

GEOLOGI DAN STUDI KUALITAS AIRTANAH DAERAH DUNGKIDANG DAN SEKITARNYA KECAMATAN NGLIPAR, KABUPATEN GUNUNGKIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Tiolina, Sari Bahagiarti Kusumayudha, Suroso Sastroprawiro
Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta
JL. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283
Telp. (0274) 486403, 486733 ; Fax. (0274) 487816 ; Email: geoupn@indosat.net.id

Sari - Secara administratif, lokasi penelitian termasuk dalam wilayah Kecamatan Nglipar, Kabupaten Gunungkidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara geografis daerah telitian terletak pada 110°38'30" BT - 110°40'30" BT dan 07°53'30" LS - 07°55'0" LS atau secara *Universal Transverse Mercator* (UTM) terletak pada koordinat 460000 mT - 465000 mT dan 9124000 mU - 9129000 mU yang mencakup 5 km x 5 km dengan luas kapling 25 km².

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kondisi geologi yaitu jenis penyebaran batuan, struktur geologinya, stratigrafinya, mengetahui morfologinya, mengetahui kondisi hidrogeologi seperti jenis akuifer, kualitas airtanah, pola penyebaran airtanah dan keberadaan air serta mengetahui pengaruh kondisi geologi terhadap hidrogeologi.

Metode penelitian yang diterapkan adalah pengamatan lapangan, pengambilan data geologi, pengambilan sampel batuan, sampel air, foto singkapan, foto bentang alam, sumur dan mata air, lalu melakukan analisa seperti analisa paleontologi, analisa petrografi, hidrokimia, analisa kekar, pembuatan peta dan pembuatan laporan.

Daerah Dungkidang dibagi menjadi subsatuan geomorfik perbukitan terkikis kuat (D1), subsatuan geomorfik perbukitan terkikis sedang (D2), dan bentuk asal fluvial dibagi menjadi subsatuan geomorfik tubuh sungai (F1). Dengan pola pengaliran adalah subdendritik dan tersusun atas tiga satuan batuan dari tua ke muda yaitu Satuan Batugamping kalkarenit Oyo dengan umur Miosen Akhir (N16-N18), memiliki hubungan selaras dengan Satuan Batugamping kalsilitit Oyo, dengan umur Pliosen Awal (N18-N19), dan terendapkan secara tidak selaras di atasnya Satuan Endapan Alluvial dengan lingkungan pengendapan di laut / *marine*. Dari dua analisa yang digunakan, kualitas airtanah daerah penelitian adalah berkualitas baik dengan catatan harus dimasak dahulu.

Kata - kata kunci : *Oyo, Kualitas, Airtanah, Dungkidang, Gunungkidul*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang. Aspek pengamatan dan pelestarian sumber daya air harus ditanamkan pada segenap pengguna air. Hal tersebut perlu dilakukan agar kualitas air yang semakin menurun dapat diminimalisir.

Air juga merupakan bagian terpenting dari sumber daya alam yang mempunyai karakteristik unik dibandingkan dengan sumber daya lainnya. Air bersifat sumber daya yang terbarukan dan dinamis. Artinya sumber utama air yang berupa hujan akan selalu datang sesuai dengan waktu atau musimnya sepanjang tahun.

Namun dalam kondisi tertentu air bisa bersifat tak terbarukan, misalnya pada kondisi geologi tertentu, dimana proses perjalanan air tanah membutuhkan waktu ribuan tahun, sehingga bila mana pengambilan air tanah secara berlebihan, air akan habis.

Masalah utama yang dihadapi saat ini meliputi kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat dan kualitas air untuk keperluan domestik yang semakin menurun. Kegiatan industri, domestik dan kegiatan lain berdampak negatif terhadap sumber daya air, antara lain menyebabkan penurunan kualitas air. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan, kerusakan, dan bahaya bagi semua makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air. Oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan dan perlindungan sumber daya air secara seksama (*Effendi, 2003*). Secara administratif, lokasi penelitian termasuk dalam wilayah Kecamatan Nglipar, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara geografis daerah penelitian terletak pada 110°38'30" BT - 110°40'30" BT dan 07°53'30" LS - 07°55'0" LS atau secara *Universal Transverse Mercator* (UTM) dengan datum WGS 84 terletak pada koordinat 460000 mT - 465000 mT dan 9124000 mU - 9129000 mU yang mencakup 5 km x 5 km

Penelitian ini dibatasi mencakup keadaan geologi daerah telitian, dan untuk studi khusus akan dibatasi pada Kualitas Airtanah daerah Nglipar. Maksud penelitian geologi ini adalah untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang didapat selama di bangku kuliah dan praktek laboratorium maupun lapangan secara utuh dan terintegrasi, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan geologi daerah telitian dan studi kualitas airtanah, sehingga dapat diketahui keadaan geologi berupa satuan dan penyebaran batuan, keadaan struktur dan stratigrafi. Keadaan Hidrogeologi berupa jenis akuifernya, mengetahui karakteristik kimia airtanah yaitu tipe fasies anion dan kation.

METODE

Metode penelitian yang diterapkan adalah pengamatan lapangan, pengambilan data geologi, pengambilan sampel/ccontoh batuan, pengambilan sampel air tanah dan pengambilan foto singkapan batuan, bentang alam, serta foto sumur dan mata air penelitian.

Data analisa kualitas air dilakukan dengan mengambil sampel/ccontoh air tanah dari sumur ataupun mata air di sekitar daerah penelitian, setelah sampel air diambil lalu langsung dibawa ke Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit Menular (BBTKLPPM) Yogyakarta untuk dianalisis unsur-unsur kimia (kation dan anion), fisika yang terkandung di dalam sampel air tanah tersebut.

Pengambilan sampel air untuk analisis parameter kimia (kation dan anion), dan fisika adalah sama. Untuk analisis parameter kimia dan fisika bahan yang digunakan adalah botol aqua ukuran 150ml yang bersih. Data kualitas kimia air ini kemudian dianalisis oleh peneliti dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Aquachem 4.0*.

Data geologi dan hidrogeologi diambil dengan melaksanakan pengukuran kedudukan lapisan batuan menggunakan kompas geologi, deskripsi lapangan batuan pada buku catatan lapangan, pencatatan koordinat secara *Universal Transverse Mercator* (UTM) serta ketinggiannya (elevasi) dengan *Global Positioning System* (GPS) dan pengambilan foto singkapan batuan, foto bentang alam, foto sumur pengukuran dan mata air analisis. Dilanjutkan dengan analisis batuan secara megaskopis maupun petrografis, analisis sruktur geologi dan analisis kimia air tanah yang diperoleh di sekitar daerah penelitian, serta pengambilan data pendukung yaitu data curah hujan selama 4 tahun (Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Stasiun Geofisika Klas I Yogyakarta).

Terhadap data-data diatas kemudian dilakukan analisis sehingga dapat ditentukan kondisi geologi, kondisi hidrogeologi dan pengaruh kondisi geologi terhadap kondisi hidrogeologi daerah penelitian. Sehingga dalam penelitian ini dapat dirinci menjadi tahapan – tahapan antara lain: Tahap persiapan meliputi studi pustaka, observasi lapangan, penyusunan proposal penelitian, Perancangan Kerangka Kerja Penelitian, Persiapan Alat. Tahap Lapangan. Tahap Analisis dan Laboratorium meliputi Analisis Hidrokimia, Analisis Data Pemetaan Geologi. Tahap Pembuatan Peta. Tahap Integrasi Data. dan Tahap Penyusunan Laporan

Dasar yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, analisa bentuk lahan menurut Van Zuidam, (1983), pola pengaliran menurut Howard (1967), analisa petrografi menurut Gilbert, (1954), dan Dunham (1962), analisa fosil mikro dan umur plankton menurut Blow (1969), zona bathimetri bentos menurut Baker (1960), analisa Hidrokimia menurut Piper (1944), dan Morris et al. (1983).

GEOLOGI DAERAH TELITIAN

Secara umum, daerah telitian terdiri dari dataran dan perbukitan. Ketinggian rata-rata daerah telitian antara 150 meter hingga 350 meter diatas permukaan air laut. Dasar pemisahan dan penamaan satuan geomorfologi pada daerah pemetaan mengacu pada konsep dan klasifikasi berdasarkan sistem pemetaan geomorfologi menurut Van Zuidam (1983 Berdasarkan aspek-aspek yang ada dalam peta topografi berskala 1 : 25.000, maka daerah telitian dapat dibagi ke dalam 2 bentukan asal dan 3 bentuk lahan meliputi Bentuk Asal Dendudasional, yaitu meliputi 2 bentuk lahan: Satuan Geomorfologi Perbukitan Terkikis Kuat (D1) ditunjukkan Gambar 1, Satuan Geomorfologi Perbukitan Terkikis Sedang (D2) ditunjukkan Gambar 2. Bentuk Asal Fluvial, yaitu meliputi: Satuan Geomorfologi Tubuh Sungai (F1) ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 1. Kenampakan morfologi pada subsatuan geomorfik perbukitan terkikis kuat Daerah Temugiring dengan arah kamera N110⁰E



Gambar 2. Kenampakan morfologi pada subsatuan geomorfik perbukitan terkikis sedang Kelurahan Sidorejo dengan arah kamera $N095^{\circ}E$

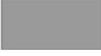


Gambar 3. Kenampakan morfologi pada subsatuan geomorfik tubuh sungai Kelurahan Kadonan dengan arah kamera $N 216^{\circ}E$

Sungai-sungai yang mengalir pada daerah telitian merupakan sungai–sungai utama meliputi Kali Oyo Lusi yang aliran sungai utamanya mengalir dari Utara ke arah Selatan dengan lebar sungai sekitar 4-8 meter. Pola aliran sungai yang berkembang pada daerah telitian adalah pola aliran *Subdendritik*, yang merupakan pola ubahan dari pola aliran dendritik yang menunjukkan adanya pengaruh topografi dari struktur dimana pada pola ini topografi sudah miring, struktur sudah berperang tetapi masih sangat kecil. Sebagian besar sungai-sungai yang mengalir pada daerah penelitian berdasarkan kuantitas airnya merupakan sungai periodik, yaitu sungai yang pada musim penghujan jumlah airnya melimpah, sedang pada musim kemarau airnya berkurang bahkan bisa menjadi kering.

Satuan batuan yang ada di daerah pemetaan dinamakan dan dikelompokan berdasar pada satuan litostratigrafi tidak resmi yang bersandikan pada ciri-ciri dan gejala litologi yang dapat diamati dilapangan dan dapat dipetakan pada skala 1 : 25.000 (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996). Berdasarkan pada ciri-ciri fisik, dominasi dan keseragaman litologi, hubungan stratigrafi antara batuan yang satu dengan batuan lainnya, serta hubungan tektonik. Berdasarkan pemahaman tersebut diatas, maka satuan batuan yang terdapat pada daerah penelitian dapat dibagi menjadi 3 (tiga) satuan batuan (Gambar 4).

LEGENDA :

UMUR GEOLOGI		BLOW (1969)	SIMBOL LITOSTRATIGRAFI	SATUAN BATUAN	KETERANGAN
ZAMAN	KALA				
KUARTER	HOLOSEN			Endapan Alluvial	Satuan ini terdiri dari endapan sungai berupa material-material lepas, berupa lempung, lumpur, lanau, pasir, kerikil. Menempati 5 % dari daerah penelitian.
TERSIER	PLIOSEN AWAL	N19		Batugamping Kalsilitit Oyo	Satuan ini terdiri dari batugamping kalsilitit. Menempati 27 % dari daerah penelitian.
	MIOSEN AKHIR	N16 - N18		Batugamping Kalkarenit Oyo	Satuan ini terdiri dari batugamping kalkarenit. Menempati 68 % dari daerah penelitian.

Gambar 4. Stratigrafi daerah telitian (tanpa skala)

Satuan Batugamping Kalkarenit Oyo

Satuan Batugamping kalkarenit Oyo (Gambar 5) di daerah telitian dicirikan oleh batugamping yang mempunyai ukuran pasir (arenit). Batugamping yang mendominasi satuan ini berwarna putih, berukuran pasir (arenit), terpilah baik dengan semen karbonat, dengan struktur sedimen yang di jumpai : perlapisan. Penyebaran satuan batugamping Oyo terdapat pada bagian Utara daerah penelitian dan menempati luas sekitar 67 % dari seluruh luas daerah telitian. Berdasarkan hasil bentos dapat disimpulkan bahwa pembentukan batuan ini pada kedalaman 275-400 m pada bathial atas. Dari hasil analisa, kisaran umur pembentukan satuan batugamping Kalkarenit Oyo pada Miosen Akhir (N16-N17). Hubungan stratigrafi satuan ini dengan satuan batuan yang di atasnya yaitu Kalsilitit Oyo adalah selaras.



Gambar 5. Singkapan batugamping Kalkarenit Oyo pada LP 46 di daerah Temugiring
Foto diambil pada cuaca cerah dengan lensa menghadap arah N120° E

Satuan Batugamping Kalsilitit Oyo

Penyebaran Satuan Batugamping kalsilitit ini (Gambar 6) terdapat pada bagian Selatan daerah penelitian saja dan menempati luas sekitar 26% dari seluruh luas daerah telitian. Dari hasil pengukuran ketebalan dari penampang geologi, maka di dapatkan kisaran tebal dari Satuan batugamping kalsilitit Oyo yang berkisar 80 meter. Berdasarkan fosil bentos dapat disimpulkan bahwa pembentukan batuan ini berada pada kedalaman 250 – 400 m pada Bathial Atas. Dari hasil analisa, kisaran umur pembentukan satuan batugamping kalsilitit oyo pada Pliosen Awal (N18-N19). Hubungan stratigrafi satuan ini dengan satuan batuan yang di atasnya yaitu satuan Endapan Alluvial adalah tidak selaras.



Gambar 6. Singkapan batugamping kalsilitit Oyo pada LP 6 di daerah Pengkol Dua
Foto diambil pada cuaca cerah.

Satuan Endapan Alluvial

Satuan endapan alluvial (Gambar 7) terdiri dari material lepas yang berasal dari batuan sekitarnya yang terdapat disekitar tubuh sungai, berupa lumpur, lempung, lanau, pasir, dan kerikil. Hubungan stratigrafi satuan ini dengan satuan batuan yang ada dibawahnya (lebih tua) yaitu satuan Kalsilitit oyo adalah tidak selaras.



Gambar 7. Singkapan satuan endapan alluvial yang terdapat di kelurahan Bedorejo dan Cerbon
dengan arah kamera N 216°

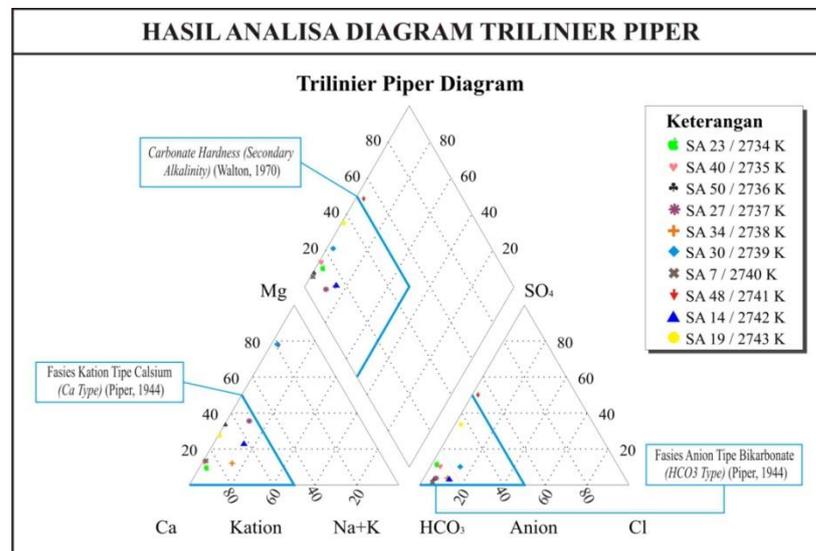
Sejarah Geologi daerah penelitian dimulai Pada Miosen Akhir, Satuan Batugamping Oyo terendapkan. Pengendapan ini dapat berlangsung karena pada daerah telitian terjadi kenaikan muka air laut pada dan dapat membentuk batugamping dan hasil dari rombakannya kemudian menghasilkan Batugamping Oyo yang sebagian adalah batugamping klastik. Setelah Batugamping Oyo selesai mengendap pada Pliosen Awal, tidak terjadi pengendapan material sedimen lagi, baik dari material darat maupun laut. Akan tetapi Kala Holosen, diendapkan Satuan Pasir Lepas secara tidak selaras diatas Satuan Batugamping Oyo yang berasal dari hasil endapan erosional dari hasil pengerosian sungai – sungai besar daerah telitian.

STUDI KUALITAS AIRTANAH

Hidrogeologi adalah suatu studi tentang air yang mempelajari distribusi maupun pergerakan airtanah pada suatu media batuan. Kata lain hidrogeologi adalah studi tentang interaksi antara material - material geologibeserta proses - prosesnya dengan air khususnya airtanah (Fetter, 1994).Litologi akuifer di daerah penelitian tersusun atas satuan batugamping kalkarenit Oyo dan satuan batugamping kalsilitit Oyo. Berdasarkan tingkat kekompakan batuan dan kemampuan batuan menyimpan airtanah, maka daerah telitian dibagi menjadi satu jenis cara penyimpanan airtanah, yaitu melalui celah atau rekahan. Bentuk asal denudasional mencerminkan proses pelapukan, pengikisan dan erosi yang bekerja sangat kuat, bentuk asal fluvial mencerminkan dataran rendah dan landai yang terdapat pada sepanjang sungai Oyo dimana materialnya disusun oleh material yang berasal dari batuan disekitarnya.

Berdasarkan Kondisi morfologi yang berbeda, penulis membagi daerah telitian ke dalam dua kawasan yaitu berupa daerah *recharge area* dan daerah *discharge area*. Pada bentukan asal denudasional merupakan daerah pengisian (tangapan hujan), dimana air hujan yang jatuh pada kawasan tersebut sebagian ada yang mengalir di permukaan (*run off*) menuju ke tempat yang lebih rendah dan sebagiannya ada yang menginfiltrasi ke bawah permukaan menjadi airtanah. Pada daerah bentukan asal fluvial dapat dijadikan sebagai kawasan luahan (*discharge area*) karena berada di daerah yang topografinya lebih rendah. Berdasarkan peta ketinggian MAT didapatkan sistem arah aliran; pada bagian Timur daerah penelitian yang memiliki elevasi muka airtanah tinggi, topografi dan kedudukan lapisan batuan cenderung miring ke arah Tenggara yang mengakibatkan arah aliran airtanah ke Barat laut ke daerah rendah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa di seluruh dataran pada peta adalah daerah luahan (*discharge area*), aliran airtanahnya berasal dari arah Utara ke Selatan untuk rendah bagian barat Laut dan berasal dari ketinggian di daerah Timur ke arah Barat laut untuk rendah Barat laut daerah penelitian.

Berdasarkan analisis petrografi komposisi yang banyak hadir berupa fosil yang mengandung senyawa karbonat (Ca). Sedangkan anion penyusun alkalinitas dari karbonat itu sendiri berupa bikarbonat (HCO_3), dimana bikarbonat alamiah hadir akibat zonase aktivitas organisme di batugamping. Oleh karena itu, dari hasil analisis sampel yang telah diolah lebih lanjut dalam pengeplotan Diagram Stiff dan Trilinear Piper, mengeluarkan hasil yang sama berupa (*carbonate hardness/secondary salinity*) > 50 %, yang berarti tipe kimia airnya memiliki kesadahan atau kekerasan karbonat (kegaraman sekunder) > 50 % yang artinya sifat kimia air tanah didominasi oleh alkali tanah dan asam lemah (Gambar 8).



Gambar 8. Klasifikasi Diagram Trilinear Piper Berupa Tipe Kalsium Bikarbonat (Sumber : Data lapangan).

Didasarkan atas kandungan unsur atau senyawa anorganik utama seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), klorida (Cl), alkalinitas (HCO_3), karbonat (CO_3), sulfat (SO_4), natrium (Na), kalium (K), besi (Fe), derajat keasaman (pH), jumlah zat padat terlarut (TDS) dan daya hantar listrik (DHL).

Daerah Dungkidang dan sekitarnya umumnya mempunyai potensi airtanah yang dikategori cukup baik, dilihat dari hasil analisa kimia dan fisika. Kualitas air minum layak pakai dan senyawa kimia yang terkandung di dalam air masih dalam batas wajar untuk di konsumsi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 1990 mengelompokkan kualitas air menjadi beberapa golongan menurut peruntukkannya. Adapun pengelompokan air pada daerah penelitian masuk ke dalam golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum. Air minum yang diperoleh harus diolah atau dimasak terlebih dahulu

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengamatan dan penelitian, maka dapat disimpulkan :

- 1) Daerah penelitian dibagi ke dalam 2 bentuk asal yaitu bentuk asal denudasional yang terdiri dari subsatuan perbukitan terkikis kuat (D1), subsatuan perbukitan terkikis sedang (D1) dan bentuk asal fluvial yang terdiri dari subsatuan tubuh sungai (F1).
- 2) Daerah penelitian tersusun atas tiga satuan batuan dari tua ke muda yaitu Satuan Batugamping kalkarenit Oyo dengan umur Miosen Akhir (N16-N18), memiliki hubungan selaras dengan Satuan Batugamping kalsilutit Oyo, dengan umur Pliosen Awal (N18-N19), dan terendapkan secara tidak selaras dengan Satuan Endapan Alluvial diatasnya, dengan lingkungan pengendapan di laut / *marine*.

- 3) Struktur Geologi yang berkembang adalah kekar-kekar dan indikator adanya sesar mendatar.
- 4) Pada daerah telitian termasuk jenis Akuifer setengah tertekan karena sistem penyimpanan air bawah tanah berupa rekahan.
- 5) Hasil analisa fisika pada sepuluh sumur gali yang meliputi pengamatan warna, bau, rasa, termasuk dalam kualitas baik karena air tidak berbau dan tidak berasa.
- 6) Hasil analisa kimia yang meliputi Ca, Mg, Cl, HCO₃, CO₃, SO₄, Na, K, Fe, Ph, TDS, dan DHL pada kesepuluh sumur gali pada daerah penelitian tidak melebihi angka maksimum yang diperbolehkan berdasarkan standar air minum menurut peraturan pemerintah No 82 tahun 2001 tentang baku mutu air minum.
- 7) Dari hasil kedua analisa tersebut didapatkan kualitas airtanah di daerah penelitian adalah berkualitas baik untuk konsumsi dengan catatan dimasak terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- BAKOSURTANAL, 1999, *Peta Rupabumi Digital Indonesia, Imogiri, Lembar 1408-222 edisi 1 – 1999*.
- Bier, J., 1978, dalam Puradimaja, D.J, Irawan, D.E., Silaen, H 2008, Course note for ITB student, ITB, Bandung.
- Blow, W. H., 1969, Late Middle Eocene to Recent Planktonic foraminifera Biostatigraphy. *Proc. 1st. Internal. Conf. planktonic Microfossils*, Geneva 1967, V. I.
- BMKG Kabupaten Yogyakarta, 2011, Kabupaten Yogyakarta Dalam Angka, Pemerintah Kabupaten Yogyakarta
- Boyd, C. E., 1988. *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. University Agricultural Experiment Station, Alabama, USA. 359 p.
- Davis S.N. & De Wiest, 1966; *Hydrogeology*, Jelin Wilev & Sons, USA.
- Desaunettes, J.R., 1972. *Catalogue of Landform For Indonesia. Examples of aphysiographic approach to land evaluation for agricultural development*. Bogor. Indonesia.
- Dunham, R. Y., 1962, *Clasification of Carbonate Rock According to Depositional Texture*, Clasification of Carbonate Rock – a symposium, AAPG.
- Effendi H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*.
- Fetter, C.W., 1994, *Applied Hydrology Third Edition*, Merrill Pubs.co.,Colombus Ohio, USA.
- Hendrayana, H., 1994, *Groundwater modelling*, Department of Geology, Faculty of Engineering, Unhas, Ujungpandang.
- Howard, A.D., 1967, *Drainage Analysis in Geology Intrepretation*, AAPG Bull Vol 51 no II.
- Jumikis, R.A., 1983, *Rock mechanics, second edition*, Tech Publications Clausthal Zellerfelg, Federal Republic of Germany.
- Mackereth, F.J.H., Heron,J., and Talling, J.F., 1989. *Water Analysis, Fresh Water Biological Association*, Cumbria, UK. 120p dalam Effendi H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*.
- Moore, J.W., 1991. *Inorganic Contaminants of Surface Water*. Springer Verlag, New York. 334p dalam Effendi H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*.
- Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 1990, tanggal 5 Juni 1990 tentang *Pengendalian pencemaran air* dalam Effendi, H 2003, *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Piper, A. M., 1944, *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses*, Am, Geophys, Union Trans.
- Sawyer, C.N. and Mc Carty, P.L 1978, *Chemistry for Environmental Engineering. Third edition*. McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Suharyadi, 1984, *Geohidrologi (ilmu airtanah)*, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sungkowo, A., dan Sastroprawiro, S., 2001, *Diktat Kuliah Geomorfologi*, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta.(tidak dipublikasikan).
- Tebbut, T.H.Y., 1992. *Principles of Water Quality Control*. Pergoman Press, Oxford. 251 p.
- Thornbury, W.D., 1954. *Principles of Geomorphology*. 2nd ed. John Wiley & Sons,Inc. New York.
- Todd, D. K., 1980, *Groundwater hydrology, third edition*, University of California, New York, USA.
- Tolman, C.F., 1937, *Groundwater*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Untung.,1973, Mac Donald & partners 1984, Hendrayana 1993, dalam Hendrayana dan Putra 2003, *Improvement of Yogyakarta basin concept*, J.T.G, F.T UGM.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The geology of Indonesia* .Vol.1A. Martinus Nijhoff, The Hague, Netherland.
- Van Zuidam, R.A., 1983. *Guide To Geomorphologic Interpretation and Mapping, Section of Geology and Geomorphology, Copyright Reserved*, ITC F.nschede The Nederlang.
- Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. W.B. Sauders Co. Philadelphia, Pennsylvania. 743p dalam Effendi H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*.
- Williams, H., Turner, F.J., and Gilbert C.M., 1954. *Petrography: An Introduction to The Study of Rocks in Thin Sections Second Edition*. W.H. Freeman and Company, New York.