warga setempat. Berpijak pada begitu pentingnya peran Sungai Kapuas dalam kehidupan masyarakat Kalimantan, maka perlu dilakukan penelitian tentang identifikasi

zat-zat pencemar dan pengukuran kadar merkuri dalam air, sedimen, dan biota air Sungai Kapuas.

Dengan semakin majunya teknologi di bidang radiasi nuklir, telah ditemukan suatu metode yang sangat teliti dalam analisis kandungan unsur kimia suatu zat yakni metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN). Analisis kuantitatif kadar zat yang sangat rendah, sulit untuk dilakukan dengan cara biasa pemurnian. Dengan metode APN proses pemurnian zat yang rumit tersebut tidak perlu dilakukan, dan hasilnya dapat diketahui kadar masing-masing unsur secara serentak. Selain itu keunggulan metode ini adalah memiliki sensitivitas yang tinggi sampai pada orde *part per million (ppm)* atau *part per billion (ppb)*. Hasil penelitian Tanti Rahayu (2003) menunjukkan bahwa kandungan merkuri dalam air Sungai Kapuas adalah 0,02 ppm, jauh lebih tinggi dari batas nilai ambang yang diijinkan oleh *U.S. Food and Administration (FDA)* sebesar 0,05 ppm (Ahmad Budiono, 2003: 5). Adapun nilai ambang batas kadar merkuri dalam biota air ikan menurut Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII/89 tanggal 10 Juli 1989 adalah sebesar 0,05 ppm. Bertolak dari hal tersebut maka penelitian untuk mengkaji kadar merkuri pada air, sedimen, dan biota air di DAS Kapuas adalah cukup menarik untuk diteliti lebih lanjut dalam kaitannya dengan batas nilai ambang yang diijinkan.

Bertolak dari bagian pendahuluan yang telah dikemukakan di depan maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dimunculkan sebagai berikut: Pertama, secara kuantitatif, berapakah kadar merkuri pada air, sedimen, dan biota air di Sungai Kapuas? Kedua, apakah kadar merkuri dalam sampel sudah melampaui nilai ambang batas yang diperkenankan untuk dikonsumsi bagi hewan dan manusia?

Analisis pengaktifan neutron adalah suatu analisis unsur yang didasarkan pada pengukuran keradioaktifan imbas jika suatu sampel ditembak dengan neutron. Teknik analisis pengaktifan ini mula-mula dilakukan oleh Havesy dan Levi pada tahun 1935 untuk menentukan diprosium dalam iritium. Pada saat itu sebagai sumber neutron digunakan sumber radioaktif 300 mCi Ra-Be. Dengan berkembangnya reaktor inti yang mampu menghasilkan neutron dengan fluks tinggi, maka sebagian besar penembakan neutron untuk keperluan analisis dilakukan dalam reaktor (Haryoto Djiosubroto, 1998: 540).

Penembakan inti atom dengan neutron dalam reaktor pada umumnya akan menghasilkan reaksi inti dengan neutron thermal. Umumnya penampang lintang reaksi penangkapan neutron tinggi, oleh karena itu maka seringkali batas deteksi (jumlah minimum zat yang dapat dideteksi) dalam APN juga rendah. Penembakan sampel dengan neutron cepat dapat juga dilaksanakan dalam

reaktor inti dengan jalan membungkus sampel dengan lembaran kadmium. Neutron thermal yang tercampur dengan neutron cepat akan diserap oleh lembaran kadmium tersebut sehingga sebagian besar neutron thermal tidak dapat mencapai sampel yang ditembak.

Reaksi inti yang sering digunakan dalam APN adalah reaksi  $(n, 2n)$ . Hal ini berarti bahwa penembakan inti dengan sebuah neutron akan menghasilkan inti belah (fissil) dan dua buah neutron. Dua buah neutron hasil reaksi inti tersebut yang digunakan untuk menembaki sampel dalam metode APN. Berdasarkan besar energinya, neutron dibedakan menjadi 3 macam: neutron cepat dengan energi di atas 0,5 MeV, neutron epithermal dengan energi 0,2 MeV s/d 0,5 MeV, dan neutron thermal dengan energi di bawah 0,2 MeV (Wisnu Susetyo, 1988: 160). Energi neutron cepat yang digunakan dalam APN sekitar 14 MeV, sehingga dikenal analisis pengaktifan neutron cepat (*fast neutron activation analysis*).

Sebagai akibat penembakan dengan neutron maka sebagian dari unsur-unsur yang berbeda dalam cuplikan menjadi radioaktif. Besar keradioaktifan (aktivitas) imbas dinyatakan dalam persamaan (1).

$$A = N\phi\sigma(1 - e^{-\lambda t})e^{-\lambda t} \quad (1)$$

dengan N menyatakan banyaknya inti atom yang ditembak,  $\phi$  adalah fluks neutron,  $\sigma$  penampang lintang,  $\lambda$  tetapan peluruhan,  $t$

lama penembakan, dan  $t_p$  lama pendinginan. Untuk satu inti atom yang sama maka besar keaktifan imbas yang terbentuk sebanding dengan banyaknya atom yang ditembak, sedangkan jumlah atom yang ditembak sebanding dengan berat unsur dalam sampel  $W$ . Oleh karena itu jika sampel tersebut ditembak secara bersamaan sama dengan pembandingan (standar), yang mengandung sejumlah unsur yang hendak ditentukan dalam jumlah yang diketahui dengan tepat maka:

$$W_x = \frac{A_x}{A_s} W_s \quad (2)$$

dengan  $A_x$  dan  $A_s$  masing-masing adalah aktivitas radionuklida unsur yang hendak ditentukan dalam sampel dan dalam standar.  $W_s$  berat standar yang ditembak dan  $W_x$  berat unsur dalam sampel.

Dalam APN reaksi yang terjadi adalah reaksi penangkapan neutron yang disertai dengan pemancaran sinar gamma ( $n, \gamma$ ). Reaksi pengaktifan neutron pada merkuri adalah sbb:



dengan  $^{197}_{80}\text{Hg}^*$  merupakan radioisotop yang bersifat tidak stabil. Untuk mencapai kestabilan inti, radioisotop tersebut meluruh dengan memancarkan sinar gamma dengan energi sebesar 77,35 keV (Erdman dan Soyka, 1979: 223).

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan analisis kualitatif untuk mengidentifikasi jenis unsur dalam sampel dan kuantitatif untuk menentukan kadar merkuri dengan teknik APN dan Spektroskopi Gamma.

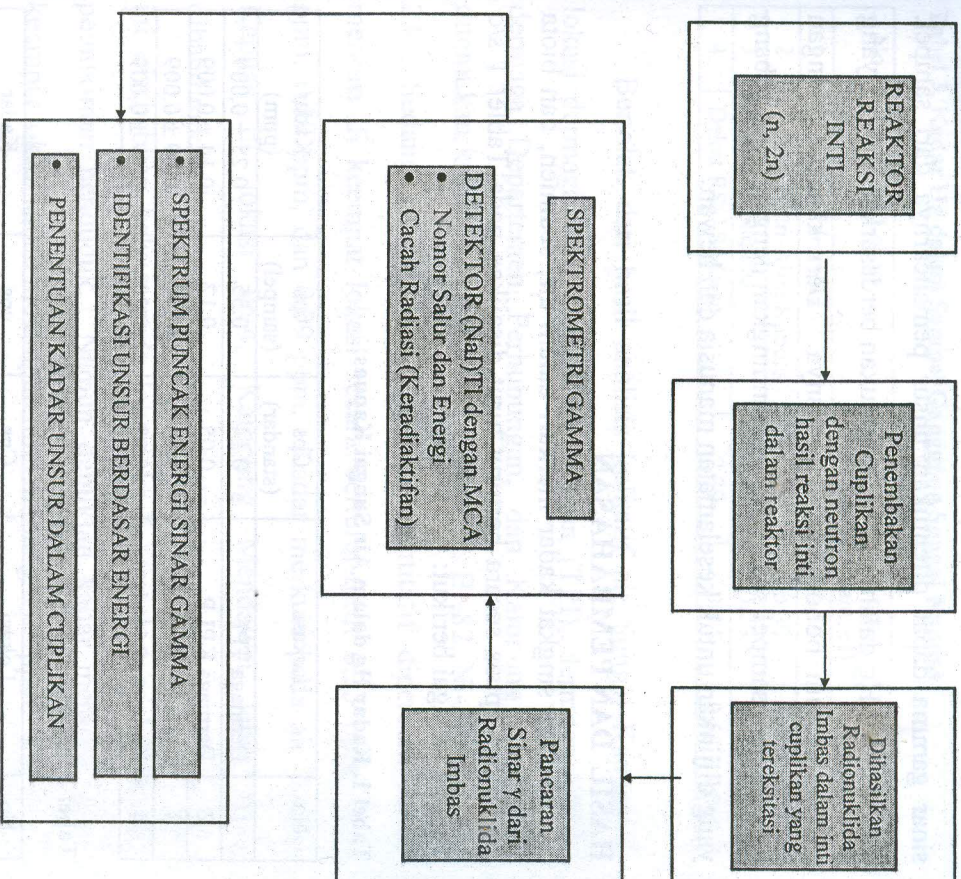
Sampel penelitian ini adalah air, sedimen, ikan, dan ganggang yang terdapat di Sungai Kapuas. Sampel penelitian diperoleh dari paket kiriman BAPEDALDA Propinsi Kalimantan Barat yang sampai di P3TM BATAN Yogyakarta pada bulan Januari 2005.

Instrumen penelitian penelitian ini adalah: lembar kadmium untuk membungkus cuplikan untuk filter netron thermal; detektor (NaI)TI untuk Spektroskopi Gamma dari cuplikan; Pre Amplifier (Canberra No. Seri 2002 C); Amplifier ORTEC No. Seri 572; Sumber Tegangan Tinggi (HV) 3 kV, ORTEC nomor seri 495; Cryostat (Canberra No. Seri 7500); MCA, model accuSpec A dengan *on board* ADC (2000 salur); komputer dengan sistem operasi DOS; dan neraca elektronik.

Selanjutnya secara singkat desain penelitian ini disajikan pada Gambar 1. Adapun langkah-langkah penelitian adalah sbb:

- Pengambilan sampel dengan bekerjasama dengan Lembaga BAPEDAL DA Propinsi Kalimantan Barat.
- Preparasi sampel dengan cara mengeringkan sampel dengan nitrogen cair agar merkuri yang terkandung dalam sampel tidak

- menguap. Selanjutnya sampel ditumbuk sampai halus dan disaring.
- c. Penembakan sampel dengan neutron dalam Reaktor Kartini P3TM BATAN Yogyakarta.
- d. Dari hasil penembakan akan dihasilkan radionuklida imbas yang memancarkan radiasi sinar gamma. Dilakukan pendeteksian energi sinar gamma dengan menggunakan spektrometer gamma detektor semikonduktor (NaI)TI.
- e. Hasil pencacahan radiasi sinar gamma dengan MCA akan dihasilkan spektrum energi sinar gamma
- f. Bertolak dari spektrum energi gamma yang dipancarkan radionuklida imbas, selanjutnya diidentifikasi unsur yang terkandung dalam sampel.
- g. Penentuan kadar unsur dalam sampel berdasarkan inti standar.



**Gambar 1. Desain Penelitian APN**

Data dalam penelitian ini dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Data penelitian berupa cacah radiasi sinar gamma, nomor salur MCA, dan energi sinar gamma. Dari distribusi energi

sinar gamma dapat ditentukan unsur pemancarnya dari sampel. Kadar unsur Hg dalam sampel ditentukan berdasarkan standar yang telah diketahui bobot dan aktivitasnya. Dari kadar kandungan unsur dalam sampel selanjutnya dibandingkan dengan nilai ambang yang diijinkan untuk keselamatan manusia dan hewan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara singkat kadar merkuri dalam air, sedimen, dan biota air DAS Kapuas secara berturut-turut disajikan pada Tabel 1 s/d Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 1. Kadar Hg dalam Air Sungai Kapuas

No	Lokasi	Cps (standar)	cps (sampel)	Kadar (ppm)
1	Derмага TPI	0,14	0,35	0,25 ± 0,009
2	Derмага KPLP	0,05	0,12	0,14 ± 0,009
3	Derмага Dephub	0,04	0,10	0,09 ± 0,009
4	Kampung Mendawai	0,08	0,20	0,19 ± 0,009

Tabel 2. Kadar Hg dalam Sedimen Sungai Kapuas

No	Lokasi	Cps (standar)	cps (sampel)	Kadar (ppm)
1	Derмага TPI	0,33	0,85	1,56 ± 0,018
2	Derмага KPLP	0,00	0,00	0,00 ± 0,000
3	Derмага Dephub	0,13	0,35	0,63 ± 0,018
4	Kampung Mendawai	0,00	0,00	0,00 ± 0,000

Tabel 3. Kadar Hg dalam Sampel Ganggang Sungai Kapuas

No	Lokasi	cps (standar)	cps (sampel)	Kadar (ppm)
1	Seberang Pertamina	2,39	0,19	0,41 ± 0,028
2	Taman Alun-Alun Kapuas	2,39	0,30	0,59 ± 0,039
3	Jembatan Kapuas	2,39	0,29	0,58 ± 0,042
4	Dekat RSU Sudarso	2,39	0,34	0,68 ± 0,059

Bertolak dari hasil analisis kualitatif air Sungai Kapuas di lokasi derмага Tempat Pelelangan Ikan (TPI), derмага KPLP, derмага Departemen Perhubungan, dan Kampung Mendawai ditemukan kandungan unsur-unsur Hg-197, Br-82, Ni-57, dan Na-24. Sedangkan dari hasil analisis kuantitatif diperoleh kadar merkuri di keempat lokasi secara berturut-turut 0,25 ppm, 0,14 ppm, 0,19 ppm, dan 0,09 ppm. Kadar merkuri pada air Sungai Kapuas di lokasi ke-4, Kampung Mendawai lebih kecil dibandingkan dengan kadar merkuri di ketiga tempat yang lain. Hal ini disebabkan bahwa pada lokasi ke-4 tersebut adalah daerah pemukiman penduduk. Namun demikian kadar merkuri air di keempat lokasi sudah melampaui nilai ambang 0,05 ppm.

Logam berat yang terkandung dalam sedimen Sungai Kapuas adalah Hg-197, Ho-166, Sm-153, La-140, Ni-57, dan Ni-65, sedangkan logam ringan yang terkandung adalah Br-82, As-76, Na-24, dan K-42. Adapun kadar merkuri pada sampel sedimen di derмага TPI dan Kampung Mendawai adalah 1,56 ppm dan 0,63

ppm, sedangkan pada lokasi Dermaga KPLP dan Dermaga Dephuh tidak terdeteksi adanya merkuri pada sedimen Sungai Kapuas.

Selanjutnya unsur-unsur yang terkandung dalam biota air ikan mas yang terdapat dalam kerambah daerah aliran Sungai Kapuas adalah: Br-82, K-42, dan Na-24, sedangkan pada ganggang unsur-unsur yang terkandung adalah: Hg-197, La-140, Br-82, dan As-76. Selain unsur merkuri yang sangat beracun pada ganggang juga terkandung unsur beracun lain yakni arsen (As), yang digunakan dalam pertanian sebagai bahan campuran insektisida. Kemungkinan besar arsen yang terdapat dalam sampel ganggang berasal dari kegiatan pertanian yang terdapat di bagian hulu Sungai Kapuas (dekat RSU Sudarso dan jembatan Kapuas). Sedangkan unsur K-42, Na-24, dan Br-82 yang terdapat dalam sampel karena unsur-unsur tersebut merupakan unsur yang banyak terdapat di alam.

Pada sampel ikan mas yang diambil di keempat lokasi: kerambah dekat Asrama Hayam Wuruk, kerambah Kampung Beting, kerambah dekat Jembatan Kapuas, dan kerambah Kampung Kapur, semuanya tidak terdeteksi adanya merkuri. Hal ini disebabkan antara lain: pertama, kadar merkuri dalam sampel ikan mas sangat kecil sehingga dalam orde ppm tidak terdeteksi. Dimungkinkan kadar merkuri dalam sampel ikan mas dalam orde *part per billion (ppb)*. Kedua, umur rata-rata ikan mas untuk

dipanen berumur sekitar 3 bulan, sehingga pengaruh pakan alami yang dikonsumsi ikan masih relatif sedikit.

Kadar merkuri yang terdapat dalam ganggang di keempat lokasi adalah cukup besar. Secara berturut-turut kadar merkuri pada ganggang di lokasi dekat RSU Sudarso, Jembatan Kapuas, Taman Alun-alun Kapuas, dan seberang Pertamina adalah: 0,68 ppm, 0,58 ppm, 0,59 ppm, dan 0,40 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa besar kadar merkuri dari lokasi yang terletak di hulu sungai sampai ke lokasi yang terletak di hilir sungai semakin mengecil. Keadaan ini terjadi karena sumber pencemaran merkuri (kegiatan PETD) terletak di bagian hulu sungai.

Namun terjadi penyimpanan untuk lokasi Taman Alun-alun Kapuas dan Jembatan Kapuas. Sampel ganggang dari lokasi Taman Alun-alun Kapuas yang letaknya lebih ke hilir memiliki kadar merkuri yang lebih besar dibandingkan dengan kadar merkuri pada sampel ganggang di lokasi dekat jembatan Kapuas yang letaknya lebih ke bagian hulu. Keadaan ini disebabkan oleh adanya aliran Sungai Landak yang bermuara di antara kedua lokasi tersebut yang juga bagian hulunya telah tercemar merkuri. Kadar merkuri yang paling kecil terdapat pada ganggang di lokasi seberang Pertamina yang letaknya paling hilir.

## SIMPULAN

1. Hasil analisis kuantitatif menunjukkan bahwa kadar merkuri pada sampel air Sungai Kapuas di lokasi Dermaga TPI, Dermaga KPLP, Dermaga Dephub, dan Kampung Mendawai secara berturut-turut 0,25 ppm, 0,14 ppm, 0,19 ppm, dan 0,09 ppm. Kadar merkuri pada sedimen Dermaga TPI dan Dermaga Dephub secara berturut-turut 1,56 ppm dan 0,63 ppm, sedangkan pada lokasi Dermaga KPLP dan Kampung Mendawai tidak terdeteksi adanya merkuri. Kadar merkuri pada ganggang pada lokasi seberang Pertamina, Taman Alun-Alun Kapuas, Jembatan Kapuas, dan dekat RSU Sudarso secara berturut-turut adalah 0,41 ppm, 0,59 ppm, 0,58 ppm, dan 0,68 ppm. Adapun pada sampel ikan di keempat lokasi tidak terdeteksi adanya merkuri.
2. Kadar Hg di keempat lokasi termasuk dalam kategori tinggi melampaui ambang batas baku mutu air kelas IV sebesar 0,05 ppm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Budiono. 2002. *Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. Makalah Pengantar Falsafah Sains Program Pascasarjana S3 IPB*. IPB, Bogor.
- Erdman, Gerhard. 1976. *Neutron Activation Tables*. Verlag Chernia, Weinheim New York.

- Erdman, Gerhard and Soyka. 1979. *The Gamma Ray of The Radionuclides Tables for Applied Gamma Ray Spectrometry*. Verlag Chernia, Weinheim New York.
- Haryoto Djoyosubroto. 1998. *Analisa Pengaktifan Neutron, Penggunaan Teknik Nuklir dalam Bidang Kimia*. BATAN, Jakarta.
- Tanti Rahayu. 2003. *Penentuan Kandungan Merkuri (Hg) dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN)*. Skripsi. Jurdik Fisika FMIPA UNY, Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Wisnu Susetyo. 1988. *Spektrometri Gamma*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.