

PEDOMAN PENYUSUNAN PETA HIDROGEOLOGI SKALA 1:100.000

Oleh : Soetrisno S.

I. Latar Belakang

Air tanah merupakan sumber daya alam nasional yang vital dalam kehidupan dan menjadi hajat hidup orang banyak. Di Indonesia sumber daya air tanah termasuk kekayaan alam nasional yang dikuasai oleh Negara untuk digunakanebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat seperti diamanatkan dalam Undang-Undang Dasar 1945, Pasal 33 Ayat 2 dan 3. Dengan kata lain, sumber daya air ini menjadi milik bersama yang harus dikelola secara adil dan bijaksana.

Guna membantu pengelolaan sumber daya air ini terutama dalam perencanaan pendayagunaan dan konservasinya, dibutuhkan informasi yang cukup rinci tentang penyebaran akuifer serta potensi air tanah yang terkandung di dalamnya.

Agar dapat melaksanakan pengelolaan tersebut, terutama untuk keperluan perencanaan dan pengembangan air bawah tanah suatu daerah, diperlukan adanya informasi dasar tentang keterdapatan, penyebaran, jumlah, dan mutu air bawah tanah dikaitkan dengan kondisi geologinya. Salah satu cara untuk memperoleh informasi tersebut adalah dengan melakukan pemetaan hidrogeologi dan menuangkan hasilnya ke dalam peta hidrogeologi skala 1 : 100.000.

Sesuai dengan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 1999, Pasal 7 dan Pasal 10, juncto Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000, maka pemerintah daerah berwenang untuk melakukan kegiatan pemetaan tersebut, sebagai bagian dari kewenangan dalam mengelola sumber daya nasional yang ada di wilayahnya, sementara pemerintah pusat memberikan pedoman bagaimana kegiatan tersebut seharusnya dilakukan. Pedoman ini disusun untuk memenuhi kewenangan seperti diatur dalam peraturan/perundangan tersebut.

II. Maksud dan Tujuan

Pedoman ini dimaksudkan sebagai acuan bagi pemerintah daerah dalam melaksanakan kegiatan penyusunan peta hidrogeologi skala 1 : 100.000 wilayah daerah yang bersangkutan.

Tujuannya adalah agar pemerintah daerah mampu melaksanakan kegiatan tersebut sesuai dengan kaidah-kaidah baku penyusunan peta hidrogeologi, sehingga dapat dihasilkan peta yang memberikan informasi keair-tanahan yang ada di wilayahnya secara tepat, akurat, dan mudah dimengerti oleh pengguna peta untuk berbagai keperluan.

III. Ruang Lingkup

Pedoman ini mencakup: (i) pengertian istilah yang dipakai di dalam pedoman ini yang perlu diberikan penjelasan untuk memudahkan pemahaman artinya; (ii) makna dasar peta hidrogeologi; (iii) tahapan penyusunan peta berikut kegiatan-kegiatan yang harus dilaksanakan dalam setiap tahapan untuk menghasilkan peta hidrogeologi skala 1 : 100.000.

IV. Pengertian

1. Pedoman adalah acuan yang bersifat umum yang harus dijabarkan lebih lanjut dan dapat disesuaikan dengan karakteristik dan kemampuan Daerah setempat.
2. Peta adalah gambar atau citra, baik dalam format analog ataupun digital, dari satuan-satuan (units) obyek yang digolongkan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, dalam bentuk warna, pola, lambang, atau bentuk-bentuk tampilan grafis yang lain.
3. Hidrogeologi (hydro=air, geo=bumi, logos=ilmu) adalah ilmu yang mempelajari keterdapatan, penyebaran, pergerakan, serta kualitas air yang ada di bawah permukaan bumi dengan penekanan kaitannya terhadap kondisi geologinya, serta interaksinya dengan lingkungan.
4. Skala adalah perbandingan antara ukuran obyek yang tergambar di atas peta dengan ukuran sesungguhnya obyek tersebut di lapangan. Peta skala 1:100.000 artinya adalah gambar yang menampilkan kondisi sesuatu dalam ukuran 1/100.000 kali ukuran sesungguhnya.
5. Penyusunan peta hidrogeologi adalah suatu rangkaian kegiatan dari pengumpulan data dan pemetaan hidrogeologi suatu daerah, interpretasi data tersebut, penyajian hasil interpretasinya berdasarkan standar legenda tertentu dalam suatu tampilan dua dimensi di atas media cetak dengan ukuran yang telah ditetapkan sesuai skala peta, hingga publikasinya untuk masyarakat (Lampiran 1.)
6. Pemetaan hidrogeologi adalah suatu kegiatan memetakan atau mengelompokkan unit-unit hidrogeologi atas dasar perilaku keterdapatan airtanah (groundwater occurrence) dan produktivitas akuifernya, berkaitan dengan sifat keairan (hydraulic properties) unit-unit geologi yang ada pada suatu daerah tertentu.
7. Peta hidrogeologi, sebagai hasil dari penyusunan peta hidrogeologi, dalam artian umum dapat didefinisikan sebagai peta yang menggambarkan pelamparan akuifer, bersama-sama dengan kondisi geologi, hidrogeologi, meteorologi dan tampilan air permukaan yang perlu untuk memahami suatu rejim air tanah (International Legend for Hydrogeological Maps, Unesco, 1983).

Dalam artian yang lebih khusus, yakni berkaitan dengan pedoman ini, peta hidrogeologi dapat didefinisikan sebagai peta yang memberikan informasi tentang keterdapatan air tanah dan kemungkinan luah sumur yang menyadap akuifer, serta komposisi kimia air tanah, dikaitkan dengan unit-unit geologi (litologi, stratigrafi dan struktur), dan informasi lain yang

berkaitan dengan air dari suatu daerah tertentu, di atas suatu peta dasar topografi skala 1:100.000.

8. Akuifer adalah suatu lapisan batuan atau formasi geologi yang jenuh air dan mampu melepaskan air dalam jumlah berarti ke sumur-sumur atau mata air.
9. Nir-akuifer adalah lapisan batuan yang tidak bersifat atau tidak dapat bertindak sebagai suatu akuifer.

V. Lingkup Kegiatan Penyusunan

Umum

Peta hidrogeologi skala 1:100.000 suatu daerah umumnya mencakup suatu luasan yang dibatasi oleh garis-garis koordinat (lintang dan bujur) maupun batas-batas lain yang tidak berkaitan dengan batas-batas hidrogeologi, semisal batas administratif pemerintahan. Lazimnya luasan dalam batas-batas tersebut tercakup dalam lembar peta (map sheet), yang mengacu pada pembagian lembar peta dasar topografi.

Wilayah Indonesia dibagi atas beberapa lembar peta dasar topografi skala 1 : 100.000, seperti dalam index lembar peta topografi yang diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, 1975, (Lampiran 2.).

Hasil utama (main output) kegiatan penyusunan peta hidrogeologi adalah berupa sebuah peta hidrogeologi dalam skala tertentu sesuai kebutuhan, disertai dengan catatan penerangan (explanatory note) atas peta tersebut.

Peta tersebut pada dasarnya adalah proyeksi dari kondisi hidrogeologi 3-D (dimension) ke dalam representasi 2-D di permukaan. Oleh sebab itu suatu peta hidrogeologi yang komprehensif selalu menyertakan juga irisan hidrogeologi (hydrogeological profile), sebagai gambaran dimensi kedalaman.

Peta hidrogeologi pada dasarnya adalah suatu media informasi tentang hidrogeologi suatu daerah, yang disajikan dalam bentuk tampilan grafis. Setiap tampilan grafis tersebut merepresentasikan parameter hidrogeologi tertentu. Keterdapatan air tanah pada jenis litologi akuifer dan produktivitas akuifer direpresentasikan pada peta dengan luasan warna (areal color) sementara unit-unit geologi direpresentasikan dengan pola grafis (pattern) dan lambang. Pada peta tersebut dicantumkan juga informasi parameter akuifer dan parameter hidrolika airtanah (arah aliran, tinggi bidang phreatik dan piezometrik, dll), serta kondisi mutu air tanah dalam bentuk lambang-lambang dan tampilan grafis yang lain.

Karena namanya peta hidrogeologi maka informasi geologi masih disajikan pada peta, namun menjadi bagian yang kurang menonjol (sub ordinate), oleh sebab itu ditampilkan dalam bentuk pattern dengan teknik saring (screen) dalam pencetakannya, dibandingkan dengan informasi keairtanahannya yang disajikan dalam warna penuh (solid color) dalam pencetakannya. (lihat Struckmeier dan Soetrisno, 1982).

Catatan penerangan yang menyertai peta hidrogeologi pada galibnya adalah informasi pendukung yang memperjelas pembaca peta (map readers) dalam memahami isi peta, karena tidak semua informasi hidrogeologi dapat dicantumkan pada peta. Karena kalau tidak, peta akan penuh informasi (crowded), yang justru menjadikan peta tak terbaca (unreadable).

Oleh sebab itu catatan penerangan ini mutlak diperlukan bagi suatu peta hidrogeologi yang baik.

Tingkatan kedalaman informasi, parameter penampilan, dan kemungkinan penggunaan suatu peta hidrogeologi dapat dilihat pada tabel klasifikasi peta (Lampiran 3.). Berdasarkan lampiran tersebut, pedoman ini pada dasarnya memberikan acuan untuk penyusunan peta dengan level informasi dalam tingkatan rendah (low) hingga maju (advance). Artinya informasi tersebut sifatnya masih kualitatif hingga semi kuantitatif, dan penggunaan peta ditujukan untuk keperluan penyediaan data dasar dan perencanaan umum.

Tahapan Inventarisasi dan Perencanaan

1. Setiap penyusunan peta hidrogeologi harus didasari atas data dasar dan informasi hidrogeologi daerah yang dipetakan, yang meliputi peta dasar topografi skala 1:100.000 atau lebih besar, peta geologi skala yang sesuai, foto udara dan citra satelit, peta penggunaan lahan, peta curah hujan, serta informasi hidrogeologi (geometri, litologi, dan parameter akuifer maupun nir-akuifer, sebaran dan debit sumur, sebaran dan debit mata air, muka air tanah bebas dan air tanah tertekan, kualitas air tanah, dll.)
2. Berdasarkan ketersediaan data dan informasi pada angka 1. dilakukan perencanaan penyusunan peta, yang mencakup pembentukan tim/kelompok kerja, pembuatan rencana kerja dan rencana biaya, serta daftar kebutuhan peralatan pendukung.
3. Tim yang telah dibentuk melakukan kajian atas semua data dan informasi hidrogeologi yang tersedia dan memberikan evaluasi perlu tidaknya dilakukan kegiatan pengumpulan data primer di lapangan.
4. Apabila kegiatan pengumpulan data primer di lapangan memang diperlukan, maka kegiatan lapangan dilaksanakan yang mencakup:
 - a. Pengumpulan data sumur, baik yang menyadap akuifer bebas maupun ter tekan;
 - b. Pengumpulan data mata air;
 - c. Pengumpulan data geometri, litologi, dan parameter akuifer/nir-akuifer;
 - d. Pengumpulan contoh air (sumur, mata air, air permukaan) untuk keperluan analisis laboratorium;
 - e. Pemutakhiran data sekunder (topografi, geologi, curah hujan, penggunaan lahan, dll.).Pengumpulan tersebut serta perekaman dalam lembar data (data sheet) mengacu pada standar atau kriteria yang ada.

Tahapan Interpretasi dan Penyajian Hasil Interpretasi

5. Kegiatan interpretasi serta analisis atas data yang telah terkumpul didasarkan atas pengetahuan hidrogeologi (hydrogeological knowledge),

acuan dan standar yang ada, maupun penilaian pribadi (personal judgement).

Pada dasarnya kegiatan ini menggunakan 2 metoda yakni (Lampiran 4):

- a. metode penghitungan langsung, yakni menganalisis data dengan menggunakan kalkulasi berdasarkan dalil, formula, standar, maupun kriteria yang ada, antara lain; cara statistik regresi untuk menanalisa muka air, formula Theis untuk menghitung parameter akuifer dalam uji pemompaan, formula Darcy untuk menghitung aliran air tanah, cara rangkaian Schlumberger untuk analisis geolistrik, formula Penman untuk penghitungan evapotranspirasi, cara diagram Piper untuk penentuan komposisi kimia air, dan cara perhitungan yang lazim digunakan dalam hidrogeologi.
- b. metode deduksi, dengan membandingkan data yang diperoleh dengan data yang tersedia di daerah lain yang secara hidrogeologi dianggap serupa/sejenis.

Di samping kedua metoda tersebut, mengingat peta adalah suatu citra yang erat kaitannya dengan seni (art), maka penilaian pribadi juga berperan, terutama dalam penarikan batas unit-unit hidrogeologi.

Interpretasi dan analisis data tersebut mencakup:

- a. Peta geologi untuk mendapatkan, mengklarifikasi, atau menambah informasi tentang struktur, stratigrafi, dan komposisi litologi batuan yang menentukan ketersediaan air tanah (groundwater occurrence), Analisis dapat menggunakan metode deduksi, serta penilaian pribadi;
 - b. Data stratigrafi, struktur dan karakteristik hidrolika dari bahan-bahan bawah permukaan, muka air tanah dan buaiannya. Data ini dapat diperoleh dari penampang (log) sumur-sumur yang ada, contoh batuan hasil pengeboran, hasil uji pemompaan, dan rekaman muka air tanah (water table or piezometric surface). Analisis dapat menggunakan metode kalkulasi langsung;
 - c. Data curah hujan, paling tidak, tahunan dipakai memberikan gambaran kemungkinan jumlah ketersediaan air yang ada. Analisis dapat menggunakan metode kalkulasi langsung;
 - d. Data aliran sungai (base flow) yang memberikan gambaran pembaca peta jumlah aliran air tanah yang tersedia setiap tahun dalam setiap luasan wilayah aliran sungai. Analisis dapat menggunakan metode kalkulasi langsung;
 - e. Data jenis tanah dan tanaman penutup yang membantu analisa perkiraan ketersediaan air tanah. Analisis dapat menggunakan metode deduksi dan penilaian pribadi;
 - f. Data geofisik membantu memberikan gambaran kondisi bawah permukaan termasuk geometri akuifer, kedalaman muka air dan batuan dasar. Analisis dapat menggunakan metode kalkulasi langsung.
 - g. Data kimia dan fisika air tanah akan membantu memberikan analisa tentang tipe airtanah dan kemungkinan paling cocok penggunaannya untuk keperluan tertentu (air minum, industri, pertanian dll.). Analisis dapat menggunakan metode kalkulasi langsung.
 - h. Data penggunaan air tanah yang telah ada, baik jumlah, mutu, dan jenis pemakaiannya. Analisis dapat menggunakan metode kalkulasi langsung.
6. Hasil interpretasi dan analisis pada angka 5 berupa komponen-komponen:

- a. Peta dasar topografi skala 1:100.000 dimutakhirkan dengan data terkini serta hasil interpretasi foto udara dan citra satelit, seperti badan air, jalan baru, perubahan penggunaan lahan, dsb.,
 - b. Komposisi litologi batuan didasarkan atas data terkini dan peta geologi yang ada, serta hasil interpretasi foto udara dan citra satelit, disajikan dalam satu lembar peta tersendiri dengan sesuai skala.
Berkaitan dengan jenis litologi batuan itu sendiri interpretasi harus dapat menggolongkan batuan dalam :
 - i. Batuan sedimen atau vulkanik bersifat lepas atau atau kurang padu;
 - ii. Batuan sedimen padu;
 - iii. Batuan beku dan ubahan;
 Sementara berkaitan dengan sifat keairan komposisi batuan, interpretasi menggolongkan batuan menjadi yang bersifat akuifer dan nir-akuifer.
 - c. Keterdapatn air tanah dan kemungkinan luah sumur berdasarkan hasil interpretasi geometri, litologi dan parameter akuifer, hendaknya digolongkan menjadi 2, yakni pada:
 - i. Akuifer Endapan Permukaan (surficial aquifers), hingga kedalaman 20 m, dibedakan atas besaran luah sumur menjadi 4 kelas, yakni:
 - luah sumur > 5 liter/detik;
 - luah sumur 1 - 5 liter/detik;
 - luah sumur < 1 liter/detik;
 - nir-akuifer (batuan dasar).
 - ii. Akuifer Dasar (bedrock aquifers), dibedakan atas besaran luah sumur menjadi 4 kelas, yakni:
 - luah sumur > 25 liter/detik;
 - luah sumur 5 - 25 liter/detik;
 - luah sumur < 5 liter/detik;
 - nir-akuifer (batuan dasar).
 Luah sumur dalam hal ini adalah luah yang kemungkinan dapat dihasilkan oleh satu sumur yang menyadap akuifer ybs., dengan garis tengah pipa naik minimal 10 cm dan dipompa dalam kondisi seimbang (steady state).
 - d. Kimia air tanah untuk seluruh jenis akuifer diinterpretasikan dari hasil analisis dari contoh air tanah yang diambil dari seluruh jenis litologi batuan yang ada. Kimia air tanah dikelompokkan menjadi 5 kelompok atas dasar dominasi unsur kalsium, magnesium, potasium, sodium, khlorida, sulfat, karbonat, dan bikarbonat serta Total Dissolved Solid.
7. Komponen-komponen tersebut ditumpang-tindihkan untuk menciptakan peta hidrogeologi skala 1:100.000, di atas peta dasar fotografi yang disaring, yakni:
- a. Komposisi litologi batuan disajikan dalam bentuk pola (raster) dalam warna abu-abu.
 - b. Akuifer Endapan Permukaan dan Akuifer Dasar masing-masing disajikan dalam lembar peta yang berbeda. Untuk setiap kelas diwakili dengan warna yang berbeda.
 - c. Komposisi kimia untuk semua jenis akuifer disajikan dalam warna yang berbeda tergantung jenis komposisi kimianya, di atas satu lembar tersendiri.

- d. Informasi tambahan yang berkaitan dengan air tanah, semacam sebaran sumur yang ada, mata air, badan air dll., disajikan dalam bentuk lambang atau simbol dengan warna tertentu.
8. Dengan tersedianya paket perangkat lunak Sistem Informasi Geografi, memudahkan analisis tersebut dan meyajikannya dalam peta hidrogeologi digital. Sementara penarikan batas sebaran luasan setiap kelas akuifer lebih didasarkan pada penilaian pribadi dan penggunaan metode deduksi. Penyajian tersebut harus didasarkan pada Standar Legenda Peta Hidrogeologi 1:100.000. Standar ini juga menetapkan standar pola, warna, dan lambang atau simbol yang dipakai dalam menyajikan peta hidrogeologi dalam skala yang dimaksud.
9. Penyajian hasil interpretasi tersebut kemudian harus dituangkan dalam bentuk naskah (draft) :
 - a. Peta Akuifer Endapan Permukaan
 - b. Peta Akuifer Dasar
 - c. Peta Kimia Air Tanah
 - d. Catatan penerangan (explanatory note) untuk membantu memudahkan pembaca peta memahami isi peta. Catatan ini memuat segala informasi lengkap mengenai geometri, litologi, dan parameter akuifer/nir-akuifer, keterdapatan air tanah, serta kualitas air tanah, serta hal-hal lain yang berkaitan dengan air tanah daerah pemetaan.Tata letak (lay-out) peta dan catatan penerangan disajikan pada Lampiran 5.
10. Naskah-naskah tersebut selanjutnya perlu didiskusikan dengan atau diedarkan kepada para pengguna peta serta stake holders (termasuk semua daerah otonom yang wilayahnya tercakup dalam lembar peta ybs) untuk mendapatkan masukan bagi penyempurnaan peta dimaksud.
11. Apabila diperlukan, pemeriksaan akhir dapat dilakukan dengan pemeriksaan lapangan, dan kegiatan angka 5. hingga 9. dilaksanakan kembali untuk penyempurnaan.
12. Pejabat yang berwenang perlu memberikan keputusan bahwa berdasarkan hasil kegiatan angka 9. peta dapat dipublikasikan, sebelum tahapan berikut dilaksanakan.

Tahapan Kartografi

13. Kegiatan kartografi dilaksanakan sebagai persiapan pencetakan peta, yakni memindahkan setiap sajian seperti pada angka 8. dalam bentuk lembaran-lembaran tersendiri (lembar peta dasar topografi, lembar warna tersaring maupun utuh, lembar raster, lembar lambang atau simbol), di atas media yang stabil sesuai dengan teknik atau metode kartografi, yang pada akhirnya akan dihasilkan film positif pelat/master cetaknya. Film tersebut hanya akan dibuat setelah penyusun peta memeriksa dan yakin bahwa seluruh naskah untuk pembuatan film tersebut sudah bebas kesalahan (bugs free). Kegiatan ini dapat dilakukan dalam format analog (manual) maupun digital (komputer).

Tahapan Publikasi

14. Penyusun peta memeriksa hasil cetak-uji (proof-print) dari cetakan peta menggunakan pelat cetak yang dibuat dari film positif yang dihasilkan dari kegiatan kartografi (format analog). Dalam kegiatan ini, pada prinsipnya penyusun peta hanya dapat memberikan koreksi atas gradasi warna serta koreksi kecil, semacam perubahan simbol/lambang. Dalam format digital, penyusun mempunyai keleluasaan untuk memanipulasi peta. Apabila penyusun peta sudah puas atas penyempurnaan cetak-uji berdasarkan hasil koreksinya, penyusun dapat memberikan keputusan bahwa pencetakan akhir (biasanya dalam jumlah ribuan lembar) dapat dilaksanakan.
15. Produk akhir dari penyusunan peta hidrogeologi adalah berupa:
 - 1 (satu) lembar peta Akuifer Endapan Permukaan
 - 1 (satu) lembar peta Akuifer Dasar
 - 1 (satu) lembar peta Kimia Air Tanah
 - 1 (satu) Catatan Penerangan
16. Produk akhir tersebut dapat dalam format analog maupun digital, disebarluaskan kepada semua pihak yang berkaitan dan masyarakat. Masyarakat berhak mempunyai akses untuk mendapatkannya baik secara cuma-cuma atau membayar, sesuai dengan peraturan yang berlaku.

VI. Lampiran

- Lampiran 1. Bagan alir penyusunan peta hidrogeologi skala 1 : 100.000
- Lampiran 2. Indeks lembar peta dasar topografi skala 1 : 100.000 menurut Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional.
- Lampiran 3. Klasifikasi peta hidrogeologi.
- Lampiran 4. Metode analisis data
- Lampiran 5. Tata letak peta hidrogeologi skala 1 : 100.000

VII. Acuan

1. Anonymous, 1983, International Legend for Hydrogeological Maps, Revised Edition, Unesco, Paris.
2. Anonymous, 1987, Hydrogeology and Groundwater Resources of the Lake Amadeus and Ayers Rock Region, Northern Territory, Bureau of Mineral Resources, Canberra
3. Struckmeier W., Types and Uses of Hydrogeological Maps, dalam Memoires of the International Symposium on Hydrogeological Maps as Tools for Economic and Social Development, International Association of Hydrogeologist, Hannover.
4. Struckmeier W. and Soetrisno S., 1982, Proposal for General Legend of Hydrogeological Map of Indonesia 1 : 250.000, Directorate of Environmental Geology, Bandung

Lampiran 2. A classification system of hydrogeological maps (after Struckmeier, 1989)

Level of Information Possible use	low (scarce and heterogeneous data from various sources)	advance (+syatematic investigation programs, more reliable data)	high (+hydrogeological systems analysis and groundwater models)
Reconnaissance And Exploration	general hydrogeological map (aquifer map)	hydrogeological parameter maps (map sets, atlases)	regional groundwater system maps (conceptual model representatons)
Planning And Development	map of groundwater resource potential	specialized hydrogeological maps (planning maps)	graphic representation derived from geographic information systems (maps, sections, perspective diagrams. scenarios)
Management And Protection	map of groundwater vulnerability		
Possible Use Parameters of Representation	Static -----time dependance----- dynamic low -----reliability----- high low -----cost per unit area----- high large -----area represented----- small small -----scale----- large		

