

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Intusi Air Laut

Intrusi air laut merupakan proses penyusupan atau masuknya air laut ke dalam rongga-rongga batuan yang mencemari air tanah, sehingga menyebabkan berubahnya air tanah menjadi air payau atau air asin. Air tanah berasal dari air tawar yang mengalir ke laut melewati akuifer di daerah yang lebih rendah topografinya atau yang menjorok ke laut. Kebutuhan produktivitas air tanah yang meningkat menyebabkan aliran air tanah menjadi menurun. Air laut akan mengalir ke dalam sumur dan akan menyebabkan pencemaran air tanah (Putranto, dkk. 2009). Intrusi air laut sering terjadi pada saat air laut mendesak masuk ke dalam air tanah dan terjadi di daerah pesisir. Selain itu, intrusi air laut juga terjadi jika air laut pasang. Pada kondisi normal, air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan karena air tanah memiliki *piezometric* yang menekan lebih kuat dari pada air laut. Hal tersebut menyebabkan sehingga terbentuknya *interface* sebagai batas antara air tanah dengan air laut. Keadaan tersebut merupakan keadaan kesetimbangan antara air laut dan air tanah (Supriyadi, 1991).

2.1.1 Faktor intrusi air laut

1. Aktivitas Manusia

Aktivitas manusia sering berdampak terhadap kelestarian lingkungan. Manusia jarang sekali mempertimbangkan kelestarian alam sehingga mencemari lingkungan. Bentuk aktivitas manusia yang berdampak terhadap sumber daya air

adalah intrusi air laut, misalnya pemompaan air tanah (*pumping well*) yang dekat dengan pantai dan dilakukan secara berlebihan.

2. Faktor Batuan

Tiap-tiap akuifer tersusun atas batuan yang berbeda-beda. Akuifer yang tersusun dari batuan yang berbentuk pasir akan menyebabkan air laut lebih mudah masuk ke dalam air tanah. Kondisi tersebut diimbangi dengan kemudahan pengendalian intrusi air laut dengan banyak metode.

3. Karakteristik Pantai

Pantai berbatu memiliki pori-pori yang lebih besar dan bervariasi sehingga air laut dapat masuk ke dalam air tanah dengan mudah. Pengendalian air laut pada pantai berbatu dibutuhkan biaya yang besar sebab beberapa metode sulit dilakukan. Sementara itu, pantai bergisik atau berpasir memiliki tekstur pasir yang lebih porus. Pengendalian intrusi air laut pada pantai berpasir lebih mudah karena berbagai dapat dilakukan berbagai metode pengendalian.

4. Fluktuasi Air Tanah di Daerah Pantai

Intrusi air laut lebih mudah terjadi ketika fluktuasi air tanah tinggi dan kondisi air tanah berkurang. Air tanah rendah mengakibatkan terbentuknya rongga sehingga memudahkan air laut menekan dan mengisi cekungan atau rongga air tanah.

Apabila fluktuasinya tetap, maka akan terbentuk *interface* secara alami dan tetap. Intrusi air laut merupakan bentuk degradasi sumber daya air yang disebabkan oleh aktivitas manusia pada kawasan pantai. Dengan demikian, aktivitas manusia perlu diperhatikan, dibatasi, dan dikendalikan agar lingkungan tetap terkendali dengan baik (Purnama, 2000).

2.1.2 Dampak Intrusi Air Laut

Intrusi air laut berdampak signifikan terhadap penurunan lapisan tanah dan minimnya ketersediaan air bersih. Kondisi tersebut disebabkan oleh air tanah yang sudah terkontaminasi dengan air laut sehingga rasanya menjadi asin dan terjadinya pengkaratan pada logam dan besi. Dampak intrusi air laut tersebut dapat merugikan masyarakat sekitar.

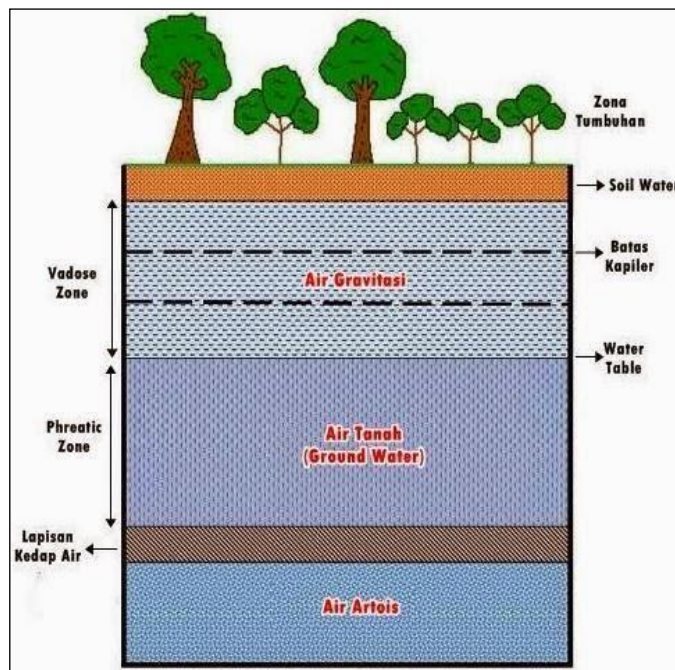
2.2 Sumber Air

2.2.1 Air Tanah

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer. Perbedaan air tanah dengan air permukaan adalah pergerakan sangat lambat dan waktu tinggal sangat lama yang dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun. Kondisi tersebut menyebabkan air tanah sulit untuk pulih kembali jika mengalami pencemaran.

Daerah saturasi adalah daerah di bawah yang terisi air pada daerah saturasi, setiap pori tanah dan batuan yang terisi air merupakan air tanah. Air tanah pada dasarnya berasal dari air hujan, yaitu melalui proses infiltrasi baik secara langsung maupun tidak langsung dari laut, danau, rawa, dan genangan air lainnya. Pengambilan air tanah akan mengubah aliran air tanah, bersama dengan keluarnya air dari akifer. Tekanan hidrostatik air tanah yang mengalami penurunan menyebabkan aliran air tanah dari laut akan mengisi daerah tersebut. Oleh karena itu, pengembalian air tanah di wilayah pesisir yang dilakukan secara berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya intrusi air laut. Selanjutnya, air tanah tersebut menjadi asin. Fenomena intrusi air laut berlangsung di wilayah pesisir perkotaan, yang intensitas pengambilan air tanahnya cukup besar (Effendi, 2003).

Pada daerah saturasi, setiap pori tanah terisi oleh batuan dan air, yang merupakan air tanah (*groundwater*). Batasan atas daerah saturasi disebut *watrtable* yang merupakan peralihan antara daerah saturasi yang banyak mengandung mata air dan daerah belum atau jenuh yang masih mampu menyerap air. Daerah saturasi berada di bawah daerah *unsaturated* yang dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Posisi air tanah (*groundwater*) (Effendi, 2003)

2.2.2 Air Laut

Air laut merupakan sebagian besar air yang terdapat di permukaan bumi. Persentase air laut di muka bumi adalah 80%. Kadar air laut ditentukan oleh beberapa reaksi kimia fisik dan biokimia yang terjadi di laut. Kadar air laut mengandung garam yang bermacam-macam pada setiap tempat. Contohnya di Laut Hitam mengandung kadar garam sangat tinggi dibandingkan dengan kadar garam di Samudra Pasifik (Gabriel, 2001). Rata-rata kandungan terbesar air laut

adalah kadar garam (NaCl) sebesar 3%. Oleh karena itu, air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum (Sutrisno, 2004).

2.3 Larutan

Larutan merupakan campuran homogen yang terdiri atas dua zat atau lebih. Suatu larutan terdiri atas zat terlarut (*solute*) dan pelarut (*solvent*). Zat yang jumlahnya banyak biasanya disebut pelarut. Sementara itu, zat yang jumlahnya sedikit disebut zat terlarut. Namun, kondisi tersebut tidak mutlak karena bisa saja zat yang lebih sedikit adalah pelarut, bergantung pada keperluannya. Dalam hal ini, pengertian yang biasa digunakan adalah pelarut dan terlarut. Terlarut adalah masa ion yang tersisa setelah mengalami pelarutan. Kandungan masa ion terlarut dalam air. Selama penentuan terlarut, sebagian besar bikarbonat yang merupakan anion utama perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida.

Persentase masa ion terlarut (Agrawal.1990), dengan rumus pada persamaan 2.1 dan persamaan 2.2 di bawah ini.

$\% \text{ massa ion terlarut B} = \frac{W_b}{\epsilon W_b} \times 100 \%$ [Persamaan 2.1]
--	-----------------------

Keterangan B = Jenis ion terlarut
W_b = Massa ion
εW_b = Rata-rata jumlah ion, dan

$\% \text{ Massa Tidak terlarut} = \% \text{ massa ion terlarut B} - 100 \%$[Persamaan 2.2]
--	----------------------

2.4 DHL

Daya Hantar Listrik (DHL) merupakan kemampuan suatu cairan untuk menghantarkan arus listrik (disebut juga konduktivitas). DHL pada air merupakan ekspresi numerik yang menunjukkan kemampuan suatu larutan untuk

menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu, makin banyak garam terlarut yang dapat terionisasi, makin tinggi pula nilai DHL. Besarnya nilai DHL bergantung pada ion-ion anorganik, valensi, suhu, dan konsentrasi total maupun relatifnya.

Pengukuran DHL bertujuan mengukur kemampuan ion-ion dalam air untuk menghantarkan listrik dan memprediksi kandungan mineral air. Pengukuran yang didasarkan pada kemampuan kation dan anion akan dapat menghantarkan arus listrik. Misalnya, pengukuran yang dialirkan dalam air dapat dijadikan sebagai indikator. Apabila makin besar nilai daya hantar listrik yang ditunjukkan pada konduktivimeter, maka makin besar pula kemampuan kation dan anion yang terdapat dalam air sebagai penghantar arus listrik. Hal tersebut mengindikasikan bahwa air tersebut terkandung banyak mineral.

Pengukuran DHL dapat digunakan konduktivimeter dengan satuan $\mu\text{s}/\text{cm}$. Prinsip kerja alat tersebut adalah ion yang terlarut dalam air berbanding lurus dengan daya hantar listrik. Batas waktu maksimum pengukuran yang direkomendasikan adalah dua puluh delapan hari (Effendi, 2003). Berikut manfaat pengukuran DHL.

- a. Menetapkan tingkat mineralisasi dan derajat disosiasi dari air destilasi.
- b. Memperkirakan efek total dari konsentrasi ion.
- c. Mengevaluasi pengolahan yang cocok dengan kondisi mineral air.
- d. Memperkirakan jumlah zat padat terlarut dalam air.

Nilai Daya Hantar Listrik (DHL) berhubungan erat dengan nilai total padatan terlarut atau disebut juga *Total Dissolved Solids* (TDS) (Tebbut dalam Effendi, 2003). Nilai TDS dapat diperkirakan dengan mengalikan nilai DHL

dengan bilangan 0,55-0,75 (*Canada Water Quality Guidelines* dalam Effendi, 2003). Klasifikasi jenis air tanah berdasarkan DHL (Suharyadi, 1984) dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Jenis Air Tanah Berdasarkan DHL

DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Jenis Air	Skor
<650	Air Tawar	1
650-1.500	Air Payau	2
>1.500	Air Asin	3

Sumber : Indahwati (2012)

2.7 pH

Derajat keasaman (pH) adalah suatu derajat keasaman yang menyatakan komposisi senyawa asam dan basa dan dinyatakan dengan satuan pH. Angka indeks yang digunakan berkisar dari nilai 0 sampai dengan 14. Nilai 7 zat tersebut bersifat netral. Jika nilai keasaman kurang dari 7, zat itu bersifat asam. Jika nilai keasaman lebih dari 7, zat tersebut bersifat basa dan akan lebih kuat. Keasaman merupakan sifat kimia pada air yang di dalam maupun di atas permukaan bumi. Dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini,

Tabel 2.2 Klasifikasi pH

pH	Klasifikasi	Skor
0-6,9	Asam	1
7	Netral	2
7,01-14	Basa	3

Sumber : Efendi (2003)

2.8 TDS

Jumlah garam terlarut adalah sifat kimia pada air yang dipengaruhi oleh banyaknya senyawa-senyawa garam yang terdapat pada air. Nilai TDS perairan sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah, dan pengaruh antropogenik (berupa limbah domestik dan industri). Kuantitas garam ini akan menentukan jenis air berdasarkan jumlah garam terlarut pada air tersebut (Effendi 2003), dapat dilihat Tabel 2.3 dibawah ini,

Tabel 2.3 Klasifikasi air berdasarkan jumlah garam terlarut (TDS)

Jumlah garam terlarut (mg/L)	Jenis Air	Skor
0-1.000	Air Tawar	1
1.001-3.000	Air Payu	2
3.001-10.000	Agak Asin	3
10.001-100.000	Asin	4

Sumber : Effendi (2003)

2.9 Klorida (Cl⁻)

Ion klorida adalah anion yang dominan di perairan laut. Sekitar $\frac{3}{4}$ dari klorin (Cl) yang terdapat di bumi berbentuk larutan. Unsur klor dalam air terdapat dalam bentuk ion klorida (Cl⁻). Kadar klorida yang tinggi berada pada air laut yang kadar kalsium dan magnesiumnya juga tinggi. Hal tersebut dapat meningkatkan sifat korosivitas air. Perairan yang demikian dapat mengakibatkan sifat korosivitas air dan perkaratan peralatan yang terbuat dari logam.

Batas maksimal konsentrasi klorida dalam air yang ditetapkan sebagai standar persyaratan oleh Depkes RI (2010) adalah 250 mg/L. Konsentrasi klorida dalam air dapat menyebabkan terjadinya kontak dengan air bekas secara tiba-tiba. Air laut mengandung klorida sekitar 19.300 mg/L. Kadar klorida, kalsium, dan magnesium yang tinggi dalam air laut dapat meningkatkan korosivitas air. Perairan demikian mengakibatkan terjadinya perkaratan peralatan yang terbuat dari logam.

Perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, termasuk air minum, pertanian, dan industri, sebaiknya memiliki kadar klorida lebih kecil dari 100 mg/L. Kadar klorida yang tinggi dapat berbahaya bagi kesehatan di antaranya dapat merusak atau korosif pada kulit dan peralatan. Selain itu, juga berpotensi merusak sistem pernafasan manusia (Effendi, 2003). Klasifikasi air tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Klasifikasi air berdasarkan Cl⁻

Jumlah garam terlarut (mg/L)	Kriteria	Skor
0-100	Baik	1
100-250	Sedang	2
>250	Tidak Baik	3

Sumber : Depkes RI (2010) dan Effendi (2003)

3.0 Natrium (Na⁺)

Natrium adalah salah satu unsur alkali utama yang ditemukan di perairan dan merupakan kation penting yang mempengaruhi kesetimbangan keseluruhan kation di perairan. Hampir semua senyawa natrium mudah larut dalam air dan bersifat sangat reaktif. Sumber utama dari laut adalah Na⁺ dan Cl⁻. Hampir semua perairan alami mengandung natrium dengan kadar yang bervariasi antara 1 mg/L hingga ribuan mg/L. Kadar natrium pada perairan laut mencapai 10.500 mg/L atau lebih. Satu liter air laut mengandung sekitar 30 gram NaCl yang terdiri atas ± 11 gram natrium (Cole dalam Effendi, 2003). Kadar natrium dalam air tawar alami kurang dari 50 mg/L, sedangkan pada air tanah dalam dapat lebih dari 50 mg/L. Pada *brine*, kadar natrium berkisar antara 25.000-100.000 mg/L (McNeely dalam Effendi, 2003). Jenis air berdasarkan jumlah Natrium (Na⁺) pada air dapat dilihat tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.5 Klasifikasi Air Berdasarkan Na⁺

Jumlah garam terlarut (mg/L)	Kriteria	Skor
0-50	Air Tawar	1
50-200	Air Tanah	2
200-11.000	Air Laut	3

Sumber: Effendi (2003)

2.10 Distribusi Spasial (Sistem Informasi Geografis atau SIG)

Pengertian sistem informasi geografis adalah suatu sistem berbasis komputer yang dapat digunakan untuk menangani data bereferensi geografis, yaitu: input data, pengolahan data, manipulasi, dan analisis keluaran. Sistem informasi geografis tersebut merupakan alat yang dapat dimanfaatkan untuk menangani data spasial yang tersimpan dalam format digital. Di samping itu, jumlah data yang besar dapat disimpan dan diambil kembali secara cepat (Aronoff dalam Purnaningtyas, 2005). Sistem informasi geografis adalah suatu sistem yang dirancang untuk mengerjakan atau menganalisis data spasial, yang terdiri atas subsistem masukan data, penyimpanan data, pengolahan data, dan keluarannya (Star dalam Purnaningtyas, 2005). Sistem informasi geografis berkembang sejak akhir tahun 1970-an. Pada awal perkembangannya, teknologi sistem informasi geografis ditekankan pada pengumpulan data dari sistem peta cetak (*hardcopy*) dan data tabular atau numerik yang terkait ke suatu sistem basis data spasial digital (*softcopy*). Di masa yang akan datang, penggunaan teknologi sistem informasi geografis lebih ditekankan pada analisis data.

2.11 Skoring

Skoring adalah pemberian skor pada tiap kelas di masing-masing parameter. Pemberian skor didasarkan pada pengaruh kelas tersebut terhadap kejadian. Makin besar pengaruhnya terhadap kejadian, maka makin tinggi nilai skornya (Sudijono dalam Darmawan, dkk., 2017).

2.12 Tumpang Tindih (*Overlay*)

Overlay adalah prosedur penting dalam analisis sistem informasi geografis (SIG). *Overlay* yaitu kemampuan untuk menempatkan grafis satu peta di atas grafis peta yang lain dan menampilkan hasilnya di layar komputer atau pada plot. Secara singkat, *overlay* menampilkan suatu peta digital pada peta digital yang lain beserta atribut-atributnya dan menghasilkan peta gabungan keduanya yang memiliki informasi atribut dari kedua peta tersebut. *Overlay* merupakan proses penyatuan data dari lapisan *layer* yang berbeda. Secara sederhana, *overlay* disebut sebagai operasi visual yang membutuhkan lebih dari satu *layer* untuk digabungkan secara fisik. *Overlay union* yaitu menggabungkan fitur dari sebuah tema *input* dengan poligon dari tema *overlay* untuk menghasilkan *output* yang mengandung tingkatan atau kelas atribut (Guntara dalam Darmawan, dkk, 2017).

2.13 Statistika

Analisis statistika dalam penelitian ini digunakan *software* SPSS dan bantuan *Microsoft Excel* 2010. Data yang digunakan dari uji laboratorium yang meliputi pH, TDS, DHL, Cl⁻ dan Na⁺ (y) dan (x) jarak dari garis pantai menuju daerah penelitian. Dengan menggunakan *multiple regresi* yang digunakan untuk memperoleh satu variabel yang berpengaruh dan menghilangkan variabel yang kurang berpengaruh diberi skor tiga, sedangkan untuk nilai yang berada di bawah ambang batas diberi skor dua, dan skor satu diberikan untuk nilai yang tidak berpengaruh.

2.14 Mitigasi

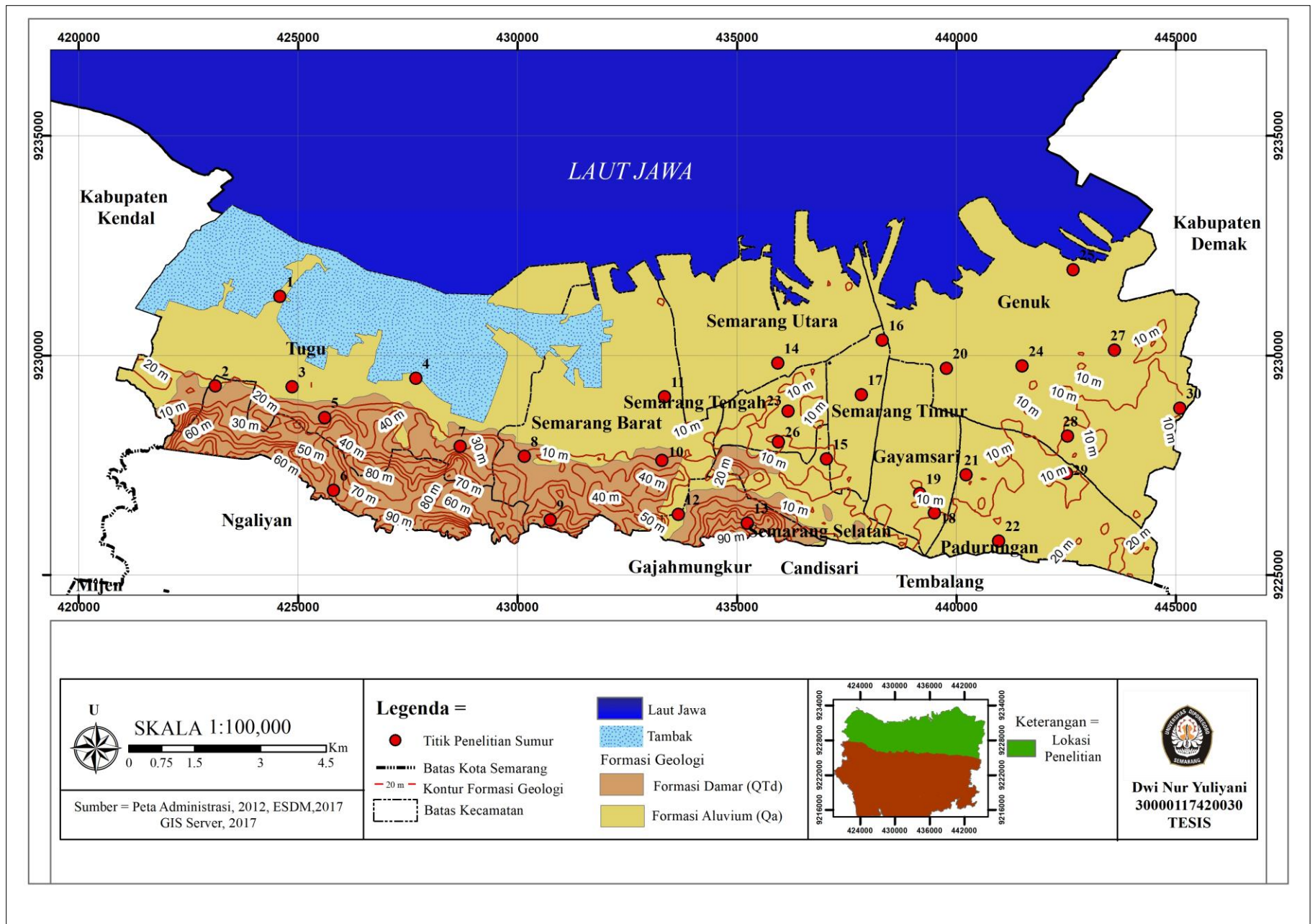
Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Pasal 1 ayat 6 PP No 21 Tahun 2008 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana).

2.15 Hipotesis

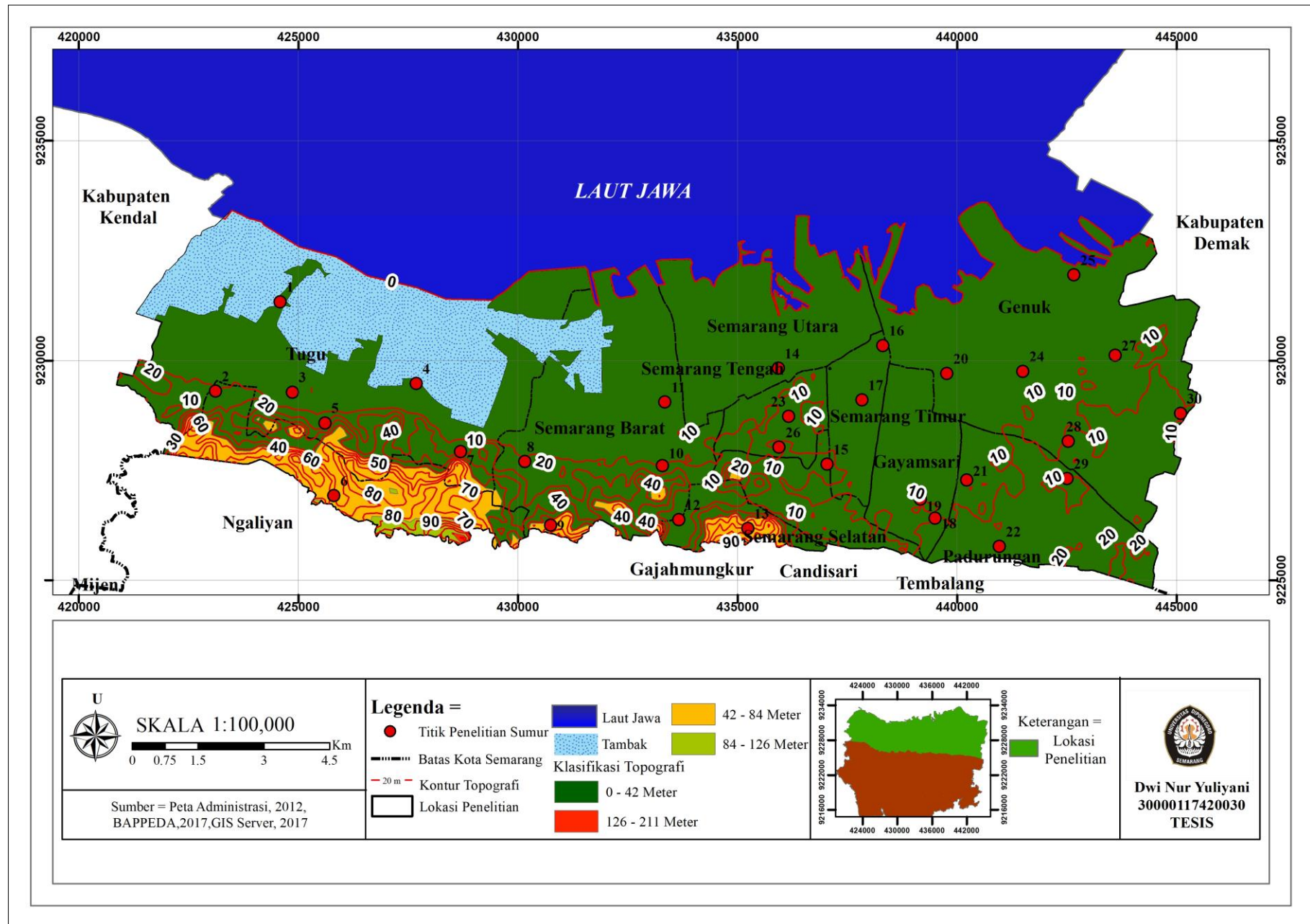
Hipotesis dalam penelitian ini merupakan dugaan sementara yang didasarkan pada teori. Berikut tiga hipotesis dalam penelitian ini.

1. Parameter lingkungan (jarak, DHL, TDS, Na^+ dan Cl^-) yang lebih dominan terhadap hubungan jarak garis pantai adalah Cl^- dan Na^+ . Jadi, dapat diketahui bahwa H_0 dari kedua parameter tersebut diterima, jika $\text{Sig.} > 0,05$.
2. Kecamatan yang memiliki persentase masa ion paling tinggi dari komponen ion terlarut dan tidak terlarut pada Cl^- adalah Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Genuk, dan Na^+ pada Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Semarang Timur, dan Kecamatan Genuk.
3. Dari hasil penghitungan dengan metode *skoring* pada spasial dengan parameter lingkungan (Jarak, DHL, TDS, Na^+ dan Cl^-) diketahui bahwa daerah yang memiliki kategori zona intrusi adalah Kecamatan Tugu dan Kecamatan Genuk.

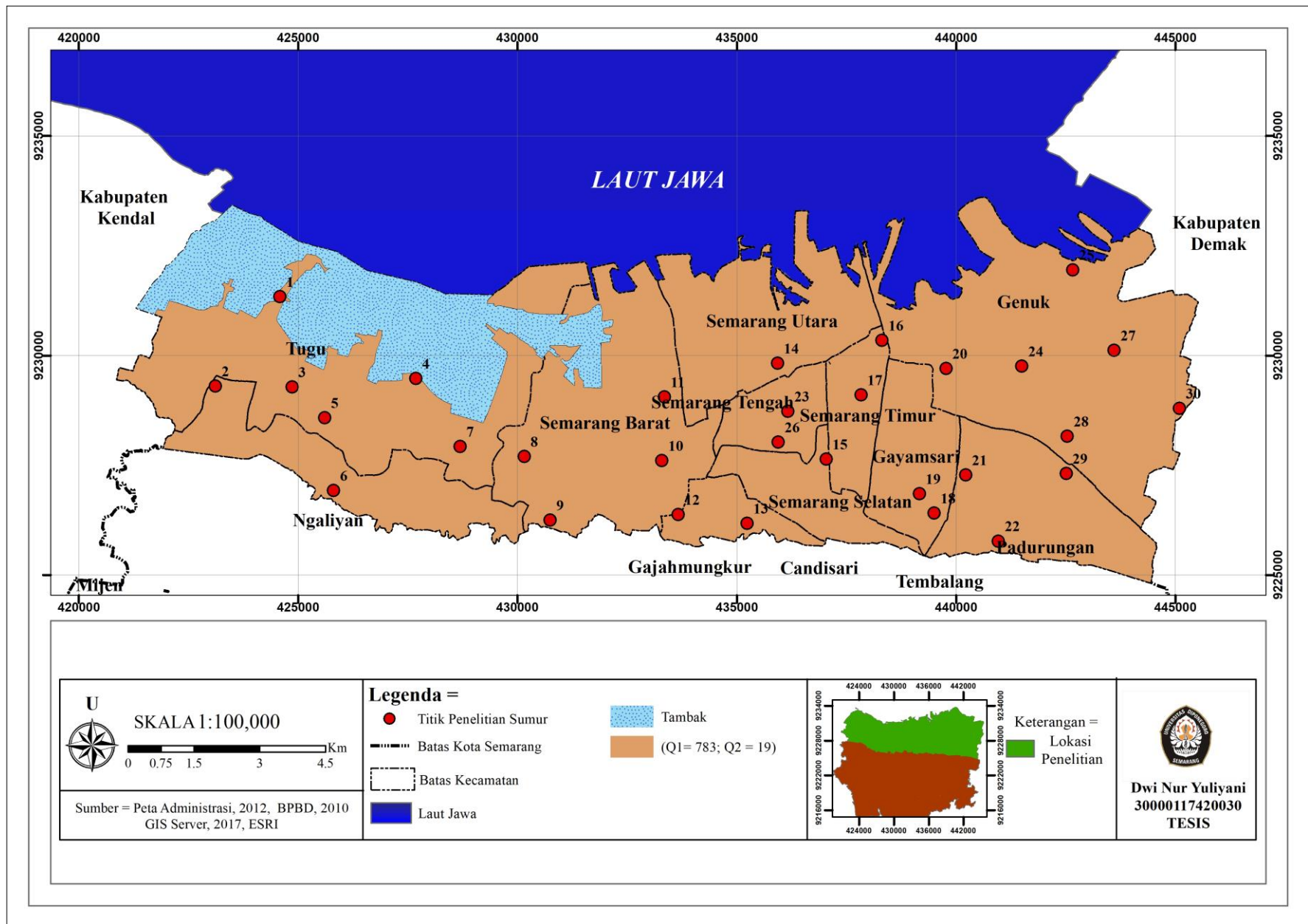
Berikut data sekunder penelitian ini yang dapat dilihat pada gambar 2.2, gambar 2.3, dan gambar 2.4.



Gambar 2.2 Peta Geologi Regional Kota Semarang



Gambar 2.3 Peta Topografi Kota Semarang



Gambar 2.4 Peta Cekungan Air Tanah Kota Semarang Tahun 2018