

## **Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY Dengan Metode Magnetik**

**Putut Indratmoko, M. Irham Nurwidyanto, Tony Yulianto**  
Jurusan Fisika FMIPA UNDIP Semarang.

### **Abstract**

*Acquisition of geomagnetic field has been done at Kretek, Sanden, Pundong, Bantul and Panggang, Gunung Kidul, Yogyakarta Province on 14 s/d 17 October and 7,8,9,12 November 2009 in orde to interpreted the subsurface structure. Data has been collected by Proton Precession Magnetometer (PPM) to measured the total intensity of magnetic field, Global Positioning System (GPS) to determine the position and geology compass to the direction of north pole.*

*The raw data has been processed and performed using IGRF (International Geomagnetics Reference Field) correction to obtain total field magnetic anomaly. Upward continuation was performed at 300 meters heigh by Magpick. Qualitative interpretation was done by analyzing regional and local anomaly maps. Quantitative interpretation was done 2 ½ D modelling cross-section anomaly maps using Mag2DC for Windows Software.*

*The result of 2-D modeling produces anomaly objects was susceptibility value (0,0405) in cgs unit for the first object, susceptibility value (0,0425) in cgs unit for the second object, susceptibility value (-0,0085) in cgs unit for the third object. The anomaly objects had depth in  $\pm 580$  meters from the surface and was considered the rock which had been experience demagnetitation proses.*

*Key word: magnetic anomaly, Parangtritis, susceptibilities.*

### **Abstrak**

*Pengukuran data medan magnetik telah dilakukan di daerah Kretek, Sanden, Pundong Kab. Bantul dan sekitar Panggang, Kab. Gunung Kidul D.I. Yogyakarta pada tanggal 14 s/d 17 Oktober dan 7,8,9,12 Nopember 2009. Pengukuran medan magnet total menggunakan Proton Precession Magnetometer (PPM), penentuan posisi menggunakan Global Positioning System (GPS) dan penentuan orientasi arah utara kompas geologi.*

*Pengolahan data dilakukan dengan koreksi IGRF (International Geomagnetics Reference Field) untuk mendapatkan anomali medan magnetik total. Kontinuasi ke atas dilakukan pada ketinggian 300 meter dengan menggunakan perangkat lunak Magpick. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisis peta anomali regional dan lokal. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan pemodelan 2 ½ D pada sayatan peta anomali menggunakan perangkat lunak Geomodel for Windows.*

*Hasil Pemodelan dua dimensi menghasilkan benda penyebab anomali dengan suseptibilitas yaitu: dengan nilai (0,001) dalam sistem satuan cgs untuk benda pertama, (0,0034) dalam sistem satuan cgs untuk benda ke dua dan benda ke tiga (-0,048) dalam sistem satuan cgs dengan arah utara-selatan. Benda anomali berada pada kedalaman  $\pm 580$  m dari permukaan dan diidentifikasi berupa batuan yang telah mengalami pelapukan karena proses demagnetisasi batuan.*

*Kata kunci: anomali magnetik, Parangtritis, suseptibilitas.*

## PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan salah satu sumber daya alternatif dan sangat berpotensi untuk diproduksi di Indonesia karena potensi panas bumi di Indonesia mencapai 40 % cadangan panas bumi dunia. Hal ini disebabkan Indonesia memiliki 129 gunung api yang berpotensi sebagai daerah pengembangan panas bumi [1].

Manifestasi panas bumi di daerah Parangtritis, kec. Kretek, kab. Bantul, ditandai dengan adanya mata air panas (MAP) yang muncul di Parangwedang 1 dan 2, masing – masing dengan temperatur 43 dan 49 °C dengan PH normal. MAP Parang wedang terletak beberapa ratus meter sebelah utara obyek wisata parangtritis[2].

Metode geofisika diterapkan untuk mengetahui sifat-sifat fisik batuan yang ada di bawah permukaan. Adanya anomali dari sifat fisik batuan dapat digunakan untuk memperkirakan keberadaan sistem panas bumi di bawah permukaan. Dalam membantu penginterpretasian potensi panas bumi daerah penelitian maka data geofisika sangat membantu dalam hal-hal berikut [3].

1. Keberadaan sumber panas
2. Keberadaan zona reservoir
3. Zona permeable dan *upflow*.

Dalam penelitian ini, metode geofisika yang digunakan berupa metode magnetik.

Dalam eksplorasi panas bumi, metode magnetik digunakan untuk mengetahui variasi medan magnet di daerah penelitian. Variasi magnet disebabkan oleh sifat kemagnetan yang tidak homogen dari kerak bumi. Dimana batuan di dalam sistem panas bumi pada umumnya memiliki magnetisasi rendah dibanding batuan sekitarnya. Hal ini disebabkan adanya proses demagnetisasi oleh proses alterasi hidrotermal, dimana proses tersebut mengubah mineral yang ada menjadi mineral-mineral paramagnetik atau bahkan diamagnetik.

Nilai magnet yang rendah tersebut dapat menginterpretasikan zona-zona potensial sebagai reservoir dan sumber panas [4].

## DASAR TEORI

### Suseptibilitas Kemagnetan

Kemudahan suatu benda magnetik untuk dimagnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan  $k$  dapat dirumuskan dengan persamaan berikut [5] :

$$\vec{M} = k \vec{H} \quad (1)$$

Besaran yang tidak berdimensi ini merupakan parameter dasar yang digunakan dalam metode magnetik. Berdasarkan harga suseptibilitas  $k$ , benda-benda magnetik dapat dikategorikan sebagai *diamagnetik*, *paramagnetik*, *ferromagnetik*. *Diamagnetik* adalah benda yang mempunyai nilai  $k$  kecil dan negatif. *Paramagnetik* adalah benda magnetik yang mempunyai nilai  $k$  kecil dan positif. Sedangkan *Ferromagnetik* adalah benda magnetik yang mempunyai nilai  $k$  positif dan besar.

### Induksi Magnetik

Suatu bahan magnetik yang diletakkan dalam medan luar  $\vec{H}$  akan menghasilkan medan tersendiri  $\vec{H}'$  yang meningkatkan nilai total medan magnetik bahan tersebut. Induksi magnetik yang didefinisikan sebagai medan total bahan ditulis pada persamaan (2) [5]:

$$\vec{B} = \vec{H} + \vec{H}' \quad (2)$$

Hubungan medan sekunder  $\vec{H}'$  dengan intensitas magnetisasi digambarkan pada persamaan (3):

$$\vec{H}' = 4\pi \vec{M} \quad (3)$$

Persamaan (1) jika digabungkan dengan persamaan (2) dan (3) akan menghasilkan persamaan (4):

$$\vec{B} = (1 + 4\pi k)\vec{H} \quad (4)$$

Konstanta  $1 + 4\pi k$  sama dengan permeabilitas magnetik ( $\mu$ ) yang juga merupakan perbandingan antara  $\vec{B}$  dan

$\bar{H}$ . Atau ditulis sebagai persamaan (2.5):

$$\bar{B} = \mu \bar{H} \quad (5)$$

### Medan Magnet Bumi

Pengertian umum medan magnet bumi adalah medan dimana dapat dideteksi distribusi gaya magnet. Pada tahun 1839 Gauss pertama kali melakukan analisa harmonik dari medan magnet bumi untuk mengamati sifat-sifatnya. Analisa selanjutnya yang dilakukan oleh para ahli mengacu pada kesimpulan umum yang dibuat oleh Gauss yaitu :

- a. Intensitas medan magnet bumi hampir seluruhnya dari dalam bumi
- b. Medan yang teramati di permukaan bumi dapat didekati dengan persamaan harmonik yang pertama berhubungan dengan potensial dwikutub di pusat bumi. Dwikutub Gauss ini mempunyai kemiringan (menyimpang) kira-kira  $11,5^\circ$  terhadap sumbu geografis.

Sumber medan magnet bumi secara umum dibagi menjadi tiga, yaitu medan magnet utama bumi (*main field*), medan luar (*external field*), dan medan anomali (*anomaly field*).

### Statigrafi Daerah

Jenis batuan yang terdapat di daerah penelitian secara umum tersusun oleh batuan sedimen dan sedikit batuan beku intrusi andesit disekitar utara panti Parangtritis. Formasi batuan yang dijumpai di daerah penelitian dapat dikelompokkan dari formasi batuan yang paling muda ke paling tua adalah Formasi Wonosari penyusun utamanya adalah batgamping, Formasi Nglanggran penyusun utamanya adalah breksi, Formasi Semilir penyusun utama adalah batupasir, betu lempung, tuff dan breksi pumis, Formasi Kebo-Butak, Formasi Wungkul Gamping [6].

### Panas Bumi

Energi panasbumi adalah energi panas alami dari dalam bumi yang ditransfer ke permukaan bumi secara konduksi dan konveksi. Secara umum perubahan kenaikan temperatur terhadap kedalaman di kerak bumi adalah sekitar  $30^\circ\text{C}/\text{km}$ . Jika diasumsikan temperatur rata-rata permukaan bumi adalah  $15^\circ\text{C}$ , maka di kedalaman 3 km, temperaturnya akan mencapai  $105^\circ\text{C}$ . Akan tetapi temperatur tersebut kurang menguntungkan dari sisi ekonomis untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi panasbumi. Sementara mantel bumi (*mantle*) merupakan lapisan yang semi-cair atau batuan yang meleleh atau sedang mengalami perubahan fisik akibat pengaruh tekanan dan temperatur tinggi disekitarnya. Sedangkan bagian luar dari inti bumi (*outer core*) berbentuk liquid. Akhirnya, lapisan terdalam dari inti bumi (*inner core*) berwujud padat [7].

Sistem panas bumi merupakan perpindahan panas alami dalam volume tertentu dari kerak bumi yang membawa panas dari sumber panas ke tempat pelepasan panas, yang umumnya adalah permukaan tanah [8].

### METODE PENELITIAN

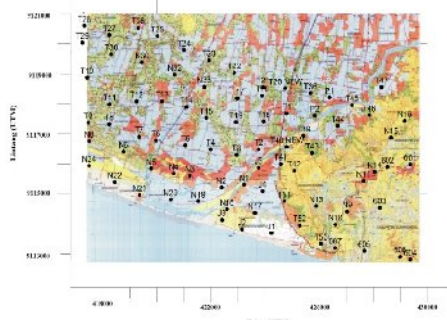
#### Instrumen Penelitian

Instrumen utama yang digunakan di dalam penelitian metode magnetik di daerah Kretek, Sanden, Pundong, Kabupaten Bantul dan sekitar Panggang Kabupaten Gunung Kidul D.I. Yogyakarta, adalah : Satu Unit PPM (*Proton Precession Magnetometer*) tipe geometrics model G856x, dilengkapi sensor, tongkat, dan baterai kering untuk mengukur medan magnet bumi dengan akurasi 0,5 nT dan *range* pengukuran 20.000 sampai 90.000 nT, Satu buah *Global Positioning System* (GPS) Garmin untuk menentukan posisi pengukuran dengan akurasi 15 meter, kompas Geologi. Digunakan untuk mengetahui arah utara sebagai orientasi

sensor PPM, peta topografi daerah Kabupaten Bantul dan Gunung Kidul D.I. Yogyakarta. Digunakan untuk menentukan titik-titik pengambilan data. catatan harian lapangan. Digunakan untuk mencatat nilai intensitas medan magnetik total, hari, tanggal, jam, kondisi lingkungan saat pengambilan data, arloji, untuk mengetahui waktu pengambilan data, unit komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak *Microsoft Excel*, *Surfer*, *Magpick* dan *Geomodel*. Digunakan untuk mengolah data intensitas medan magnet total dari lapangan.

Studi pendahuluan mengenai kondisi daerah penelitian dilakukan dengan tujuan untuk membuat perencanaan survei, yaitu jalur lintasan yang akan ditempuh, posisi titik (*base station*) magnetik, dan posisi titik ukur magnetik. Tahapan selanjutnya adalah pengambilan data di lapangan.

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 14 – 17 Oktober 2009, 7, 8, 9, 12 November 2009 dengan ukuran area 12,3 km x 8,3 km, spasi antar titik pengukuran 500 – 1000 m. Pengambilan data sebanyak  $\pm 81$  titik ukur dan 1 titik *base station* yang terletak di sekitar zona sesar Opak daerah Pleret Bantul.



Gambar 1. Posisi titik ukur penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Peta Kontur Anomali Medan Magnet

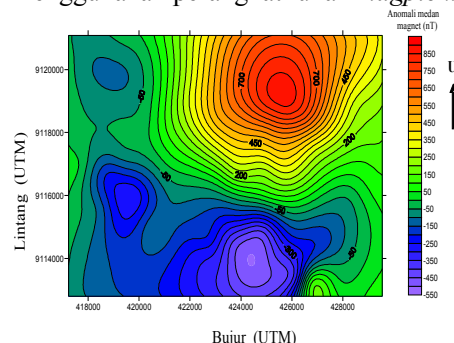
Anomali medan magnetik total adalah harga medan magnetik di suatu titik yang dihasilkan oleh batuan di bawah permukaan yang menjadi target dari pengukuran metode magnetik.

Anomali medan magnetik total dihasilkan dengan melakukan beberapa koreksi terhadap data hasil pengukuran di lapangan. Koreksi yang dilakukan adalah koreksi IGRF.

Pola kontur anomali medan magnetik total di topografi terdiri dari pasangan klosur positif dan klosur negatif yang berjumlah banyak. Pasangan klosur positif dan klosur negatif ini menunjukkan anomali magnetik adalah *dipole* (dwi kutub). Jumlah pasangan *dipole* magnetik yang banyak menunjukkan anomali medan magnetik total di topografi masih sangat dipengaruhi oleh anomali lokal.

### Kontinuitas Ke Atas (*Upward Continuation*)

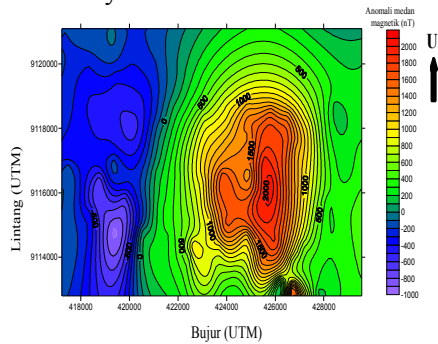
Proses kontinuitas ke atas dilakukan pada peta anomali medan magnetik total. Penentuan anomali regional dilakukan dengan proses pengangkatan ke atas (*upward continuation*) pada anomali medan magnetik total. Penggunaan kontinuitas ke atas diharapkan dapat membantu untuk memisahkan anomali regional dengan anomali lokal. Proses kontinuitas dengan uji *trial and error* dilakukan dengan melihat kecenderungan pola kontur hasil kontinuitas pada ketinggian tertentu. Data pengamatan pada penelitian ini diperhalus guna menghilangkan efek lokal dengan pengangkatan ke atas (*upward continuation*) setinggi 300 meter dengan menggunakan perangkat lunak *magpick*.



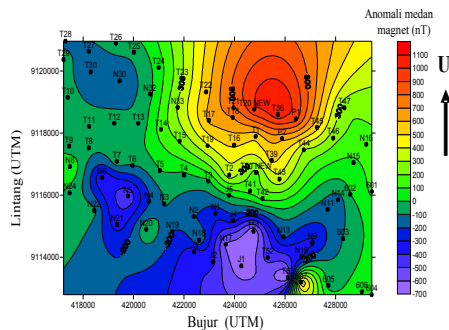
Gambar 3. Peta anomali medan magnet setelah dilakukan pengangkatan ke atas

**Reduksi Ke Kutub**

Data anomali medan magnetik total kemudian di reduksi ke kutub. Reduksi ke kutub adalah salah satu filter pengolahan data magnetik untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi magnetik. Filter tersebut diperlukan karena sifat dipole anomali magnetik menyulitkan interpretasi data lapangan yang umumnya masih berpola asimetrik. Reduksi ke kutub dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *magpick*. Hasil dari reduksi ke kutub menunjukkan anomali magnetik menjadi satu kutub. Hal ini ditafsirkan posisi benda penyebab anomali medan magnet berada dibawahnya.



Gambar 4. Peta anomali medan magnet setelah dilakukan reduksi ke kutub



Gambar 2. Anomali medan magnet total

**Interpretasi Kualitatif**

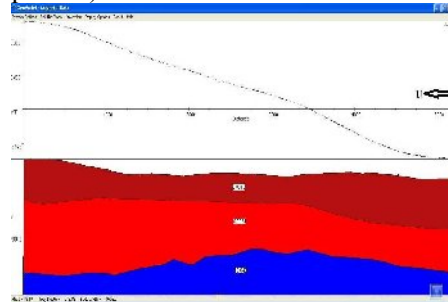
Interpretasi secara kualitatif dilakukan dengan menganalisa kontur anomali medan magnetik total hasil kontinuitas ke atas. Reduksi ke kutub digunakan untuk mengetahui pasangan kutub yang akan digunakan untuk interpretasi. Secara kualitatif peta

anomali menunjukkan penyebaran pasangan kontur. Penentuan pasangan ini didasarkan pada kecenderungan arah grid masing-masing pasangan kontur pola tertutup dan terlihat mempunyai gradien anomali yang lebih tajam dari daerah sekitarnya.

Anomali magnet total didaerah kecamatan Kretek, Sanden, Pundong dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok anomali, yaitu;

- Kelompok anomali magnet total positif tinggi dengan besaran  $> +500$  nT.
- Kelompok anomali magnet total positif sedang dengan besaran  $+ 500$  nT sampai 0 (nol) nT.
- Kelompok anomali magnet total rendah  $> -500$  nT sampai 0 nT.

Daerah penyelidikan dihasilkan oleh anomali magnet positif - negatif. Secara geologi merupakan manifestasi bahwa dibawah permukaan terdapat batuan non magnetik yang ditafsirkan merupakan manifestasi bahwa dibawah permukaan terdapat batuan yang telah berubah secara kuat sampai rendah. Indikasi batuan tersebut telah berubah didasarkan atas ditemukannya chloritisasi dan serisitisi. Menurut Idral dkk (2003), pada peta anomali negatif dan positif, pola kontur tampak lebih rapat, hal ini mengindikasikan adanya struktur sesar pada daerah tersebut, karena struktur sesar dicirikan oleh lineasi anomali, kerapatan kontur, pembelokan anomali, dan pengkutuban anomali (negatif dan positif).



Gambar 5. Pemodelan pada sayatan A-A'

Sayatan dibuat dari pasangan kontur tertutup yang berarah utara-selatan yaitu A-A'. Dari sayatan ini, akan digunakan untuk permodelan struktur bawah permukaan daerah penelitian. Hasil reduksi ke kutub hanya menghasilkan satu pasangan anomali, sehingga untuk interpretasi kuantitatif hanya terdapat satu pemodelan.

### Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan pemodelan menggunakan perangkat lunak *Geomodel*, dengan memasukan intensitas, inklinasi, deklinasi. Proses pemodelan ini membutuhkan data tambahan berupa peta stratigrafi dan peta geologi daerah penelitian. Keakuratan perangkat lunak *Geomodel* untuk pembuatan model dilihat dari nilai *error*. Semakin kecil tingkat *error* maka semakin akurat pemodelannya. Dengan bantuan dari informasi geologi dilakukan pemodelan benda penyebab anomali.

Interpretasi secara kuantitatif dilakukan terhadap hasil sayatan dari interpretasi kualitatif. Pemodelan untuk sayatan diharapkan dapat menjelaskan struktur bawah permukaan yang berupa manifestasi panas bumi yang diduga sebagai penyebab anomali.

Pemodelan profil A-A' didapatkan interpretasi bawah permukaannya berupa 3 buah batuan yang mempunyai kontras suseptibilitas berbeda dengan batuan sekitarnya. Suseptibilitas yang didapatkan yaitu dengan nilai (0,0405) cgs untuk benda pertama (warna merah tua), (0,0425) cgs untuk benda ke dua (warna merah) dan benda ke tiga (warna biru) dengan suseptibilitas (-0,0085) cgs dengan arah utara-selatan. Benda pertama dengan kedalaman 6 meter dari permukaan, benda kedua dengan kedalaman antara 177 meter dari permukaan bumi, dan benda ke tiga dengan kedalaman 580 meter. Pada benda pertama diperkirakan merupakan alluvium yang menutupi

daerah penelitian, benda ke dua diperkirakan berupa batuan breksi lapili dan batu pasir tuf, pada batuan ketiga berwarna biru diperkirakan berupa terubahkan sangat kuat karena adanya proses demagnetisasi oleh proses alterasi hidrotermal. Nilai magnet yang rendah tersebut dapat menginterpretasikan zona-zona potensial sebagai reservoir. Pada pemodelan profil A-A', diperkirakan merupakan batuan reservoir manifestasi panas bumi berada pada kedalaman 580 meter dengan ditandai adanya batuan yang telah terubahkan secara kuat.

Dalam pemodelan ini, disesuaikan dengan informasi geologi maupun kenampakan permukaan di daerah penelitian. Berdasarkan informasi geologi di daerah penelitian terdapat tiga lapisan batuan umumnya berumur tersier. Ketiga lapisan yang dibuat dalam pemodelan ini terdiri dari endapan Alluvium, formasi Semilir dan formasi Kebo-Butak. Kurva hasil pemodelan harus cocok dengan kurva pengamatan.

Manifestasi panas bumi terdapat di sekitar pantai selatan Provinsi D.I. Yogyakarta. Struktur sesar diperkirakan terdapat di daerah Pundong dengan arah selatan utara dan didaerah sanden dengan arah barat daya – timur laut. Sesar tersebut diperkirakan sebagai jalannya manifestasi panas bumi. Reservoir MAP di daerah Parangtritis akibat adanya zona subduksi di selatan jawa<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil pemodelan pada penelitian ini, reservoir panas bumi di daerah ini diperkirakan berada pada kedalaman 580 meter.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan dapat diperoleh kesimpulan:

1. Benda penyebab timbulnya anomali medan magnet pada daerah survei adalah diperkirakan terdapatnya daerah panas bumi yang terlihat dari perbedaan nilai suseptibilitas

rendah pada lapisan batuan pada struktur bawah permukaan.

2. Suseptibilitas yang didapatkan yaitu dengan nilai (0,001) dalam sistem satuan cgs untuk benda pertama, (0,0034) dalam sistem satuan cgs untuk benda ke dua dan benda ke tiga (-0,048) dalam sistem satuan cgs.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Kurniawan, Arrie., 2009, *Eksplorasi Energi Panas Bumi Dengan Metode Geofisika Dan Geokimia Pada Daerah Ria-Ria Sipoholon, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatra Utara*, Skripsi S1 Teknik Geologi, ITB
- [2]. Idral, A., Edi S., Edy S., Dedi K., Timor S., 2003, *Penyelidikan Terpadu Geology, Geokimia, dan Geofisika Daerah Panas Bumi Parangtritis Daerah Istimewa Yogyakarta*. Kolokium hasil kegiatan inventarisasi Sumber Daya Mineral.
- [3]. Gupta, H. dan Ray, S., 2007, *An Outline of the Geology of Indonesia*, IAGA, Jakarta, hal 11-36.
- [4]. Sumintadirejo, P., 2005, *Vulkanologi dan geothermal*. Diktat kuliah vulkanologi dan geothermal, Penerbit ITB, 153hal.
- [5]. Telford, M.W., Geldart L.P., Sheriff R.E., Keys D.A., 1990, *Applied Geophysics*, USA, Cambridge University Press.
- [6]. Rahardjo, W. dan Sukandar Rumidi, Rosidi H, 1995, *Peta Geologi lembar Yogyakarta*, P3G Bandung
- [7]. Suparno, S, 2009, *Energi Panas Bumi a Present from The Heart of The Earth*, FMIPA-UI, Jakarta
- [8]. Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L., 2000, *Surface Manifestation of Geothermal System with Volcanic Heat Source*, In Encyclopedia of Volcanoes, H. Sigurdson, B.F. Houghton, S.R. Mc Nutt, H. Rymer dan J. Stix (eds.), Academic Press

