

ANALISIS INTRUSI AIR LAUT MEGGUNAKAN DATA RESISTIVITAS DAN GEOKIMIA AIRTANAH DI DATARAN ALUVIAL KOTA SEMARANG

Tabitha Abid Ardaneswari¹⁾, Tony Yulianto¹⁾, dan Thomas Triadi Putranto²⁾

¹⁾ Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾ Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail : tabithaardanes@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Semarang lowland-alluvial area is in the state of salt water intrusion, that has a direct impact to the groundwater quality. Groundwater quality is not only triggered by water level decreasing factors due to the groundwater exploitation, but also by the factor of lithology and aquifer condition. The purpose of this research is to know the resistivity rocks value, the value of groundwater quality, and to analyze the distribution of the estimated area that has been instigated by salt water. The result of processed data with Progress 3.0 is in the form of resistivity value which is correlated with groundwater quality testing value with salinity, electrical conductivity, dissolved oxygen, and pH parameters. Based on the geo-resistivity and groundwater geochemical data shows that there is intrusion salt water distribution area which occur in Trimulyo area with the resistivity value of 0,27 Ωm as the indicator of salinity and groundwater quality value parameters which show the salinity value of 3.600 mg/L, electrical conductivity of 6.370 $\mu S/cm$, dissolved oxygen of 0,8 ppm, and pH 7,7.

Keywords : Salt water intrusion, geo-resistivity, groundwater geochemical.

ABSTRAK

Dataran aluvial Kota Semarang merupakan wilayah yang telah terintrusi air laut, sehingga berdampak langsung pada kualitas airtanah. Kualitas airtanah selain dipicu oleh faktor penurunan muka airtanah akibat eksploitasi airtanah, juga oleh faktor kondisi litologi dan akuifer. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai resistivitas batuan, nilai kualitas airtanah, dan menganalisis persebaran daerah yang diduga terintrusi air laut. Hasil pengolahan data menggunakan Progress 3.0 berupa nilai resistivitas dikorelasi menggunakan nilai pengujian kualitas airtanah parameter salinitas, Daya Hantar Listrik, oksigen terlarut, dan pH. Berdasarkan data resistivitas dan geokimia airtanah didapatkan persebaran daerah yang diduga terintrusi air laut, yaitu pada kelurahan Trimulyo dengan nilai resistivitas mencapai 0,27 Ωm indikasi air asin dan nilai kualitas airtanah parameter teruji, yaitu salinitas 3.600 mg/L, Daya Hantar Listrik 6.370 $\mu S/cm$, oksigen terlarut 0,8 ppm, dan pH 7,7.

Kata kunci : Intrusi air laut, resistivitas, geokimia airtanah.

PENDAHULUAN

Dataran aluvial Kota Semarang terletak disepanjang garis pantai yang berbatasan dengan Laut Jawa. Daerah yang menjadi lokasi penelitian ini merupakan daerah yang telah terintrusi air laut. Kondisi tersebut diperkuat dengan adanya fenomena penurunan muka airtanah, kenaikan permukaan laut, dan eksploitasi airtanah yang dalam jangka panjang dapat menyebabkan intrusi air laut. Terjadinya intrusi air laut diawali dengan adanya pergerakan zona transisi secara dinamis yang

disebabkan oleh perubahan akuifer tertekan dan dipengaruhi oleh satuan batas garis pantai, sehingga terjadi desakan antara air laut dan air tawar [1].

Selain itu, peningkatan populasi yang menunjukkan adanya penggunaan air sebagai komponen utama dalam kebutuhan sehari-hari semakin meluas dapat mempengaruhi fenomena eksploitasi airtanah. Menurut Badan Pusat Statistik Kota Semarang tahun 2014, rata-rata peningkatan pertumbuhan penduduk Kota Semarang pada tahun 2010 hingga tahun 2014 mencapai 1,05% setiap

tahunnya [2]. Dampak eksploitasi airtanah menyebabkan majunya air laut kearah darat yang mengakibatkan banyaknya ruang kosong di dalam akuifer sehingga terjadi perbedaan tinggi muka airtanah lebih rendah daripada permukaan laut.

Intrusi air laut merupakan permasalahan airtanah di daerah pantai, karena berakibat langsung pada mutu airtanah. Akibatnya terjadi pengaruh perubahan terhadap kualitas dan kuantitas airtanah itu sendiri. Airtanah yang semula layak digunakan untuk air minum mengalami penurunan mutu sehingga tidak layak digunakan untuk keperluan sehari-hari. [3].

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai adanya intrusi air laut dalam penentuan zona intrusi air laut di Kecamatan Genuk, Semarang mendapatkan hasil sebaran nilai Daya Hantar Listrik mencapai 2.510-16.550 $\mu\text{S/cm}$. Akibatnya yang dirasakan masyarakat adalah adanya intrusi air laut di dalam tanah [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai persebaran intrusi air laut di dataran aluvial Kota Semarang. Penelitian dilakukan menggunakan data resistivitas untuk mengetahui perbedaan harga tahanan jenis dari perlapisan batuan dan data geokimia airtanah untuk mengetahui nilai kualitas airtanah yang terdiri atas beberapa parameter, yaitu salinitas, Daya Hantar Listrik, oksigen terlarut, dan pH sebagai patokan dalam mengetahui pemanfaatan airtanah secara optimal. Sehingga mendapatkan analisa mengenai persebaran daerah yang terintrusi air laut.

DASAR TEORI

Kondisi Umum Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan susunan peta geologi lembar Magelang-Semarang [5], secara stratigrafi dataran aluvial Kota Semarang terdiri atas :

a. Aluvium (Qa)

Merupakan endapan aluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau, pasir dan campuran dengan ketebalan mencapai 50 m atau lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1-3 m. Bongkah tersusun andesit, batu lempung dan sedikit batu pasir.

b. Formasi Damar (Qtd)

Batuannya terdiri dari batupasir tufan, berwarna kuning kecoklatan dan berbutir halus-kasar, kolongmerat berwarna kuning kecoklatan hingga kehitamaan, dan breksi vulkanik berwarna abu-abu kehitamaan terdiri dari andesit dan basalt.

Kualitas Airtanah

Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, atau komponen lain di dalam air yang dinyatakan dengan beberapa parameter, seperti parameter fisika yaitu suhu, warna, dan daya hantar listrik. Parameter kimia, yaitu pH dan oksigen terlarut serta parameter biologi, yaitu keberadaan plankton dan bakteri. Apabila hasil pemantauan kualitas air tidak memenuhi seperti yang dijelaskan diatas maka air dapat dikatakan tercemar, sehingga kualitas airtanah dapat diketahui mengenai perkembangannya untuk diinterpretasikan kedalam geologi dan hidrogeologi [6].

Parameter Kualitas Airtanah

a. Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan. Salinitas menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan ionida digantikan oleh klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi [7]. Klasifikasi airtanah berdasarkan salinitas yang berhubungan dengan intrusi air laut ditunjukkan dalam Tabel 1 [8].

Tabel 1. Klasifikasi airtanah berdasarkan salinitas

No	Salinitas (mg/L)	Jenis Air
1	< 1.000	Tawar
2	1.000-3.000	Payau
3	3.000-35.000	Asin
4	> 35.000	Sangat Asin

b. Daya Hantar Listrik

Daya Hantar Listrik dinyatakan dengan satuan μmhos dengan pengukuran menggunakan alat *Electric Conductivity* (eC meter). Perairan laut memiliki nilai Daya Hantar Listrik yang tinggi karena banyak mengandung garam terlarut [7]. Klasifikasi airtanah berdasarkan Daya Hantar Listrik yang berhubungan dengan intrusi air laut ditunjukkan dalam Tabel 2 [4].

Tabel 2. Klasifikasi airtanah berdasarkan Daya Hantar Listrik

No	DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Jenis Air
1	< 1.500	Tawar
2	1.500-5.000	Tawar-Payau
3	5.000-15.000	Payau
4	15.000-50.000	Asin

c. Oksigen Terlarut

Daya larut oksigen dalam air dipengaruhi suhu perairan, ketinggian tempat, dan tingkat turbulensi. Semakin tinggi suhu perairan maka daya larut oksigen semakin rendah. Sebaliknya, semakin tinggi ketinggian tempat maka daya larut oksigen juga semakin rendah [7]. Klasifikasi airtanah berdasarkan oksigen terlarut yang berhubungan dengan intrusi air laut ditunjukkan dalam Tabel 3 [9].

Tabel 3. Klasifikasi airtanah berdasarkan Oksigen Terlarut

No	Oksigen Terlarut (ppm)	Jenis Air
1	5	Ringan
2	2,0-5,0	Sedang
3	0,0-2,0	Berat

d. pH

Pada umumnya keasaman air disebabkan karena adanya gas karbon dioksida yang larut dalam air dan menjadi asam karbonat. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas [7]. Klasifikasi airtanah berdasarkan pH yang berhubungan dengan intrusi air laut ditunjukkan dalam Tabel 4 [10].

Tabel 4. Klasifikasi airtanah berdasarkan pH

No	pH	Jenis Air
1	$\leq 5-7$	Asam
2	7	Netral
3	$\geq 7-9$	Basa

Intrusi Air Laut

Intrusi atau penyusupan air laut ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air laut di dalam akuifer pada daerah pantai. Apabila keseimbangan hidrostatik antara air bawah tanah tawar dan air bawah tanah asin di daerah pantai terganggu, maka akan terjadi pergerakan dan terjadilah intrusi air laut. Terminologi intrusi pada hakikatnya digunakan hanya setelah ada aksi, yaitu pengambilan air bawah tanah yang mengganggu keseimbangan hidrostatik [11].

Metode Resistivitas

Resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat resistivitas listrik batuan untuk mendeteksi formasi bawah permukaan. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi. Pengukuran resistivitas dilakukan dengan 2 buah elektroda sebagai pengirim arus listrik ke dalam bumi dan 2 buah elektroda untuk mengukur beda potensial di permukaan akibat dari pengiriman arus listrik. Jarak elektroda menentukan jangkauan kedalaman lapisan yang diukur, sehingga makin besar jarak elektroda maka makin dalam lapisan batuan yang dapat diselidiki.

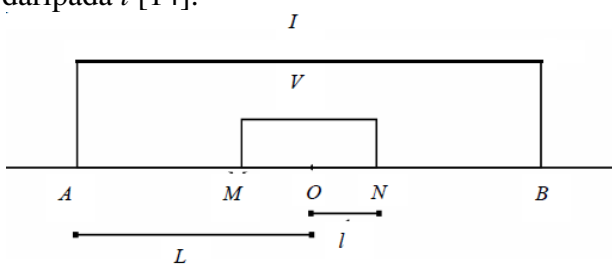
Tujuan resistivitas tahanan jenis adalah mengetahui keadaan geologi bawah permukaan yang berhubungan dengan komposisi fluida dan porositas batuan. Manfaat yang didapat yaitu untuk memperkirakan persebaran nilai tahanan jenis bawah permukaan dengan pengukuran pada permukaan tanah [12]. Harga tahanan jenis permukaan batuan ditentukan oleh masing-masing tahanan jenis unsur batuan. Tabel 5 menunjukkan variasi nilai-nilai resistivitas batuan [13].

Tabel 5. Nilai resistivitas batuan

Material	Tahanan Jenis (Ωm)
Lempung	1-100
Airtanah	0,5-300
Lava	100-5x10 ⁴
Air asin	0,2
Air payau	0,3-1
Breksi	75-200
Tufa	20-100
Pasir	1-1.000
Batupasir	1-6,4x10 ⁸

Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi elektroda cara *Schlumberger* dimana M, N digunakan sebagai elektroda potensial dan A, B sebagai elektroda arus. Untuk konfigurasi elektroda *Schlumberger*, spasi elektroda arus jauh lebih besar dari spasi elektroda potensial. Secara garis besar aturan elektroda ini dapat dilihat pada Gambar 1, sehingga diketahui bahwa jarak spasi antar elektroda arus adalah $2L$, sedangkan jarak spasi antar elektroda potensial adalah $2l$. Aturan yang harus dipenuhi bahwa (L) jauh lebih besar daripada l [14].



Gambar 1. Konfigurasi *Schlumberger*

Faktor geometri untuk konfigurasi *Schlumberger* dapat dirumuskan sebagai berikut yang ditunjukkan pada persamaan (1), (2), dan (3).

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right)} \quad (1)$$

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{L-l} - \frac{1}{L+l} - \frac{1}{L+l} + \frac{1}{L-l}\right)} \quad (2)$$

$$k = \pi \frac{(L^2 - l^2)}{2l} \quad (3)$$

Dengan demikian persamaan resistivitas semu untuk konfigurasi *Schlumberger* dapat ditunjukkan pada persamaan (4) [14].

$$\rho_a = \pi \frac{(L^2 - l^2)}{2l} \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap pengambilan data, tahap pengolahan data, dan tahap analisis data.

a. Tahap Pengambilan Data

Tahapan pengambilan data dalam penelitian di dataran aluvial Kota Semarang meliputi data geokimia airtanah dan data resistivitas. Data resistivitas yang dikumpulkan adalah berdasarkan persebaran daerah pada nilai pengujian kualitas airtanah yang diperoleh dari survei hidrologi sebanyak 196 sampel airtanah dan nilai resistivitas semu batuan bawah permukaan yang diperoleh dari hasil pengukuran resistivitas *Schlumberger* sebanyak 30 titik pengukuran. Panjang lintasan resistivitas mencapai 50 m. Lokasi pengukuran resistivitas tersebar pada kelurahan Trimulyo, kelurahan Karangroto, kelurahan Banjardowo, kelurahan Panggunglor, kelurahan Tugurejo, kelurahan Randugarut, kelurahan Mangkangwetan, kelurahan Mangkangkulon, kelurahan

Purwoyoso, kelurahan Pleburan, kelurahan Mugassari, kelurahan Randusari, kelurahan Gisikdrono, kelurahan Kembangarum, kelurahan Karangayu, kelurahan Krapyak, kelurahan Pedurunganlor, dan kelurahan Purwodinatan. Asumsi dalam penelitian adalah mendapatkan sebaran nilai keasinan airtanah yang dikorelasikan berdasarkan informasi vertikal nilai resistivitas bawah permukaan.

b. Tahap Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini meliputi analisis sebaran nilai keasinan dengan sebaran peta kontur kualitas airtanah parameter teruji menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.3 dan analisis nilai resistivitas batuan dengan teknik *curve matching* dan bantuan perangkat lunak Progress 3.0 dalam mengetahui jenis litologi serta kedalaman pada bawah permukaan.

c. Tahap Analisis Data

Tahapan analisis data dalam penentuan sebaran keasinan airtanah di dataran aluvial Kota Semarang yaitu dengan menggunakan korelasi nilai antara nilai kualitas airtanah berdasarkan Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 dan nilai resistivitas berdasarkan Tabel 5 pada dasar teori. Validasi kedua data yang menghasilkan nilai yang berkorelasi tersebut maka dapat menentukan pendugaan daerah yang terintrusi air laut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data Resistivitas

Hasil data resistivitas berupa interpretasi jenis lapisan batuan yang terdiri atas formasi aluvial dan formasi damar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. dalam bentuk penampang litologi. Formasi aluvial terdiri atas susunan lempung (0-10 Ωm), lempung pasir (10-20 Ωm), dan pasir (20-70 Ωm), sedangkan formasi damar terdiri atas susunan tuff (20-80 Ωm), batupasir tuffan (50-100 Ωm), breksi (100-1.000 Ωm), dan lava

(>1.000 Ωm). Formasi tersebut berasal dari satuan aluvial, yaitu satuan yang tersusun oleh material lepas dengan ukuran bervariasi dari ukuran lempung menunjukkan adanya sifat batuan dalam penyerapan tanah.

Analisis Data Geokimia Airtanah

a. Salinitas

Salinitas airtanah menunjukkan adanya pengaruh dari larutan garam pada kadar tertentu yang mengindikasikan adanya tingkat keasinan dengan kandungan ion klorida yang bersifat negatif. Nilai salinitas yang termasuk jenis air payau terdiri atas kelurahan Genuksari, kelurahan Tambakrejo, kelurahan Mlatibaru, kelurahan Sambirejo mencapai, dan kelurahan Tugurejo, sedangkan jenis air asin terdiri atas kelurahan Trimulyo, dan daerah tinjauan penelitian lainnya berada pada daerah jenis air tawar yang ditunjukkan pada Gambar 3 mengenai peta kontur sebaran salinitas. Berdasarkan hasil pengujian, nilai salinitas yang tinggi terdapat di kelurahan Trimulyo mencapai 3.600 mg/L indikasi jenis air asin.

b. Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik airtanah menunjukkan adanya sifat menghantarkan listrik dari air. Nilai Daya Hantar Listrik yang termasuk jenis air tawar-payau terdiri atas kelurahan Tambakrejo, kelurahan Muktiharjo Lor, kelurahan Genuksari, dan kelurahan Tugurejo, sedangkan jenis air asin terdiri atas kelurahan Trimulyo, dan daerah tinjauan penelitian lainnya berada pada daerah dengan air tawar yang ditunjukkan pada Gambar 4 mengenai peta kontur sebaran Daya Hantar Listrik. Berdasarkan hasil pengujian, nilai Daya Hantar Listrik yang tinggi terdapat di kelurahan Trimulyo mencapai 6.370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indikasi air payau.

c. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut airtanah menunjukkan adanya pengaruh dari suhu perairan, ketinggian tempat, dan tingkat turbulensi. Nilai oksigen terlarut yang termasuk jenis air berat berada

pada seluruh tinjauan daerah penelitian di dataran aluvial Kota Semarang dengan nilai oksigen terlarut mencapai 0,1-1,5 ppm. Berdasarkan hasil pengujian nilai oksigen terlarut yang rendah mencapai 0,1 ppm terdapat di kelurahan Barusari, kelurahan Cabean, kelurahan Bojongsalaman, kelurahan Bulustalan, kelurahan Plombokan, kelurahan Randusari, kelurahan Miroto, kelurahan Pekunden, kelurahan Mlatiharjo, kelurahan Pedurungan Tengah, kelurahan Genuksari, kelurahan Banjardowo, dan kelurahan Kebonagung, sedangkan nilai oksigen terlarut yang tinggi mencapai 1,5 ppm terdapat di kelurahan Purwoyoso dan Kembangarum, dan daerah tinjauan penelitian lainnya berada pada daerah airtanah oksigen terlarut sedang yang ditunjukkan pada Gambar 5 mengenai peta kontur sebaran oksigen terlarut.

d. pH

pH airtanah menunjukkan adanya keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan yang mengalami ketidakseimbangan ion hidrogen. Berdasarkan hasil pengujian nilai oksigen terlarut yang rendah mencapai 0,1 ppm terdapat di kelurahan Barusari, kelurahan Cabean, kelurahan Bojongsalaman, kelurahan Bulustalan, kelurahan Plombokan, kelurahan Randusari, kelurahan Miroto, kelurahan Pekunden, kelurahan Mlatiharjo, kelurahan Pedurungan Tengah, kelurahan Genuksari, kelurahan Banjardowo, dan kelurahan Kebonagung, sedangkan nilai oksigen terlarut yang tinggi mencapai 1,5 ppm terdapat di kelurahan Purwoyoso dan Kembangarum, dan daerah tinjauan penelitian lainnya berada pada daerah airtanah pH netral yang ditunjukkan pada Gambar 6 mengenai peta kontur sebaran pH.

Analisis Pendugaan Intrusi Air Laut

Fenomena alami dan distribusi akuifer dalam sistem geologi dikendalikan oleh litologi. Berdasarkan hasil penelitian dalam penentuan

persebaran intrusi air laut, didapatkan kondisi bawah permukaan dalam satuan litologi endapan aluvial dengan nilai resistivitas antara 0,14-9,32 Ω m pada lapisan tersebut telah mengandung air, baik air payau maupun air asin dimana masing-masing nilai resistivitas ditunjukkan melalui penampang nilai resistivitas pada Gambar 7, sedangkan data geokimia airtanah menunjukkan nilai salinitas yang tinggi maksimal mencapai 3.600 mg/L dan nilai Daya Hantar Listrik mencapai 6.370 μ S/cm terdapat pada kelurahan Trimulyo.

Analisis intrusi air laut pada kelurahan Trimulyo diduga air laut telah mendesak air tawar pada kedalaman 1,35-2,94 m dengan arah alirannya dari tenggara menuju timur laut sesuai dengan kondisi sebaran muka airtanah akibat adanya dampak eksploitasi airtanah, walaupun secara alamiah air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan sebab airtanah memiliki *piezometric* yang menekan lebih kuat dari pada air laut, sehingga terbentuk *interface* sebagai batas airtanah dengan air laut dalam keadaan kesetimbangan airtanah. Hal demikian dapat mempengaruhi kesehatan, seperti gangguan kulit, tenggorokan, dan pencernaan. Pendugaan akhir persebaran intrusi air laut ditunjukkan pada peta sebaran intrusi air laut pada Gambar 8. Wilayah yang diduga terintrusi air laut berada pada kelurahan Trimulyo, sedangkan yang memiliki potensi intrusi air laut berada pada kelurahan Tambakrejo, kelurahan Genuksari, dan kelurahan Tugurejo, dan tinjauan daerah penelitian lainnya dikategorikan daerah yang aman.

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan data resistivitas dan geokimia airtanah di dataran aluvial Kota Semarang, maka memperoleh kesimpulan bahwa :

1. Nilai resistivitas batuan dan nilai kualitas airtanah pada daerah yang diduga terintrusi air laut, yaitu terjadi pada kelurahan

Trimulyo yang memiliki nilai resistivitas sebesar 0,27 Ω m indikasi air asin dan nilai kualitas airtanah maksimal mencapai 3.600 mg/L parameter salinitas, 6.370 μ S/cm parameter Daya Hantar Listrik, 0,8 ppm parameter oksigen terlarut, dan 7,7 parameter pH.

2. Analisis persebaran intrusi air laut di dataran aluvial Kota Semarang pada wilayah Trimulyo berdasarkan data resistivitas dan geokimia airtanah yang diduga air laut telah mendesak air tawar pada kedalaman 1,35-2,94 m karena adanya pergeseran *interface* di daerah dekat pantai akibat eksploitasi airtanah sehingga terjadi kenaikan permukaan laut dan penurunan muka airtanah.

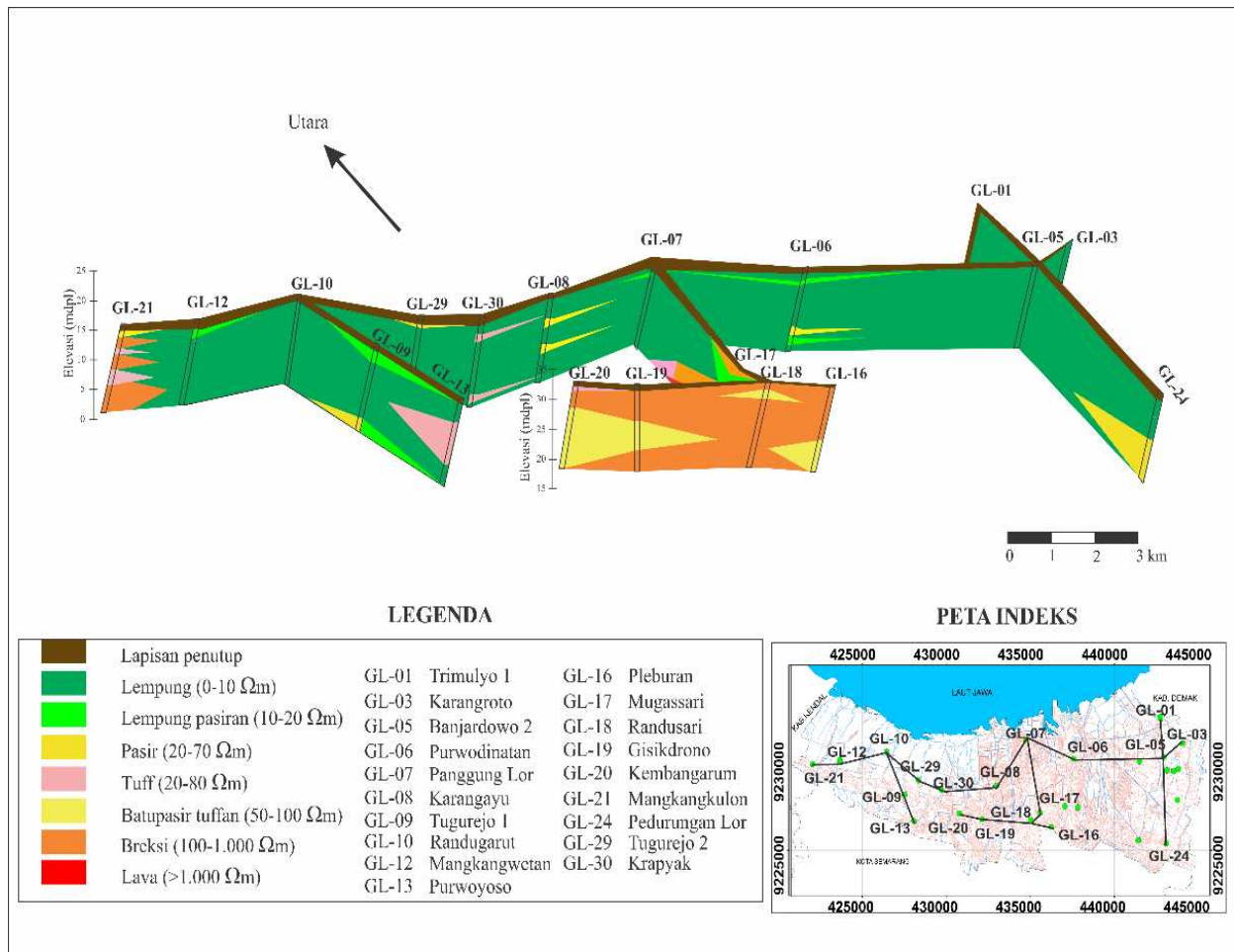
REKOMENDASI

Rekomendasi yang dilakukan terkait informasi mengenai persebaran pendugaan intrusi air laut pada dataran aluvial Kota Semarang yaitu : (a). Membatasi adanya kegiatan yang beresiko tinggi dalam pemenuhan kebutuhan sehari-hari untuk mengurangi pemanfaatan airtanah secara berlebihan; (b). Memanfaatkan daerah yang telah terintrusi air laut sebagai daerah tambak dalam kegiatan budidaya perikanan; (c). Melakukan pengawasan terkait dalam pengutamaan pola pembangunan yang dapat mengatasi atau mengurangi dampak intrusi air laut yang didukung dengan adanya peran dari Pemerintah Kota Semarang; (d). Melakukan pemanfaatan secara berkala dan memperhatikan kaidah dalam pengambilan airtanah; (e). Menambah wawasan mengenai pemanfaatan kualitas airtanah dalam upaya pencegahan terjadinya intrusi air laut.

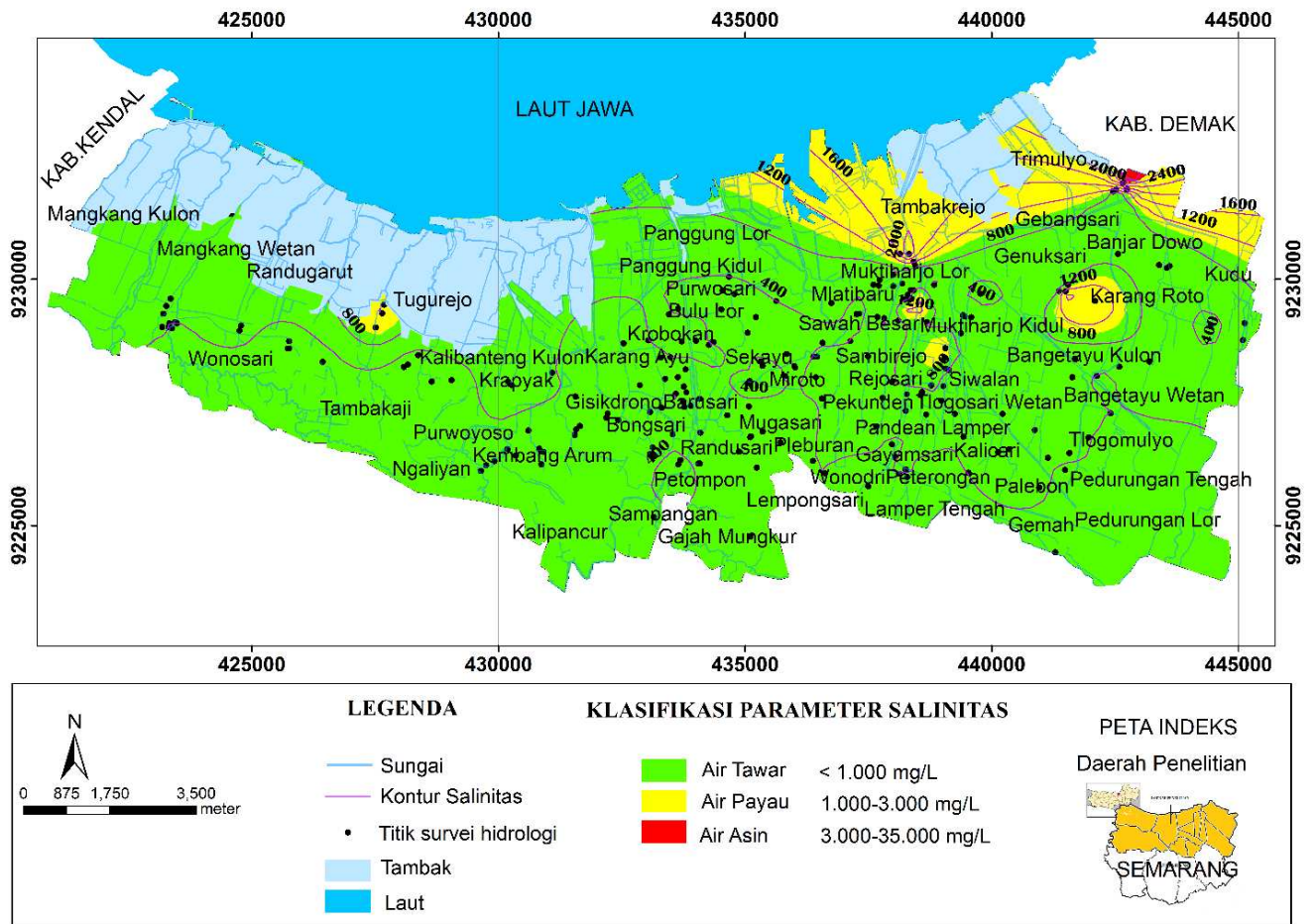
DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Rahmawati, N., Vuillaume, J. F., and Purnama, I. L. S. (2013) Salt Intrusion in Coastal and Lowland areas of Semarang City, *Journal of Hydrology*, Master in Planning and Management of Coastal Area and Watershed, Faculty of Geography, Gajah Mada University, Bulaksumur, Yogyakarta.
- [2]. Badan Pusat Statistika Kota Semarang, (2014) Tingkat Pertumbuhan Penduduk Kota Semarang, <https://www.bps.go.id/pendudukkotasemarang>, diakses pada April 2016.
- [3]. Nurwidyanto, I.M., Reyfana, T.A., dan Widada, S. (2006) Pemetaan Sebaran Airtanah Asin pada Akuifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah, *Jurnal Fisika Berkala*, volume 9, nomor 3 Juli 2006, halaman 137-143, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4]. Nisa, K., Yulianto, T., dan Widada, S. (2012) Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Zona Intrusi Air Laut di Kecamatan Genuk Semarang, *Jurnal Fisika Berkala*, volume 15, nomor 1 Januari 2012, halaman 7-14, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5]. Thanden, R.E., Sumadirdja, H., Richards, P.W., Sutisna, K., dan Amin, T.C. (1996) *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa*, Edisi ke-2, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [6]. Suharyadi (1984) *Geohidrologi (Ilmu Airtanah)*, Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.
- [7]. Effendi, H. (2003) *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, KANISIUS : Yogyakarta.

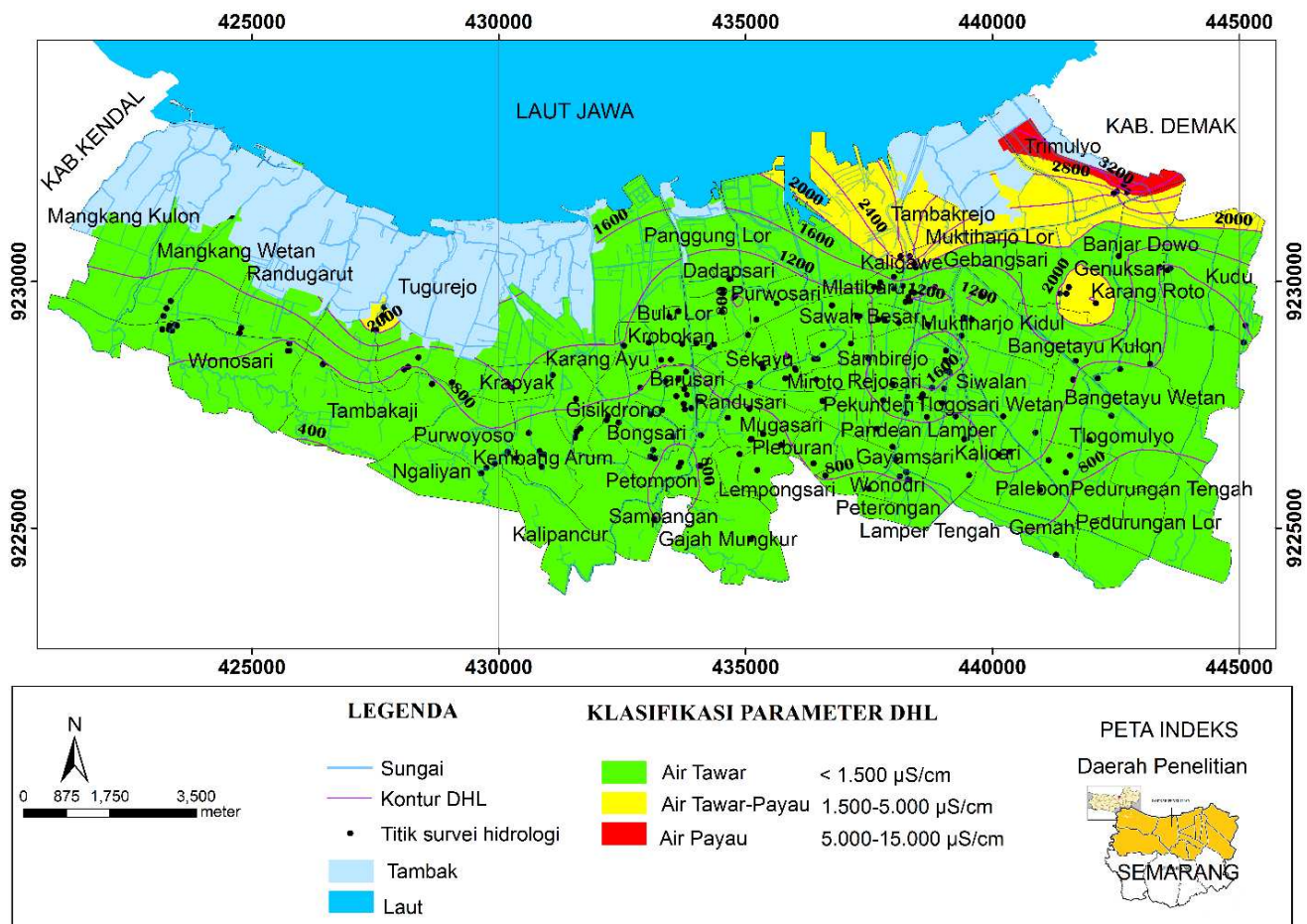
- [8]. Bouwer, H. (2001) *Groundwater Hydrology*, Int. Student Ed., McGraw Hill Kogakusha Ltd.
- [9]. Sutamiharja (2003) *Pesisir dan Pantai Indonesia VIII*, Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia : Jakarta.
- [10]. Saeni (1989) *Kimia Lingkungan*, Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- [11]. Hendrayana, H. (2002) *Intrusi Air Asin ke dalam Akuifer di Daratan*, Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.
- [12]. Broto, S., dan Rohima, S.A. (2008) Pengolahan Data Geolistrik dengan Metode Geolistrik Schlumberger, *Jurnal Teknik*, volume 29 nomor 2, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [13]. Telford, W.M., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.E. (1990) *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge University Press : Cambridge.
- [14]. Wijaya, L. (2009) Identifikasi Pencemaran Airtanah dengan Metode Resistivitas di Wilayah Ngringo Jaten Karanganyar, *Skripsi*, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.



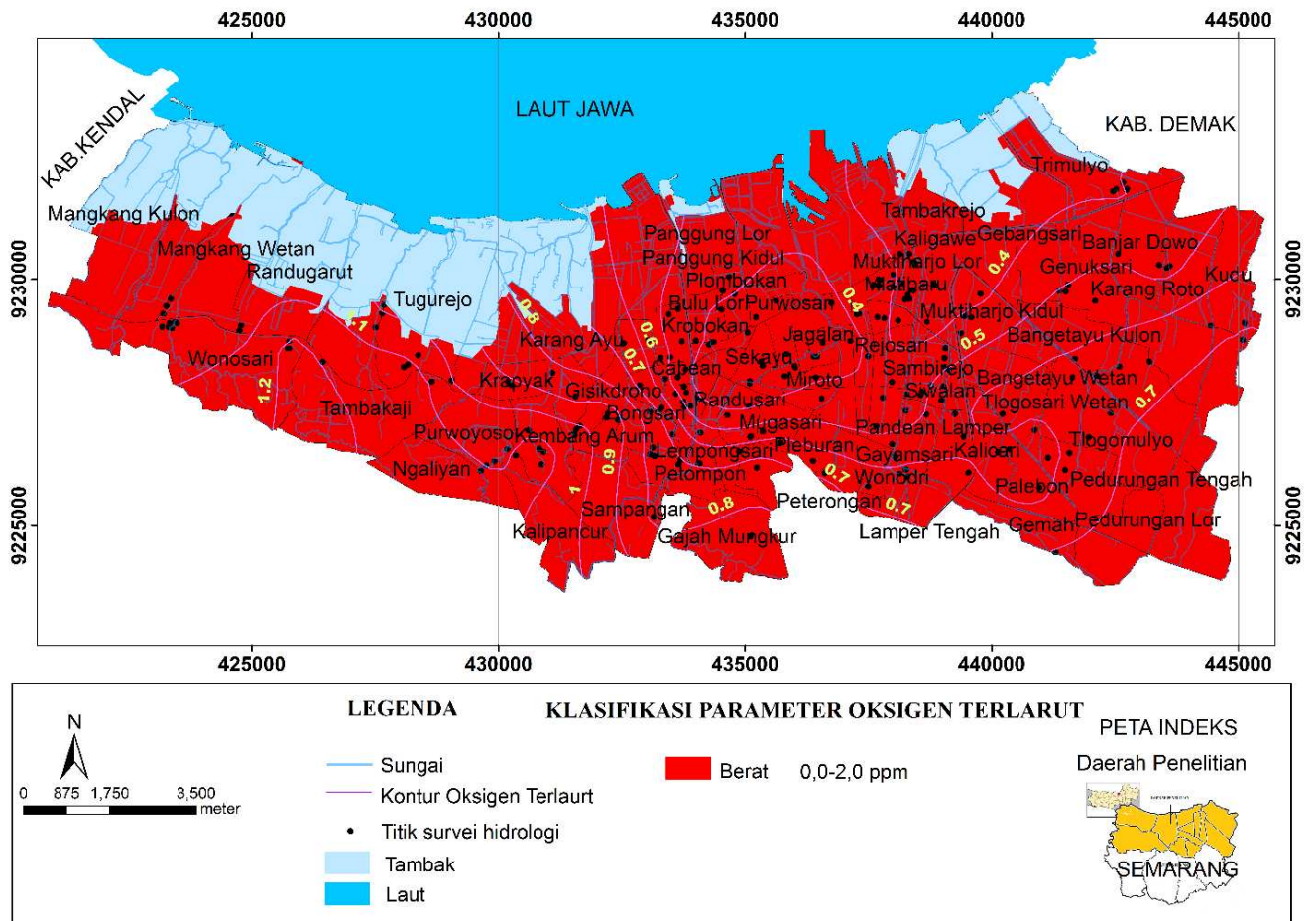
Gambar 2. Penampang Litologi



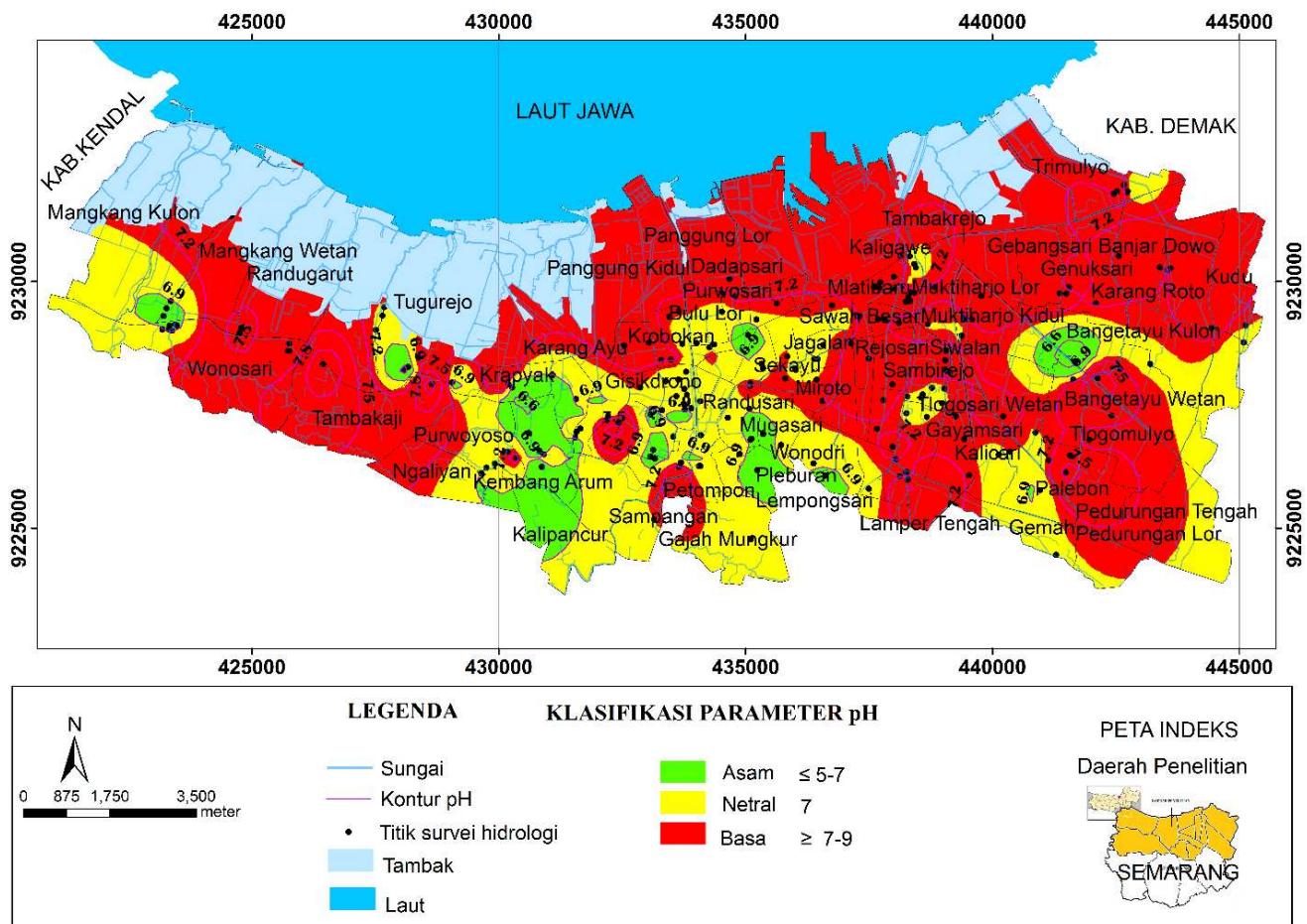
Gambar 3. Peta Kontur Sebaran Salinitas



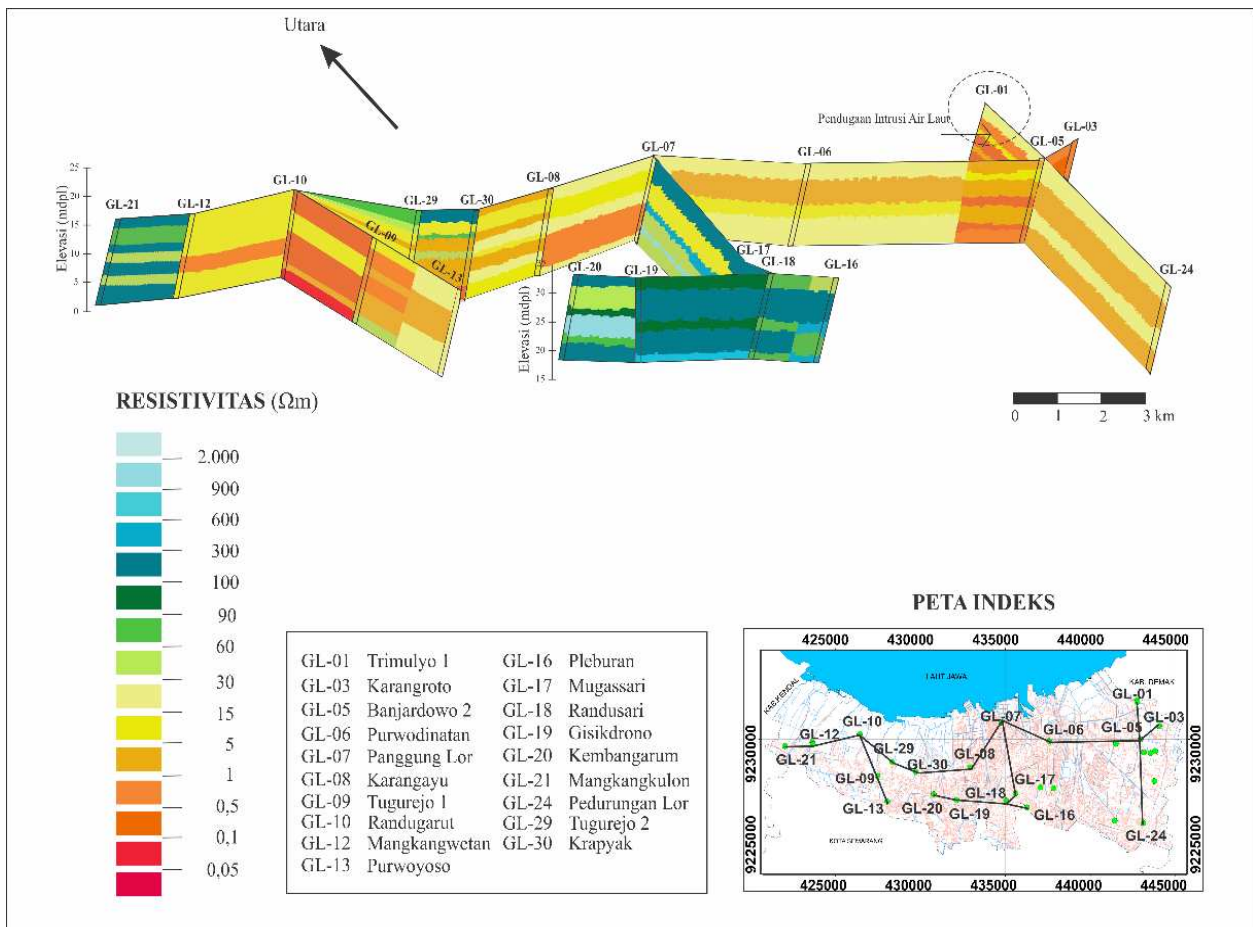
Gambar 4. Peta Kontur Sebaran Daya Hantar Listrik



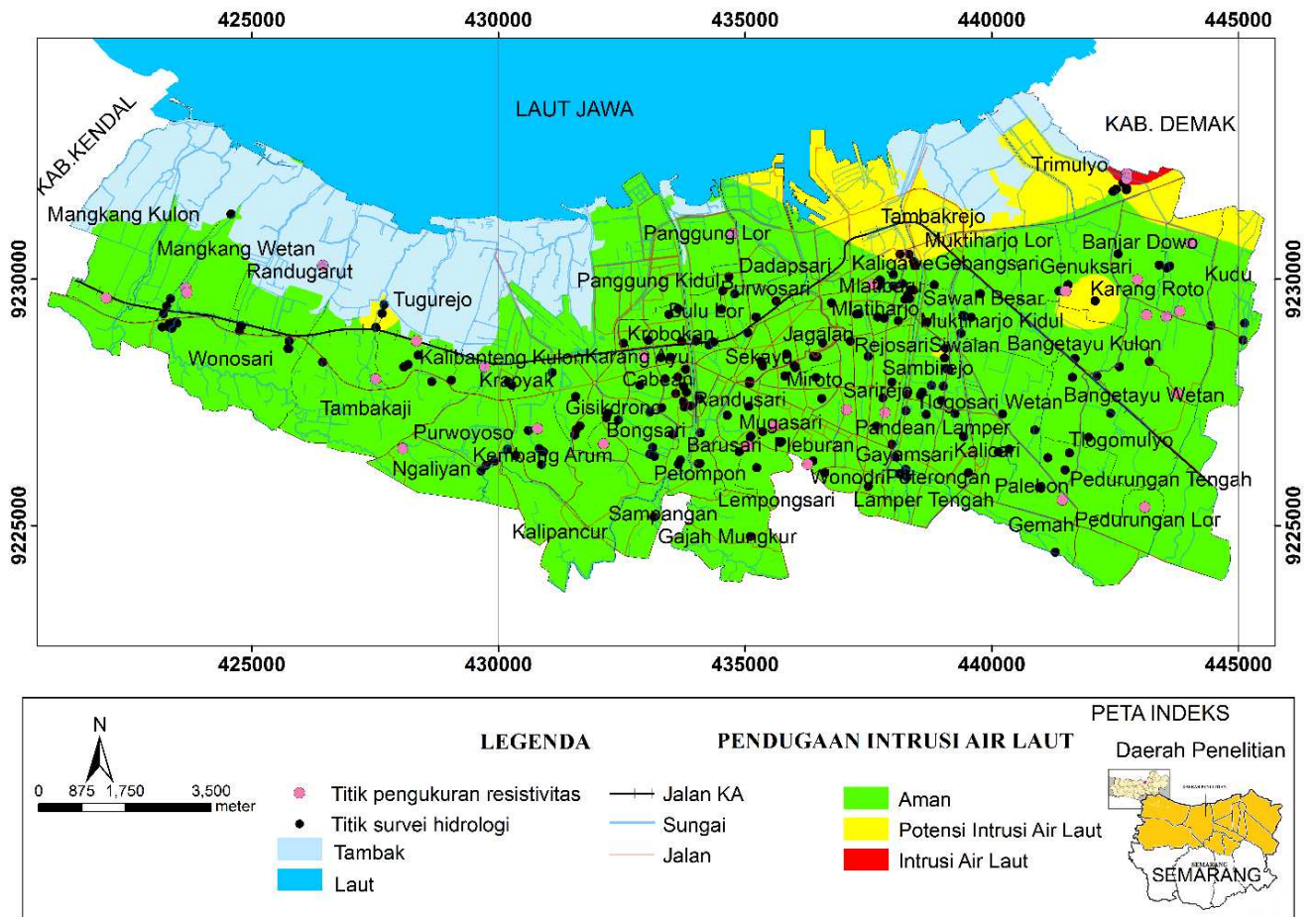
Gambar 5. Peta Kontur Sebaran Oksigen Terlarut



Gambar 6. Peta Kontur Sebaran pH



Gambar 7. Penampang Nilai Resistivitas



Gambar 8. Peta Sebaran Pendugaan Intrusi Air Laut berdasarkan Data Resistivitas dan Geokimia Airtanah di Dataran Aluvial Kota Semarang