

Studi Kerentanan Air Tanah Terhadap Kontaminan Menggunakan Metode *Drastic* di Kota Pekalongan

Thomas Triadi Putranto*, Dian Agus Widiarso, Fatir Yuslihanu

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

ABSTRAK

Kota Pekalongan berada di Pulau Jawa bagian Utara. Jumlah penduduk kota pekalongan setiap tahunnya mengalami peningkatan. Tahun 2008 jumlah penduduk Kota Pekalongan sebanyak 271.990 jiwa kemudian menjadi 290.347 di Tahun 2012.. Untuk memenuhi kebutuhan air, penduduk Kota Pekalongan menggunakan sumur gali yang menyadap air dari akuifer bebas atau akuifer dangkal. Air tanah bebas sangat rentan terhadap pencemaran akibat pengaruh letaknya yang dangkal dan aktivitas manusia. Oleh sebab itu diperlukan suatu kajian mengenai kerentanan air tanah terhadap kontaminan. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode DRASTIC. Metode ini merupakan metode pembobotan berdasarkan beberapa parameter, yaitu: kedalaman muka air tanah (D), jumlah area recharge (R), litologi akuifer (A), jenis media tanah (S), topografi (T), jenis media zona tak jenuh air (I), dan konduktivitas hidrolika (C). Berdasarkan hasil analisis DRASTIC, terdapat tiga tingkat kerentanan yaitu: daerah tingkat kerentanan sedang dengan nilai DRASTIC Indeks (DI) 101-140, daerah tingkat kerentanan tinggi dengan nilai DI 141-180, dan daerah tingkat kerentanan sangat tinggi dengan nilai DI >180.

Kata Kunci: Pekalongan; akuifer bebas; metode DRASTIC; kerentanan air tanah

ABSTRACT

[An Assessment of Groundwater Vulnerability of Contaminant Using DRASTIC Method in Pekalongan City] Pekalongan city which located on the north of Java Island is growing fast, in particular in the population growth. In 2008, total population in Pekalongan city was 271.990 inhabitants increased then up to 290.347 inhabitants in 2012. To fill the water necessary, people in Pekalongan city are using dug wells which are abstracted groundwater from the unconfined aquifer or shallow aquifer. Shallow groundwater can be vulnerabe which are influenced by surface and human activities. Thus, it requires an assessment of the groundwater vulnerability and risk of contaminant. It was analyzed by DRASTIC method. The DRASTIC method is applied by using weighted of some parameters, i.e.: groundwater Depth (D), amount of Recharge (R), Aquifer type (A), Soil type (S), topography (T), Impact of unsaturated zone (I), and hydraulic Conductivity (C). DRASTIC Index (DI) results in three vulnerability levels which are medium with DI 101-140, high with DI around 141-180 and above 180 for high vulnerable of contaminant.

Keywords: Pekalongan; unconfined aquifer; DRASTIC method; groundwater vulnerability

1. Pendahuluan

Kota Pekalongan berada di Pulau Jawa bagian Utara. Jumlah penduduk Kota Pekalongan setiap tahunnya mengalami peningkatan. Tahun 2008 jumlah penduduk Kota Pekalongan sebesar 271.990 jiwa, meningkat menjadi 273.911 di tahun 2009, meningkat kembali menjadi 285.010 pada tahun 2010, meningkat ditahun berikutnya menjadi 287.696 dan tahun 2012

menjadi 290.347 (Bappeda dan BPS Kota Pekalongan, 2013).

Seiring bertambahnya jumlah penduduk maka kebutuhan air bersih juga meningkat, peningkatan tersebut tidak diikuti oleh kualitas air yang baik. Kualitas air tanah dangkal di beberapa wilayah Kota Pekalongan telah terkontaminasi akibat aktivitas manusia seperti limbah rumah tangga dan limbah tekstil.

Kualitas air tanah dangkal lebih rentan terhadap kontaminan disebabkan adanya kemungkinan kontak lebih dekat dengan sumber kontaminan,

*Penulis Korespondensi.

E-mail: putranto@ft.undip.ac.id

misalnya pembuangan limbah hasil pencucian batik yang dibuang langsung ke permukaan tanah, kemudian terinfiltrasi kedalam akuifer dangkal. Pada air tanah dalam juga memungkinkan adanya pencemaran, hanya saja sumber pencemar mengeluarkan zat kontaminan yang melewati batuan di bawah permukaan sebelum masuk kedalam akuifer membutuhkan proses yang lebih lama dibandingkan dengan air tanah dangkal. Oleh karena itu, kualitas dan kuantitas menjadi penting karena kebutuhan sumber daya air semakin meningkat pada kawasan pemukiman dan industri. Pemanfaatan air tanah harus didasarkan pada konsep keseimbangan dan kelestarian sumber daya air atau konsep pengelolaan yang berwawasan lingkungan. Oleh sebab perlu adanya studi yang dapat membantu menzonasikan wilayah yang rentan air tanah terhadap kontaminan dengan menggunakan metode *DRASTIC*.

Curah hujan dipengaruhi oleh keadaan iklim, geografi dan perputaran/pertemuan arus udara. Jumlah hari dan curah hujan selama setahun sangat bervariasi. Tabel 1 memberikan gambaran banyaknya hari hujan dan curah hujan di Kota Pekalongan dari tahun 2008-2012.

Tabel 1. Banyaknya hari hujan dan curah hujan di Kota Pekalongan Tahun 2012 (Bappeda & BPS Kota Pekalongan 2013).

Bulan	Hari Hujan (mm/tahun)	Curah Hujan (mm/tahun)
Januari	22	14
Februari	15	19
Maret	14	222
April	11	320
Mei	3	208
Juni	3	366
Juli	-	-
Agustus	-	-
September	1	8
Oktober	4	36
November	10	145
Desember	12	216
Jumlah	95	1.554
2011	102	2.381
2010	153	2.396
2009	96	1.756
2008	116	2.084

Berdasarkan Peta geologi regionallembar Banjarnegara-Pekalongan (Condon dkk., 1996), Kota Pekalongan tersusun atas Alluvium (Qa) yang terdiri dari material lepas berukuran kerikil, pasir, lanau, dan lempung yang berasal dari rombakan batuan yang lebih tua. Satuan ini terbentuk pada lingkungan

sungai, rawa, dan pantai yang proses pembentukannya masih berlangsung terus hingga saat ini.

Kota Pekalongan dan sekitarnya merupakan bagian dari Cekungan Air tanah (CAT) Pekalongan-Pemalang (Effendi, 1985; Said dan Sukrisno, 1988). Karakteristik hidrogeologi yang penting di daerah ini adalah adanya pergerakan air tanah yang mengalir secara radial dari air tanah gunungapi strato menuju ke arah air tanah dataran di utara yang termasuk ke dalam CAT Pekalongan-Pemalang, sehingga secara umum produktivitas akuifer semakin tinggi ke arah bagian utara (Kota Pekalongan). CAT Pekalongan-Pemalang memiliki jumlah aliran air tanah bebas sebesar 644 juta m³/tahun (Setiadi, 2004).

Kerentanan air tanah menurut Harter (2001) dalam Kusuma (2009) adalah ukuran sejauh mana air tanah mampu bertahan terhadap polusi atau kontaminan pada permukaan tanah hingga mencapai muka air tanah atau lapisan akuifer. Kerentanan air tanah mempunyai 2 jenis karakteristik, yaitu kerentanan air tanah intrinsik dan kerentanan air tanah spesifik. Kerentanan air tanah intrinsik adalah kerentanan air tanah karena pengaruh dari keadaan alam, yaitu keadaan geologi (jenis dan sifat litologi, dan topografi) dan hidrogeologi (konduktivitas hidrolika, elevasi muka air tanah dan curah hujan). Sedangkan kerentanan air tanah spesifik adalah kerentanan air tanah karena pengaruh dari aktivitas manusia.

Metode yang sering digunakan untuk penentuan kerentanan air tanah adalah metode parametrik. Metode ini menggabungkan tiga sistem penilaian yaitu sistem matrik, sistem rating dan sistem point. Pada sistem point evaluasi kerentanan menggunakan sistem bobot dan rating terhadap parameter yang dinilai berdasarkan tingkat kepentingannya. Nilai kerentanan merupakan nilai total dari penjumlahan tiap parameter dari hasil perkalian bobot dan rating yang ada pada suatu daerah. Metode parametrik yang sering digunakan dalam analisis kerentanan air tanah diantaranya *GOD*, *AVI*, *SINTACS*, dan *DRASTIC.GOD* (*Groundwater hydraulic confinement, Overlying strata, Depth to groundwater table*) merupakan metode kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan 3 parameter dengan nilai indeks 0-1 (Foster, 1987 dalam Fraga dan Fernandes 2013). *AVI* (*Aquifer Vulnerability Index*) merupakan metode kerentanan yang menitikberatkan pada keadaan akuifernya seperti ketebalan dan konduktivitas hidrolika yang dikembangkan oleh Van Stempvoort, dkk. (1992) dalam Fraga dan Fernandes (2013). *SINTACS* merupakan metode

kerentanan menggunakan parameter kedalaman air tanah, infiltrasi, zona tak jenuh air, konduktivitas hidrolika, jenis akuifer, topografi, dan jenis tanah yang dikembangkan oleh Civita (2010). *DRASTIC* merupakan metode yang memiliki 7 parameter yang di kembangkan oleh Aller, dkk. (1985). Pembagian kelas pada kerentanan menurut Robin (1998) dalam Kusuma (2009) terbagi menjadi lima, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.

Metode *DRASTIC* ini digunakan untuk mengevaluasi kerentanan air tanah sesuatu daerah terhadap kontaminan berdasarkan informasi yang telah ada secara sistematis. *DRASTIC* mengutamakan faktor hidrogeologi yang mempengaruhi gerakan air tanah. Metode ini memiliki dua unsur utama yaitu pembuatan unit-unit pemetaan berdasarkan *hydrogeology setting* dan penggabungan parameter-parameter untuk mempengaruhi terjadinya polusi air tanah. Metode ini dipergunakan untuk area yang cukup luas, bukan untuk area yang sempit. Metode ini dapat mengetahui kerentanan air tanah secara umum dan bukan hanya berdasarkan salah satu zat pencemar saja.

Metode ini dikembangkan oleh Rosen (1994) dalam Hadi (2006) mengasumsikan bahwa: (1) Bahan pencemar masuk pada permukaan tanah; (2) Bahan pencemar tersiram air hujan masuk ke dalam air tanah; (3) Bahan tercemar terbawa mobilitas air; (4) Daerah yang dievaluasi dengan menggunakan *DRASTIC* lebih besar dari 50 ha.

Metode *DRASTIC* ini dikembangkan oleh *US Environmental Protection Agency* (Aller, dkk., 1985). *DRASTIC* merupakan singkatan dari: D : *Depth to watertable*; R : *Net Recharge*; A : *Aquifer media*; S : *Soil media*; T : *Topography*; I : *Impact of vadose zone*; C : *Hydraulic Conductivity of the aquifer*.

Metode *DRASTIC* ini memiliki 3 bagian penting yaitu *weight*, *rating*, dan *ranges* untuk mengetahui tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran yang dapat dilihat dari penjumlahan nilai skor masing-masing parameter *DRASTIC* yang menghasilkan nilai *DRASTIC Index* (Persamaan 1), dimana R: *Rating*, dan W: *weight*.

DRASTIC Index / DI =

$$\frac{D_R * D_W + R_R * R_W + A_R * A_W + S_R * S_W + T_R * T_W + I_R * I_W + C_R * C_W}{1} \quad (1)$$

2. Metode Penelitian

Metode untuk menyelesaikan studi kerentanan air tanah terhadap kontaminan di Kota Pekalongan adalah:

1. Tahap Persiapan
 - a. Studi pustaka, memahami konsep-konsep dasar yang berhubungan dengan penelitian, menentukan tujuan, dan menentukan daerah penelitian.
 - b. Survei lapangan untuk mengetahui kondisi lapangan yang sebenarnya serta penentuan batas-batas daerah penelitian dan perijinan untuk melakukan penelitian pada wilayah administrasi daerah penelitian.
 - c. Penentuan metode yang digunakan dalam pengumpulan data dan penyusunan rencana pelaksanaan kegiatan lapangan secara detail.
2. Tahap Pelaksanaan
 - a. Pengumpulan Data
 - b. Pengolahan Data
3. Tahap Penyelesaian
 - a. Pembuatan peta kerentanan air tanah terhadap kontaminan.
 - b. Analisis dan rekomendasi.
 - c. Pembuatan laporan

3. Hasil dan Pembahasan

Metode *DRASTIC* ini menggunakan parameter yaitu kedalaman muka air tanah, *recharge*, media penyusun akuifer, media penyusun tanah, topografi, media penyusun zona tak jenuh air dan konduktivitas hidrolika. Parameter tersebut memiliki rentang nilai bobot 1-5 dan kelas dari 2-10. Dari hasil analisis tiap parameter *DRASTIC* yang diwujudkan dalam bentuk peta. Setiap peta-peta tersebut memiliki skor dari hasil perkalian bobot dan kelas. Semakin tinggi nilai bobot dan kelasnya, maka nilai *DRASTIC* tersebut semakin tinggi yang menandakan tingkat kerentanan air tanah terhadap kontaminan juga semakin tinggi. Hasil dari masing-masing parameter *DRASTIC* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan skor parameter kedalaman muka air tanah.

Kedalaman muka air tanah [m]	Kelas	Bobot	Skor
0-1,5	10	5	50
1,5- 3	9	5	45
3-9	7	5	35

Tabel 3. Perhitungan skor parameter jumlah *recharge*.

Jumlah <i>recharge</i> [mm/tahun]	Kelas	Bobot	Skor
52 – 102	3	4	12
103-178	6	4	24

Tabel 4. Perhitungan skor parameter media akuifer.

Jenis Akuifer	Kelas	Bobot	Skor
Pasir	8	3	24

Tabel 5. Perhitungan skor parameter media tanah.

Jenis Media Tanah	Kelas	Bobot	Skor
Lempung	5	2	10
Lanau	4	2	8
Pasir	9	2	18

Tabel 6. Perhitungan skor parameter topografi.

Topografi (% lereng)	Kelas	Bobot	Skor
0 – 2	10	1	10

Tabel 7. Perhitungan skor parameter zona tak jenuh air.

Zona tak Jenuh air	Kelas	Bobot	Skor
Lempung	1	5	5
Pasir	8	5	40
Lanau	3	5	15

Tabel 8. Perhitungan skor parameter konduktivitas hidrolika.

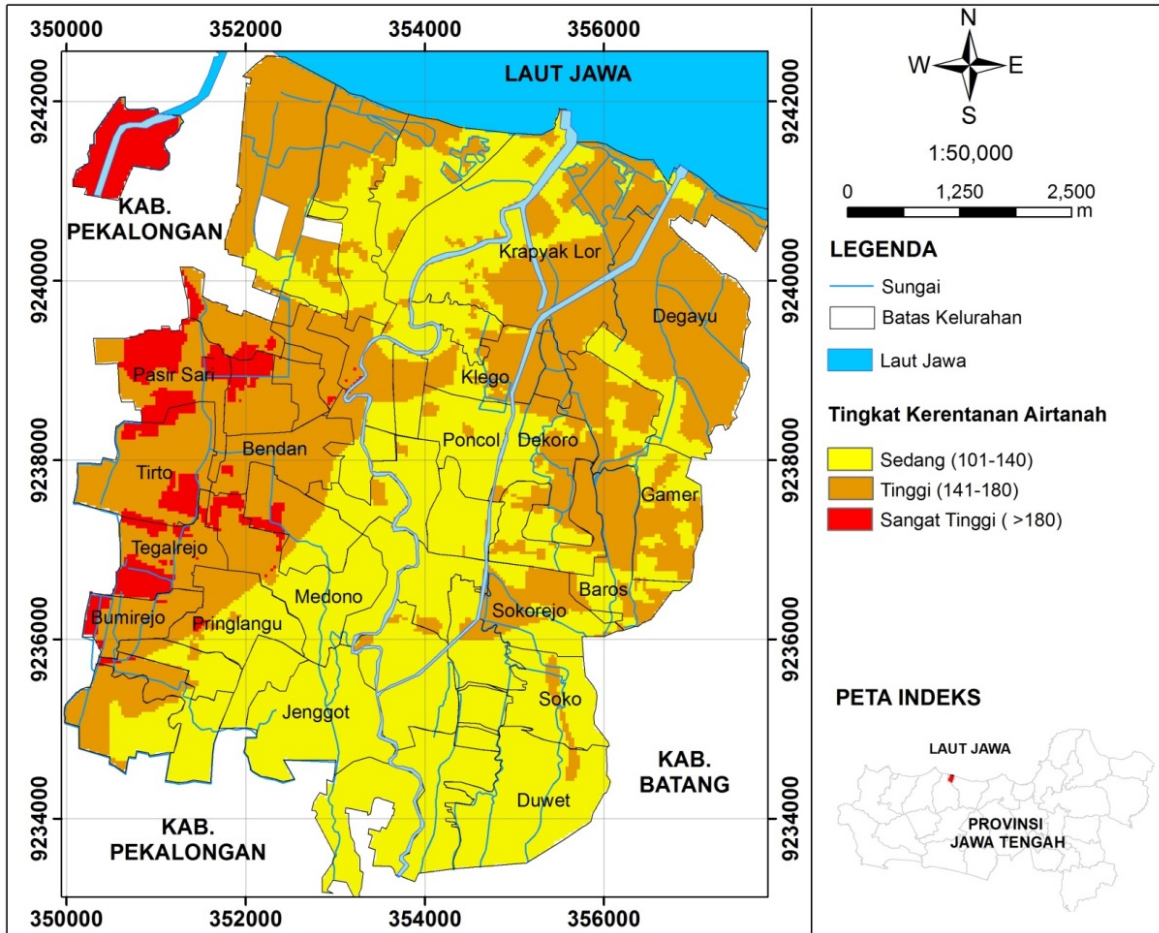
Konduktivitas hidrolika [m/hari]	Kelas	Bobot	Skor
8,31	6	3	18

Berdasarkan hasil *DRASTIC* Indeks Kota Pekalongan termasuk kedalam tingkat kerentanan sedanghingga tingkat kerentanan sangat tinggi. Pembagian tersebut didasarkan dari hasil penggabungan ketujuh parameter *DRASTIC* (Tabel 9).

Dari peta kerentanan air tanah terhadap pencemaran (Gambar 1). bisa menjadi gambaran secara umum wilayah rentan terhadap pencemaran. Metode ini melihat dari segi hidrogeologi, sehingga tidak dapat menunjukkan zat-zat yang mengkontaminasi air tanah dangkal. Pada wilayah yang memiliki muka air tanah dangkal dan jenis media dizona tak jenuh air merupakan pasir memiliki tingkat kerentanan paling tinggi. Hal ini terjadi akibat media atau litologi yang mudah meluluskan air dan jarak yang singkat menuju muka air tanah dangkal.

Tabel 9. Tingkat kerentanan air tanah dan penyebarannya.

Nilai DI	Tingkat Kerentanan	Sifat	Penyebaran
<60	Sangat Rendah	Tidak memungkinkan terjadinya pencemaran	-
61-100	Rendah	Hanya dapat tercemar oleh polutan tertentu yang dibuang secara menerus dalam jangka waktu yang relatif lama	-
101-140	Sedang	Dapat tercemar oleh sebagian polutan yang dibuang secara menerus	Panjang Wetan, Yosorejo, Soko, Kuripan Lor, Kebulen, Poncol, Banyurip Alit, Jenggot, Duwet, Krapyak Kidul, Kuripsn Kidul, Kergon,, Kradenan, Buaran, Panjang Baru, Pringlangu, Karangmalang, Landung sari, Noyontaan, Keputran, Sapuro, Kauman, Panjang Wetan
141-180	Tinggi	Dapat tercemar oleh semua polutan, kecuali yang memerlukan daya serap tinggi dan mudah berubah, dalam berbagai skenario	Gamer, Sugih Waras, Dekoro, Sokorejo, Krapyak Lor, Podosugih, Sampangan, , Degayu, Dukuh, Bendan, Klego, Kertoharjo, Medono, Kraton Kidul, Kandang Panjang, Baros, Banyurip Ageng, Kraton Lor, Krapyak Kidul, Dukuh, Bandengan,
>180	Sangat Tinggi	Dapat tercemar oleh semua polutan dalam waktu relatif singkat dan dalam berbagai skenario.	Inclave Kota Pekalongan, Tirto, Pasir Sari, Kramatsari, Tegalrejo, Pabean, Bumirejo,



Gambar 1. Peta tingkat kerentanan air tanah di Kota Pekalongan

4. Kesimpulan dan Rekomendasi

Dari hasil kajian studi kerentanan air tanah terhadap kontaminan Kota Pekalongan dapat disimpulkan bahwa kondisi geologi daerah penelitian merupakan Formasi Alluvium yang terdiri dari material lepas berukuran kerikil, pasir, lanau, dan lempung yang berasal dari rombakan batuan yang lebih tua. Kondisi hidrogeologi daerah penelitian termasuk kedalam Cekungan Air Tanah (CAT) Pekalongan-Pemalang yang memiliki pergerakan air tanah ke arah Utara. Produktivitas akuifer pada daerah penelitian termasuk produktivitas sedang hingga tinggi dengan aliran melalui ruang antar butir.

Dari hasil analisis yang dilakukan berdasarkan parameter tersebut, maka daerah penelitian dapat dibagi menjadi 3 tingkat kerentanan air tanah terhadap kontaminan yaitu: (a) Daerah kerentanan sedang artinya daerah ini dapat tercemar oleh sebagian polutan yang dibuang secara menerus; (b) Daerah kerentanan tinggi artinya daerah ini dapat tercemar oleh semua polutan kecuali yang memerlukan daya serap tinggi dan mudah berubah; (c) Daerah kerentanan sangat tinggi artinya

dapat tercemar oleh semua polutan dalam waktu relatif singkat.

Rekomendasi yang dilakukan untuk meminimalkan kerentanan air tanah terhadap kontaminan yaitu: (1) Pemantauan air tanah secara berkala meliputi kualitas dan kuantitas air tanah; (2) Sosialisasi penggunaan air tanah sebagai sumber alternatif terakhir sumber air baku; (3) Sosialisasi pengolahan air limbah rumah tangga pada lokasi yang dekat dengan sumur gali; (4) Pembuatan peraturan daerah mengenai alur pembuangan air limbah dan konstruksi saluran pembuangan air limbah; dan (5) Penegakan peraturan daerah tentang sampah dan limbah industri.

Daftar Pustaka

- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H., Petty, R.J. (1985). DRASTIC: A Standardized System For Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings, EPA.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah dan Badan Pusat Statistik Kota Pekalongan. (2013). *Kota Pekalongan Dalam Angka 2012*, Kota

- Pekalongan: Bappeda dan BPS Kota Pekalongan.
- Civita, M. V. (2010). The combined approach when assessing and mapping groundwater vulnerability to contamination, *Journal Water Resource and Protection*, 2, 14-28.
- Condon, W.H., Pardiyanto, L., Ketner, K.B., Amin, T.C., Gavoer, S., Samudra, H. (2006). Peta geologi regional lembar Banjarnegara-Pekalongan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Effendi, A. (1985). Peta Unit Akuifer Cekungan Air tanah Pekalongan-Pemalang, Badan Geologi, Bandung.
- Fraga, C.M., Fernandes, L.F.S. (2013). Exploratory assessment of groundwater vulnerability to pollution in the Sordo River Basin, Northeast of Portugal, *Rev. Esc. Minas* 66(1) <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672013000100007>
- Hadi, Syamsul. (2006). Penilaian Kerentanan Air tanah Taktertekan Terhadap Pencemaran Di Daerah Bandung Dan Sekitarnya Dengan Metode DRASTIC. *Buletin Geologi Tata Lingkungan Vol 16 No. 2*, Bandung
- Kusuma, K.I. (2009). Studi kerentanan air tanah menggunakan metode DRASTIC di urban area Kota Semarang, Skripsi. Universitas Diponegoro.
- Setiadi, Hendri. (2004). Peta Cekungan Air tanah Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Bandung.
- Said, H.D dan Sukrisno. (1988). Peta hidrogeologi regional Semarang-Pekalongan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.