

ESTIMASI SUMBER DAYA ASPAL BATU BUTON (ASBUTON) BERDASARKAN PENAKSIRAN KADAR BITUMEN DENGAN METODE INVERS DISTANCE WEIGHTING (IDW) PADA BLOK C PT WIJAYA KARYA BITUMEN KECAMATAN PASARWAJO KABUPATEN BUTON, SULAWESI TENGGARA

(Buton Rock Asphalt (Asbuton) Resource Estimation According Bitumen Grade Appraisal by Inverse Distance Weighting (IDW) Method at Block C PT Wijaya Karya Bitumen Pasarwajo Sub Districts, Buton Regency, Southeast Sulawesi)

Isman Saleh, Harjuni Hasan, Tommy Trides

Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda
ismansaleh27@gmail.com

Abstrak

Estimasi dilakukan untuk mengetahui jumlah endapan Asbuton pada blok C PT. Wijaya Karya Bitumen berdasarkan klasifikasi kualitas yang ditetapkan oleh PT. Wijaya Karya Bitumen. Estimasi sumber daya Asbuton dilakukan dengan memasukkan sejumlah data berupa data bor dan data kadar bitumen pada perangkat lunak komputer. Estimasi dilakukan dengan block model dan metode penaksiran kadar bitumen menggunakan metode Invers Distance Weighting (IDW). Pada metode IDW digunakan 4 nilai power yang berbeda yaitu 1, 2, 3, dan 4 untuk melihat perbedaan yang dihasilkan. Pemilihan nilai power yang paling baik untuk estimasi sumber daya asbuton dilakukan dengan menentukan nilai RMSE terkecil dari keempat nilai power yang digunakan. Nilai power dengan nilai RMSE terkecil adalah 1 dengan hasil estimasi sumber daya asbuton yaitu B.16=31115 MT, kadar=16,09%; B.20=46095 MT, kadar=20,39%; B.25=29505 MT, kadar=24,62%; dan B.30=5530 MT, kadar=28,45%. Dengan hasil yang telah diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran dalam perencanaan penambangan yang akan dilakukan perusahaan nantinya.

Kata Kunci: Estimasi, Sumber Daya, Asbuton, Block Model, IDW, RMSE

Abstract

Estimation is done to know total of Asbuton deposit at Block C PT Wijaya Karya Bitumen according quality classification in PT Wijaya Karya Bitumen. Resource estimation of Asbuton is done by input some data like drill hole data and bitumen grade in software. Estimation is done with block model and grade appraisal method using Invers Distance Weighting (IDW) method. In IDW method is used 4 different power that is 1, 2, 3 and 4 to see differentiation in result. Selecting better power to resource estimation is done by determine the smallest RMSE value between 4 power value be used. Power value with the smallest RMSE value is 1 with Asbuton resource estimation result that is B.16=31115 MT, grade=16,09%; B.20=46095 MT, grade=20,39%; B.25=29505 MT, grade=24,62%; and B.30=5530 MT, grade=28,45%. With the result is hoped can give representation in mine planning which be done by the company later.

Keywords: Estimation, Resource, Asbuton, Block Model, IDW, RMSE

PENDAHULUAN

Penambangan merupakan kegiatan dalam rangka penyediaan bahan baku untuk keperluan pembangunan di segala bidang. Kegiatan penambangan tidak lepas dari pekerjaan-pekerjaan dalam mencari bahan tambang. Estimasi sumber daya merupakan salah satu pekerjaan penting dalam mengevaluasi suatu kegiatan penambangan yang dilakukan untuk

memperkirakan keberadaan bahan galian agar dapat dimanfaatkan secara maksimal.

Di era komputerisasi dewasa ini, estimasi sumber daya bahan galian dapat dilakukan dengan mudah dengan bantuan software yang dirancang untuk melakukan operasi perhitungan dengan cepat. Penggunaan komputer sangat membantu pemodelan sumber daya dalam pengolahan, klasifikasi, dan interpretasi data.

Software yang umum digunakan di industri pertambangan antara lain: Micromine, Datamine, Surpac, Minescape, Minesight, Vulcan, dan lain-lain.

Pemodelan dengan komputer untuk mempresentasikan endapan bahan galian umumnya dilakukan dengan model blok (block model) 3 dimensi. Dimensi blok dibuat sesuai dengan skala operasi yang akan dilakukan dan desain penambangannya. Semua informasi seperti jenis batuan, kualitas, dan topografi dapat dimodelkan dalam bentuk blok. Dalam perhitungan, aspek yang terpenting adalah penaksiran data untuk semua blok. Terdapat bermacam-macam metode penaksiran yang bisa dilakukan, di antaranya adalah: metode Neighborhood Nearest Point (NNP), metode Invers Distance Weighting (IDW), dan metode Kriging.

Aspal alam merupakan salah satu bahan galian yang potensial dan banyak digunakan pada proyek konstruksi seperti pengaspalan jalan, jembatan, dan lain-lain. Cadangan aspal alam terbesar di dunia terdapat di Indonesia yaitu sekitar 350 Juta Ton (80% cadangan aspal alam dunia) dan sisanya berada di Trinidad, Tobago, Meksiko, dan Kanada.

Di Indonesia usaha pertambangan aspal alam (sering disebut Asbuton (Aspal Batu Buton) karena terdapat di Pulau Buton) saat ini dikelola oleh salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN), yaitu PT Wijaya Karya Bitumen yang berlokasi di Kecamatan Pasarwajo Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Tenggara.

Olehnya itu, penulis tertarik melakukan penelitian untuk mengestimasi sumber daya Asbuton menggunakan block model dengan metode penaksiran Invers Distance Weighting (IDW) pada Blok C PT Wijaya Karya Bitumen Kecamatan Pasarwajo Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Tenggara.

METODOLOGI

Bagian ini menjelaskan jenis metode (kualitatif, kuantitatif atau *mixed-method*) disertai rincian metode pengumpulan data dan metode analisis data yang digunakan. Bagian ini juga dapat menjelaskan perspektif yang mendasari pemilihan metode tertentu.

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan berasal dari PT. Wijaya Karya Bitumen yang terdiri dari data primer dan data sekunder.

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung melalui penelitian. Data yang

termasuk ke dalam data primer, yaitu data kadar bitumen. Data kadar bitumen diperoleh dari analisis menggunakan metode Soxhlet di laboratorium PT. Wijaya Karya Bitumen. Analisis kadar dilakukan pada dua sampel data hasil pemboran dan data kadar lubang bor yang lain diperoleh dari arsip laboratorium yang telah dilakukan pengujian sebelumnya.

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari perusahaan. Data sekunder yang diperoleh terdiri atas data bor dan data kadar bitumen. Data sebaran titik bor di Blok C terdiri atas 75 data yang terbagi dalam dua lokasi, yaitu lokasi 1 sebanyak 49 data dan lokasi 2 sebanyak 26 data. Data bor digunakan untuk mengetahui letak endapan aspal. Dari data bor dapat diketahui koordinat titik bor, apisan penyusun batuan (lithology) dan ketebalan lapisan batuan. Mekanisme pemboran yang digunakan adalah bor tangan (hand drilling) menggunakan hand auger drill, metode pemboran yang dilakukan adalah open hole.

Metode Analisis Data

Data yang diperoleh diolah menggunakan perangkat lunak komputer untuk membuat block model dan penaksiran kadar metode IDW dengan 4 nilai power, yaitu 1, 2, 3, dan 4. Penentuan nilai RMSE terkecil menggunakan Arc GIS 10.3.

Estimasi sumber daya diperoleh dengan melakukan report atau pelaporan pada block model yang telah dilakukan penaksiran sebelumnya menggunakan metode IDW. Pelaporan data disesuaikan dengan klasifikasi kualitas asbuton yang ditetapkan oleh PT. Wijaya Karya Bitumen. Klasifikasi kualitas asbuton dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 1. Klasifikasi Kualitas Asbuton (PT Wijaya Karya Bitumen)

No.	Klasifikasi	Kadar Bitumen (%)
1.	B.16	14,6 - 17,9
2.	B.20	18,0 - 22,5
3.	B.25	22,6 - 27,4
4.	B.30	27,5 - 32,5

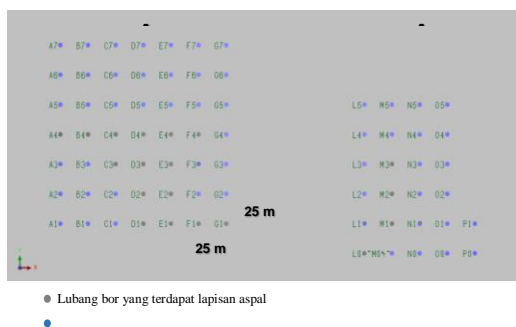
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian berada pada Blok C dengan luas area 28,86 ha dengan Formasi Sampolakosa. Menurut Sikumbang (1995) Formasi Sampolakosa disusun oleh batukapur berwarna putih kekuningan sampai abu-abu dan napal yang mengandung banyak sekali foraminifera planktonik.

Data bor yang digunakan terdiri atas 75 data yang terbagi dalam dua area, yaitu area 1 sebanyak 49 data dan area 2 sebanyak 26 data dengan rata-rata kedalaman 19 meter. Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa tidak seluruhnya lubang bor terdapat lapisan aspal. Pada area 1 dari 49 data hanya terdapat 16 lubang bor yang terdapat lapisan aspal, sedangkan pada area 2 dari 26 data hanya terdapat 7 lubang bor yang terdapat lapisan aspal dan lubang bor yang lain hanya terdapat lapisan batu kapur. Lapisan aspal pada tiap-tiap lubang bor memiliki ketebalan dan kadar yang berbeda-beda. Ketebalan lapisan aspal berkisar antara 2 meter hingga 19 meter dengan kadar bitumen berkisar antara 10,69% hingga 31,20%.

Proses rekonstruksi lubang bor dilakukan menggunakan perangkat lunak komputer untuk memunculkan gambaran tiga dimensi (3D) dari lubang bor. Data yang digunakan, yaitu data collar, survey, geology, dan assay

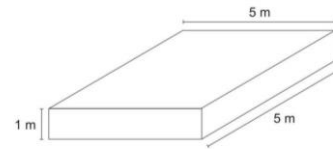
Gambar 1 menunjukkan persebaran lubang bor pada Blok C dengan jumlah lubang bor sebanyak 75 lubang bor yang terbagi atas area 1 dan area 2. Area 1 terdiri atas 49 lubang bor dan hanya terdapat 16 lubang bor yang ditemukan lapisan aspal, sementara 33 lubang bor yang lainnya tidak ditemukan lapisan aspal. Sedangkan area 2 blok terdiri atas 26 lubang bor. Dari 26 lubang bor yang ada hanya terdapat 7 lubang bor yang ditemukan lapisan aspal, sementara 17 lubang bor yang lainnya tidak ditemukan lapisan aspal. Jarak antar lubang bor adalah 25 meter.



Gambar 1. Lubang bor area 1 dan area 2 blok C

Block model digunakan untuk mempresentasikan endapan aspal dalam bentuk tiga dimensi (3D). Dimensi block yang digunakan disesuaikan dengan rencana penambangan yang akan dilakukan. Dalam hal ini, dimensi yang digunakan adalah 5 m x 5 m x 1 m. Angka 5 m sesuai dengan lebar jenjang yang direncanakan, sedangkan angka 1 m disesuaikan dengan tebal lapisan terkecil dari lapisan batuan hasil

pemboran. Hal ini dimaksudkan agar seluruh lapisan batuan dapat terinterpretasi dengan baik, sehingga ketika dilakukan estimasi, tidak ada lapisan batuan yang terabaikan atau terhitung pada lapisan batuan yang lebih tebal.



Gambar 2. Dimensi Block yang digunakan pada Block Model

Data yang dibutuhkan dalam pembuatan block model adalah data koordinat x dan y serta data elevasi (z) maksimum dan minimum. Data tersebut diperoleh dari data lubang bor yang digunakan pada masing-masing area. Pada area 1 data yang digunakan yaitu $Y_{min} = 9403677.578$, $Y_{max} = 9403827.578$, $X_{min} = 485784.17$, $X_{max} = 485934.17$, $Z_{min} = 163.902$, $Z_{max} = 196.522$. Sedangkan pada area 2 data yang digunakan yaitu $Y_{min} = 9403652.578$, $Y_{max} = 9403777.578$, $X_{min} = 486059.17$, $X_{max} = 486159.17$, $Z_{min} = 155.83$, $Z_{max} = 189.079$. Data tersebut merupakan batasan block model yang akan dibuat, dengan kata lain block model yang dibuat tidak akan melewati koordinat yang ada.

Daerah yang akan dilakukan pembobotan pada block model dibatasi menggunakan hasil korelasi antara lapisan aspal pada lubang bor yang memiliki endapan aspal dan lapisan batu kapur pada lubang bor yang tidak memiliki lapisan aspal. Daerah yang berada di antara batas atas dan batas bawah inilah yang disebut constrain.

Constrain yang telah dibuat, selanjutnya dimasukkan attribute ke dalamnya, sehingga constrain dapat teridentifikasi berdasarkan attribute yang dimasukkan. Attribute yang dimasukkan adalah jenis batuan, berat jenis, dan grade/kadar. Jenis batuan yang dimasukkan sesuai dengan bahan galian yang akan ditaksir yaitu aspal, sedangkan berat jenis aspal insitu adalah $1,4 \text{ ton/m}^3$.

Penaksiran dilakukan sebanyak 4 kali dengan nilai power yang berbeda-beda, yaitu 1, 2, 3, dan 4 untuk mengetahui perbedaan yang dihasilkan. Horizontal radius yang digunakan sejauh 25 meter sesuai dengan jarak antar lubang bor, sedangkan vertikal radius digunakan 1 meter sesuai dengan tinggi block yang digunakan.

Estimasi sumber daya asbuton dilakukan dengan bantuan perangkat lunak pada block

model yang telah dibuat dan dilakukan penaksiran menggunakan metode IDW. Penaksiran dilakukan dengan parameter nilai power yang digunakan pada penaksiran. Penaksiran dilakukan untuk mengetahui besaran volume, tonase, dan kadar bitumen rata-rata dari asbuton pada masing-masing area di Blok C. Besaran volume, tonase, dan kadar bitumen rata-rata tersebut diperoleh dari hasil pelaporan/report pada block model. Berat jenis yang digunakan untuk mencari tonase asbuton adalah 1,4 ton/m³. Pelaporan hasil estimasi dilakukan berdasarkan klasifikasi kualitas asbuton yang telah ditetapkan oleh PT. Wijaya Karya Bitumen yaitu B.16 (14,6% - 17,9%), B.20 (18,0% - 22,5%), B.25 (22,6% - 27,4%), dan B.30 (27,5% - 32,5%).

Tabel 2. Hasil estimasi sumber daya asbuton dengan penaksiran metode IDW Area 1 Blok C

Klasifikasi	Hasil Estimasi	Nilai Power			
		1	2	3	4
B.16	Volume (m ³)	16.425	11.850	9.425	8.325
	Tonase (MT)	22.995	16.590	13.195	11.655
	Bitumen Rata-rata (%)	16,04	15,96	15,87	15,70
B.20	Volume (m ³)	22.925	22.100	18.675	17.400
	Tonase (MT)	32.095	30.940	26.145	24.360
	Bitumen Rata-rata (%)	20,60	20,67	20,65	20,75
B.25	Volume (m ³)	19.625	24.300	27.375	27.575
	Tonase (MT)	27.475	34.020	38.325	38.605
	Bitumen Rata-rata (%)	24,66	24,93	25,05	25,06
B.30	Volume (m ³)	3.950	6.725	9.850	12.725
	Tonase (MT)	5.530	9.415	13.790	17.815
	Bitumen Rata-rata (%)	28,45	28,68	28,82	28,90

Tabel 3. Hasil estimasi sumber daya asbuton dengan penaksiran metode IDW Area 2 Blok C

Klasifikasi	Hasil Estimasi	Nilai Power			
		1	2	3	4
B.16	Volume (m ³)	5.800	5.525	6.425	5.825
	Tonase (MT)	8.120	7.735	8.995	8.155
	Bitumen Rata-rata (%)	16,22	15,99	16,19	16,08

Klasifikasi	Hasil Estimasi	Nilai Power			
		1	2	3	4
B.20	Volume (m ³)	10.000	9.700	7.900	8.300
	Tonase (MT)	14.000	13.580	11.060	11.620
	Bitumen Rata-rata (%)	19,92	19,89	19,93	19,86
B.25	Volume (m ³)	1.450	4.225	6.300	7.900
	Tonase (MT)	2.030	5.915	8.820	11.060
	Bitumen Rata-rata (%)	24,15	24,20	24,42	24,60
B.30	Volume (m ³)	0	0	0	0
	Tonase (MT)	0	0	0	0
	Bitumen Rata-rata (%)	0	0	0	0

Nilai RMSE digunakan untuk mengevaluasi teknik penaksiran yang digunakan dan mengukur tingkat akurasi hasil penaksiran menggunakan metode IDW. Penentuan nilai RMSE dilakukan pada masing-masing nilai power yang digunakan untuk penaksiran. Nilai RMSE diperoleh dengan bantuan perangkat lunak geostatistik dan menggunakan metode IDW untuk melakukan penaksiran. Nilai power dengan nilai RMSE terendah digunakan untuk menentukan hasil estimasi sumber daya asbuton. Hasil penentuan nilai RMSE dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil penentuan nilai RMSE

No.	Nilai Power	Nilai RMSE
1	1	8,164
2	2	8,166
3	3	8,170
4	4	8,174

Tabel 4 menunjukkan nilai RMSE yang dihasilkan semakin bertambah ketika penambahan nilai power. Nilai RMSE terkecil diperoleh ketika digunakan nilai power 1 dengan nilai RMSE = 8,164 dan nilai RMSE terbesar diperoleh ketika digunakan nilai power 4 dengan nilai RMSE = 8,174. Sehingga nilai power yang

digunakan untuk estimasi sumber daya Asbuton adalah 1.

Setelah dilakukan penentuan nilai RMSE terendah, maka diperoleh hasil estimasi sumber daya asbuton pada Blok C area 1 dalam Tabel 4.1 dengan nilai power 1, yaitu: B.16 = 22.995 MT, kadar= 16,04%; B.20=32.095 MT, kadar=20,60%; B.25=27.475 MT, kadar=24,66%; dan B.30=5.530 MT, kadar=28,45% dan area 2 dalam Tabel 4.2 dengan nilai power 1, yaitu: B.16=8.120 MT, kadar=16,22%; B.20=14.000 MT, kadar=19,92%; dan B.25=2.030 MT, kadar=24,15%. Total sumber daya asbuton pada Blok C, yaitu B.16=31.115 MT, kadar=16,09%; B.20=46.095 MT, kadar=20,39%; B.25=29.505 MT, kadar=24,62%; dan B.30=5.530 MT, kadar=28,45%.

Tabel 5. Total hasil estimasi sumber daya asbuton pada Blok C berdasarkan nilai power yang telah dipilih (nilai power 1)

Klasifikasi	Hasil Estimasi	Area 1	Area 2	Total
B.16	Volume (m ³)	16.425	5.800	22.225
	Tonase (MT)	22.995	8.120	31.115
	Bitumen Rata-rata (%)	16,04	16,22	16,09
B.20	Volume (m ³)	22.925	10.000	32.925
	Tonase (MT)	32.095	14.000	46.095
	Bitumen Rata-rata (%)	20,60	19,92	20,39
B.25	Volume (m ³)	19.625	1.450	21.075
	Tonase (MT)	27.475	2.030	29.505
	Bitumen Rata-rata (%)	24,66	24,15	24,62

Tabel 5. Total hasil estimasi sumber daya asbuton pada Blok C berdasarkan nilai power yang telah dipilih (nilai power 1) (Lanjutan)

Klasifikasi	Hasil Estimasi	Area 1	Area 2	Total
B.30	Volume (m ³)	3.950	0	3.950

Klasifikasi	Hasil Estimasi	Area 1	Area 2	Total
	Tonase (MT)	5.530	0	5.530
	Bitumen Rata-rata (%)	28,45	0	28,45

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, maka disimpulkan sebagai berikut:

- Sumber daya asbuton pada Blok C, yaitu:
 - Bitumen 16 (B.16) = 31.115 MT
 - Bitumen 20 (B.20) = 46.095 MT
 - Bitumen 25 (B.25) = 29.505 MT
 - Bitumen 30 (B.30) = 5.530 MT
- Kadar bitumen yang diperoleh dengan metode IDW pada Blok C yaitu:
 - Bitumen 16 (B.16) = 16,09%
 - Bitumen 20 (B.20) = 20,39%
 - Bitumen 25 (B.25) = 24,62%
 - Bitumen 30 (B.30) = 28,45%

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Harjuni Hasan, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Tommy Trides, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan kritik dan saran serta Bapak Abdul Auli Jabar selaku Pembimbing Lapangan yang telah membantu proses pengumpulan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2006, *Pemanfaatan Asbuton, Pedoman Konstruksi dan Bangunan, No: 001 – 01 / BM / 2006*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Fauzi, Hendra, 2012, *Ekstraksi Bitumen dari Batuan Aspal Buton Menggunakan Gelombang Mikro dengan Pelarut N-Heptana, Toluena, dan Etanol*, Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Hustrulid, W., Kutcha, M., dan Martin, R., 2006, *Open PIT Mine Planning & Design*, 3rd Edition, Taylor & Francis plc. : London, UK.
- Kurniadji, 2014, *Ekstraksi Asbuton dengan Pelarut Berbasis Bahan Organik dan Media Air*, Jurnal Jalan-Jembatan,

- Volume 31 No. 1 April 2014, 12 – 23, ISSN : 1907 - 0284, Puslitbang Jalan dan Jembatan Badan Litbang, Kementerian Pekerjaan Umum, Bandung.
- Pasaribu, J.M. dan Haryani, N.S., 2012, *Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM dengan Metode Inverse Distance Weighted (IDW), Natural Neighbor dan Spline*, Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 9 No. 2 Desember 2012 : 126-139, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN.
- Setiawan, A.D., 2016, *Pemetaan Status Hara N, P, K, dan C-Organik dengan Menggunakan Teknik Interpolasi IDW (Inverse Distance Weighted) dalam Sistem Informasi Geografis: Studi Kasus di Perkebunan Kopi Robusta Malangsari Kalibaru Banyuwangi*, Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Standar Nasional Indonesia, 2015, *Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam Bagian 4: Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara (SNI 6728-4-2015)*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Standar Nasional Indonesia, 1991, *Cara Uji Kadar Air dalam Produk Minyak dan Bahan Mengandung Aspal (SNI 06-2490-1991)*, Badan Standarisasi Nasional (BSN) : Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 1994, *Metode Pengujian Kadar Beraspal dengan Cara Ekstraksi Menggunakan Alat Soklet (SNI 03-3640-1994)*, Badan Standarisasi Nasional (BSN) : Jakarta.
- Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Ed. 1, Granit, Jakarta.
- Sulistiyana, W. & Nusanto, G., 2005, *Modul Pelatihan Geologi-Pertambangan: Permodelan Sumberdaya Mineral dan Batubara*, PT Sucofindo : Yogyakarta.
- Sutyana, A. H., Irawan, C., Kurniawan, W., 2013, *Revisit Geology and Geochemistry of Buton Asphalt Deposits, Se Sulawesi: Implications for Petroleum Exploration of Buton Area*, Proceedings, IPA13-G-170, Indonesian Petroleum Association Thirty-Seventh Annual Convention & Exhibition, May 2013.
- Suyanto, I. & Utomo, A.S., 2013, *Analisis Data Resistivitas Dipole-dipole untuk Identifikasi dan Perhitungan Sumber Daya Asbuton*, Jurnal Fisika Indonesia No: 50, Vol XVII, Edisi Agustus 2013, ISSN : 1410-2994, Yogyakarta
- Sikumbang, dkk., 1995, *Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.