

**ANALISIS KORELASI PERKEMBANGAN KOTA SEMARANG
TERHADAP PERUBAHAN PENGGUNAAN AIR TANAH**

Yonanda Simarsoit*), Yudo Prasetyo, Andri Suprayogi

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : yonandasiamrsoit@gmail.com*)

ABSTRAK

Data dari PDAM Kota Semarang menunjukkan total pemakaian air di Kota Semarang sebanyak 34.277.257 m³ pada tahun 2008, dimana 87% digunakan untuk kebutuhan rumah tangga. Penelitian ini mengkaji perkembangan suatu wilayah dengan data penggunaan air tanah dari tahun 2014 hingga 2018. Kota Semarang sebagai wilayah yang diteliti oleh penulis.

Penelitian ini menggunakan Citra Landsat tahun 2014 hingga 2018 untuk melihat daerah permukiman dan industri di Kota Semarang yang dilihat secara multitemporal. Hasil perubahan daerah permukiman dan industri dikorelasikan dengan perubahan air tanah di Kota Semarang.

Perubahan air tanah dangkal dengan perubahan kepadatan permukiman memiliki korelasi yang sangat tinggi. Penelitian peroleh korelasi pada tahun 2014 ke tahun 2015 korelasi air tanah dangkal dengan permukiman sebesar 65,92% untuk korelasi sangat tinggi dan 21,20% untuk korelasi tinggi, tahun 2015 ke 2016 sebesar 50,56% untuk korelasi sangat tinggi dan 10,96% untuk korelasi tinggi, tahun 2016 ke 2017 sebesar 36,89 % untuk korelasi sangat tinggi dan 24,89% untuk korelasi tinggi dan tahun 2017 ke 2018 sebesar 65,23% untuk korelasi sangat tinggi dan 22,11% untuk korelasi tinggi. Korelasi perubahan air tanah dalam dengan kawasan industri memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan koefisien korelasi sebesar 0,909 dari interval 0 sampai 1.

Kata Kunci : Air Tanah, Citra Landsat, Korelasi, Kota Semarang.

ABSTRACT

Data from Semarang Water Company shows the total water usage in Semarang is 34,277,257 m³ in 2008, which was 87% for household. This research examines region development using groundwater data. Semarang City was used as the research area by the author with a span of time from 2014 to 2018.

This research uses Landsat Satellite Imagery from 2014 to 2018 to look for residential and industrial areas in Semarang City which are seen multitemporally. The result of changes in residential and industrial areas were correlated with changes of groundwater in Semarang.

The changes of shallow groundwater with changes of residential density have a very high correlation. From the research, it is obtained correlation in 2014 to 2015 between shallow groundwater and residential density is 65,92% for very high correlation and 21,20% for high correlation, 2015 to 2016 is 50,56% for very high correlation and 10,96% for high correlatin, 2016 to 2017 is 36,89% for very high correlation and 24,89% for high correlation and 2017 to 2018 is 65,23% for very high correlation and 22,11% for high correlation. The correlation between changes of deep groundwater and industrial areas have a very high correlation with the coefficient is 0,909 from intervals 0 to 1.

Keyword : Correlation, Groundwater, Landsat Satellite Imagery, Semarang City.

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Bumi memiliki volume air yang sangat banyak, tetapi yang bisa digunakan untuk kebutuhan sehari-hari hanyalah sebagian kecil. Hampir tiga perempat (70%) luas permukaan bumi terdiri dari air (Abdullah dkk, 2006). Air sangat dibutuhkan untuk keberlangsungan kehidupan manusia. Selain untuk minum, air juga digunakan untuk mencuci, mandi, masak dan menyiram tanaman (Umi, 2016). KEPMENTAMBEN No. 3/1983 (Arsyad dan Rustiadi, 2008) menjelaskan manfaat air digunakan untuk minum, pelayanan kesehatan dan sanitasi, industri, peternakan dan pertanian sederhana, irigasi, pertambangan, air perkotaan dan untuk keperluan lain. Setiap orang disarankan untuk minum 1,5 hingga 2 liter air bersih perhari. Oleh karena air tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia, maka banyak manusia yang memilih untuk bertempat tinggal di kawasan perairan agar lebih dekat dengan sumber air.

Pemikiran dan teknologi yang semakin maju membuat orang-orang tidak harus hidup di sekitar sumber perairan. Manusia mencari sumber air tanah dan membuat sumur, bahkan kini air dapat dialirkan ke masing-masing rumah pada permukiman penduduk. Hal ini menunjukkan air begitu mempengaruhi kehidupan manusia dan juga untuk perkembangan suatu wilayah. Sekalipun ketersediaan air sangatlah banyak, pemanfaatannya harus dilakukan dengan bijaksana agar dikemudian hari tidak terjadi krisis air tanah dan menghambat perkembangan wilayah, baik desa, kota bahkan sebuah negara. Sekalipun ketersediaan air hanyalah sebagai salah satu faktor, hal tersebut tidak dapat diabaikan. Ketersediaan sumber daya merupakan hal lain yang mempengaruhi perkembangan suatu daerah. Negara Indonesia termasuk wilayah yang sangat kaya akan sumber daya alam dan memiliki ketersediaan air yang melimpah. Setiap harinya daerah yang ada di Indonesia terus mengalami perkembangan.

Penelitian ini mengkaji arah perkembangan suatu wilayah dengan data penggunaan air tanah. Kota Semarang sebagai wilayah yang akan diteliti oleh penulis, dengan rentang waktu dari tahun 2014 hingga 2018. Penulis ingin mengetahui korelasi antara penggunaan air tanah dengan perkembangan Kota Semarang, yang nantinya diharapkan dapat menambah pemahaman sehingga pemanfaatan air dapat dilakukan dengan lebih bijaksana. Korelasi menggunakan Penelitian ini memanfaatkan citra satelit, sedangkan keluarannya adalah peta pola perkembangan Kota Semarang, dan peta korelasi perkembangan Kota Semarang terhadap perubahan penggunaan air tanah.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana pola perkembangan Kota Semarang pada tahun 2014-2018 menggunakan data citra Landsat 8?
2. Bagaimana perubahan penggunaan air tanah Kota Semarang pada tahun 2014-2018?
3. Bagaimana analisis hasil korelasi antara permukiman dan industri Kota Semarang

dengan perubahan penggunaan air tanah pada tahun 2014-2018?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah

- a. Mengetahui pola perkembangan Kota Semarang dalam tahun 2014-2018.
- b. Mengetahui besarnya penggunaan air tanah yang digunakan di Kota Semarang pada kurun waktu 2014-2018.
- c. Memperoleh korelasi permukiman dan industri dengan besarnya perubahan kedalaman air tanah di Kota Semarang.

2. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah

- a. Segi Keilmuan

No	Data	Tahun	Sumber
1.	Citra Landsat Kota Semarang	2014-2018	https://glovis.usgs.gov/
2.	Data Air Tanah Kota Semarang	2014-2018	Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Kota Semarang
3.	Data Jumlah Penduduk Kota Semarang	2014-2018	Badan Pusat Statistik Kota Semarang
4	Data vektor administrasi Kota Semarang	2011	BAPPEDA Kota Semarang
5	Peta CAT Semarang-Demak	2018	Dinas ESDM Kota Semarang

Menambah pengetahuan mengenai pengolahan citra untuk mempresentasikan data lapangan. Memberikan informasi tambahan mengenai klasifikasi penggunaan lahan dan perkembangan kota berdasarkan citra

b. Segi Kerekayasaan

Penelitian ini diharapkan menjadi referensi pihak pemerintahan Kota Semarang dan pihak lainnya untuk menyeimbangkan perkembangan kota. Sehingga perkembangan kota dapat lebih merata.

I.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Daerah penelitian dilakukan di Kota Semarang dengan menganalisis korelasi permukiman dan industri Kota Semarang dengan arah perubahan penggunaan air tanah.
2. Kajian arah perkembangan kawasan industri Kota Semarang ditentukan menggunakan *Standard Deviation Ellipse*.
3. Penelitian ini menggunakan data air tanah akuisisi pada tahun 2014-2018 untuk air dalam dan untuk air dangkal menggunakan akuisisi data tahun 2016 dan 2018 yang telah tersedia.
4. Penelitian ini hanya mengkaji korelasi arah perkembangan Kota Semarang berdasarkan tingkat penggunaan air tanah dan faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan air tanah seperti daya dukung lahan, cuaca dan bencana tidak dikaji.

5. Verifikasi tutupan lahan dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi *supervised* dengan visual dari Google Earth .
6. Keluaran dari penelitian tugas akhir ini adalah peta pola perkembangan Kota Semarang dan peta korelasi permukiman dan industri Kota Semarang terhadap perubahan penggunaan air tanah skala 1:100.000.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut :

I.5.1 Wilayah Penelitian

Area studi penelitian ini adalah di Kota Semarang, Jawa Tengah. Kota Semarang berada antara 6°50' - 7°10' LS dan 109°35' - 110°50' BT dengan luas wilayah 373.70 km².

I.5.2 Peralatan dan Data Penelitian

1. Peralatan :
 - A. Perangkat Keras :
 - a. Laptop Core i5, RAM 8GB
 - b. Printer
 - B. Perangkat Lunak :
 - a. Software Quantum GIS 2.18.20
 - b. Software ArcGIS 10.5
 - c. Microsoft Office
2. Data penelitian :
 Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel II.1.

Tabel II.1 Data Penelitian

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Supervised classification

Supervised classification adalah klasifikasi dengan menggunakan *input* objek yang dipilih oleh operator sebagai contoh untuk mengklasifikasikan objek yang memiliki karakter yang sama dengan objek yang dipilih tersebut. Pemilihan objek sampel pada suatu piksel dalam lokasi geografis disebut sebagai *training area*. Pada klasifikasi terbimbing hal yang harus diperhatikan adalah kriteria sampel (*training area*) yang dipilih. Pada *supervised classification* proses yang dilakukan adalah pengenalan objek oleh komputer berdasarkan kecenderungan piksel yang sama dengan sampel yang dipilih (Danoedoro, 2012).

II.2 Interpolasi IDW

Metode IDW memiliki pengaruh yang bersifat lokal yang berkurang terhadap jarak yang memberikan bobot yang lebih besar pada sel yang terdekat dibandingkan dengan sel yang lebih jauh. Metode ini memiliki asumsi bahwa setiap titik *input* mempunyai pengaruh yang bersifat lokal yang berkurang terhadap jarak. Pada metode interpolasi ini kita dapat menyesuaikan pengaruh relative dari titik-titik sampel. Nilai *power* pada interpolasi IDW menentukan pengaruh terhadap titik-titik masukan, dimana pengaruh akan lebih besar pada titik-titik yang lebih dekat sehingga menghasilkan permukaan yang lebih detail. Pengaruh akan lebih kecil dengan bertambahnya jarak dimana permukaan yang dihasilkan kurang detail dan terlihat lebih halus. Jika nilai *power* diperbesar berarti nilai keluaran (*output*) sel menjadi terlokalisasi

dan memiliki nilai rata-rata yang rendah. Penurunan nilai *power* akan memberikan keluaran dengan rata-rata yang lebih besar karena memberikan pengaruh untuk area yang lebih luas. Jika nilai *power* diperkecil, maka dihasilkan permukaan yang lebih halus. Bobot yang digunakan untuk rata-rata adalah turunan fungsi jarak antara titik sampel dan titik yang diinterpolasi (Philip dan Watson, 1982 dalam Pasaribu dan Haryani, 2012).

II.3 Korelasi

Kuat lemah hubungan diukur menggunakan jarak (*range*) 0 sampai dengan 1. Korelasi mempunyai kemungkinan pengujian hipotesis dua arah (*two tailed*). Korelasi searah jika nilai koefisien korelasi positif, sebaliknya jika nilai koefisien negatif, korelasi disebut tidak searah. Koefisien korelasi ialah suatu pengukuran statistik kovariansi atau asosiasi antara dua variabel. Jika koefisien korelasi ditemukan tidak sama dengan nol (0), maka terdapat hubungan antara dua variabel tersebut. Jika koefisien korelasi ditemukan +1, maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (*slope*) positif. Sebaliknya, jika koefisien korelasi ditemukan -1, maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (*slope*) negative.

Pada korelasi sempurna tidak diperlukan lagi pengujian hipotesis mengenai signifikansi antar variabel yang dikorelasikan, karena kedua variabel mempunyai hubungan linear yang sempurna. Artinya variabel X mempunyai hubungan sangat kuat dengan variabel Y. Jika korelasi sama dengan nol (0), maka tidak terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel, Sarwono (2006) memberikan kriteria sebagai berikut:

1. 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel,
2. >0 - 0,25 : Korelasi sangat lemah,
3. >0,25 - 0,5 : Korelasi cukup,
4. >0,5 - 0,75 : Korelasi kuat,
5. >0,75 - 0,99: Korelasi sangat kuat
6. 1 : Korelasi sempurna.

III. Metodologi Penelitian

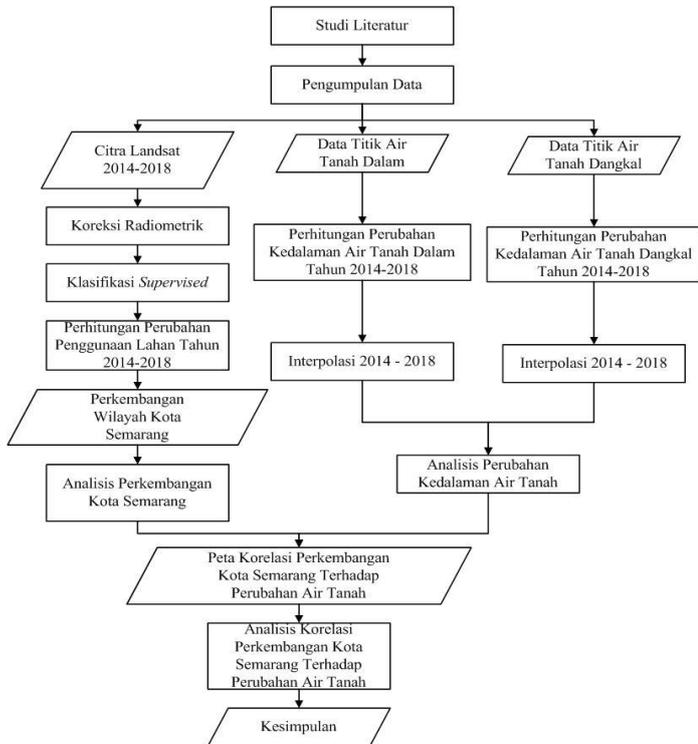
Secara umum, prosedur pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar III.1.

III.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan terdiri dari kegiatan studi literatur, survei objek dan persiapan alat yang dideskripsikan sebagai berikut :

1. Studi Literatur
 Studi literatur dilakukan sebagai tahapan awal dari penelitian untuk mencari berbagai sumber yang berkaitan dan membantu proses penelitian. Studi literatur juga menjadi referensi dan dasar dalam penyelesaian penelitian.
2. Pengumpulan Data Penelitian
 Pengumpulan data merupakan tahapan dari persiapan penelitian. Setelah melakukan studi literatur, penulis dapat menganalisis data-data

yang diperlukan dalam proses penyelesaian penelitian kemudian mengumpulkan data-data tersebut. Penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu data primer dan data sekunder. Seluruh data penelitian digunakan sebagai masukan awal yang kemudian diproses dan mendapatkan hasil akhir yang diharapkan.



Gambar III-1 Diagram Alir Penelitian

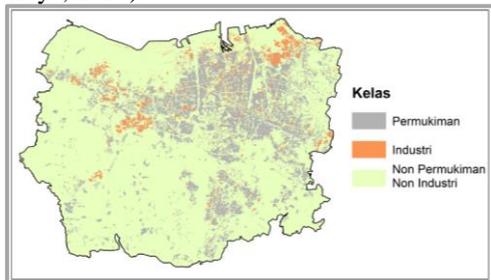
III.2 Klasifikasi Citra

III.2.1 Penentuan Training Area

Penentuan *training area* dilakukan pada citra yang telah dipotong. Pengambilan sampel (*training area*) dilakukan dengan *software* Quantum GIS. Penentuan *training area* menggunakan menu *semi-automatic classification plugin* (SCP). Pemilihan *training area* dilakukan dengan menggunakan *tool Region Of Interest* (ROI) dengan membuat poligon-polygon pada kelas yang sama.

III.2.2 Uji Akurasi Klasifikasi Citra

Hasil akurasi berupa matriks konfusi akan otomatis ditampilkan dan juga tersimpan dalam bentuk *.csv. Klasifikasi yang ditampilkan dikatakan dapat diterima jika *overall accuracy* lebih dari akurasi yang biasanya direkomendasikan yaitu sebesar 85% (Adefioye, 2014).



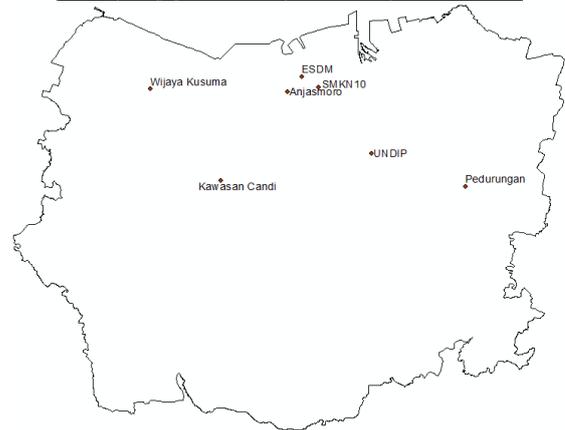
Gambar III-2 Hasil Klasifikasi Tahun 2014

III.3 Pengolahan Air Tanah

III.3.1 Pengolahan Air Tanah Dalam

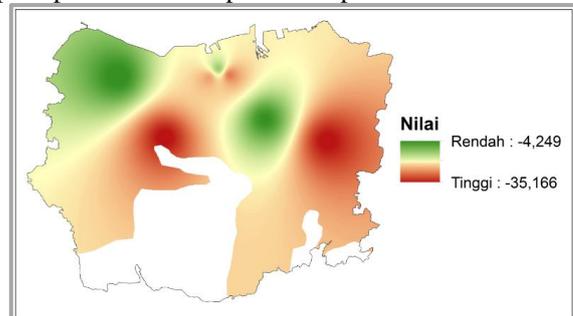
Tabel III-1 Daftar Sumur Pantau Kota Semarang

No.	Nama Stasiun	Koordinat Geografis	
		LS	BT
1.	Anjasmoro	-6,96852	110,38837
2.	ESDM	-6,96225	110,39457
3.	Kawasan Candi	-7,00684	110,3601
4.	Pedurangan	-7,00947	110,46433
5.	SMKN10	-6,96659	110,40185
6.	UNDIP	-6,99519	110,4243
7.	Wijaya Kusuma	-6,96737	110,330091



Gambar III-3 Persebaran Sumur Pantau Kota Semarang

Data air tanah dalam Kota Semarang berupa sumur pantau yang tersebar pada 7 titik di kota Semarang. Data titik-titik sumur pantau yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel III-1.

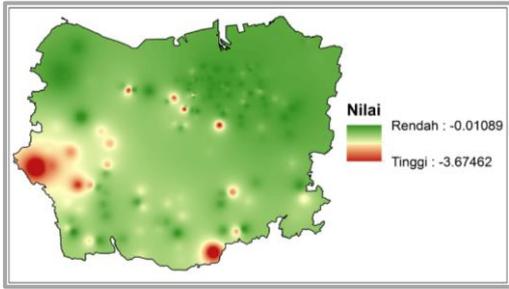


Gambar III-4 Hasil Interpolasi Data Air Tanah Dalam Kota Semarang Tahun 2014

Interpolasi dilakukan terhadap muka air tanah tiap titik pada tahun 2014 hingga 2018 dengan menggunakan metode *IDW* (*Inverse Distance Weighted*).

III.3.2 Pengolahan Air Tanah Dangkal

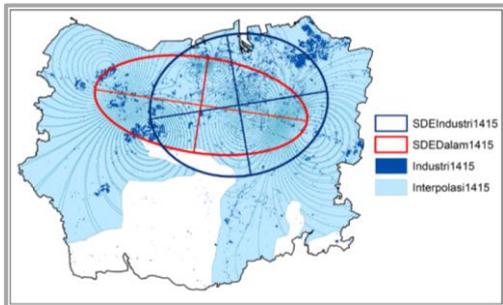
Data air tanah dangkal yang dimaksud dalam penelitian ini berupa kedalaman dari sumur gali warga pada Kota Semarang. Hasil perhitungan perubahan kedalaman air tanah dangkal diinterpolasi dengan metode *IDW* pada ArcMap. Sama seperti interpolasi muka air tanah sumur pantau, hasil interpolasi pada data ini juga mendapatkan hasil yang paling baik dengan metode *IDW*.



Gambar III-5 Hasil Interpolasi Perubahan Kedalaman Tahun 2014 ke 2015

III.3.3 Korelasi Air Tanah Dalam Dengan Daerah Industri

Hasil interpolasi air tanah dalam dikorelasikan dengan hasil klasifikasi industri dari tahun 2014 hingga 2018. Korelasi tersebut melihat arah distribusi juga pusat kecondongan data dan dilakukan dengan menggunakan *Standard Deviatonal Ellipse* pada *ArcToolbox*.



Gambar III-6 Hasil *Standard Deviatonal Ellipse* Perubahan Kedalaman Air

III.3.4 Korelasi Air Tanah Dangkal Dengan Permukiman

Perubahan kedalaman muka air tanah Kota Semarang dibagi menjadi empat kelas. Pengkelasannya dapat dilihat pada Tabel III-2.

Tabel III-2 Pengkelasan Perubahan Kedalaman Muka Air Tanah

Kelas	Penurunan Muka Air Tanah
Rendah	Penurunan Muka Air Tanah <25%
Sedang	Penurunan Muka Air Tanah 25% sampai 50 %
Tinggi	Penurunan Muka Air Tanah 50% sampai 75 %
Sangat Tinggi	Penurunan Muka Air Tanah >75%

Perubahan kepadatan permukiman yang telah di klasifikasi menjadi empat kelas kemudian di *overlay* dengan perubahan kedalaman muka air tanah Kota Semarang. Tingkat korelasi dapat dilihat dari Tabel III-3.

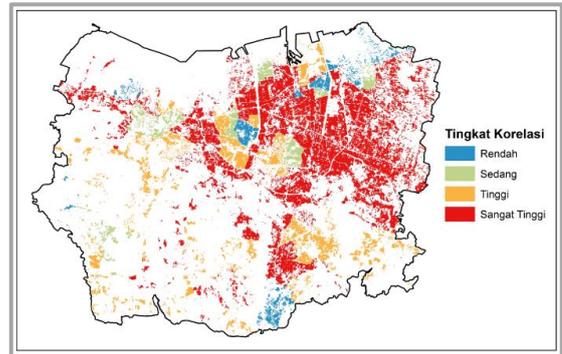
Tabel III-3 Korelasi MAT Terhadap Permukiman

Permukiman \ MAT	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Rendah	Red	Yellow	Green	Blue
Sedang	Yellow	Red	Green	Blue
Tinggi	Green	Red	Yellow	Blue
Sangat Tinggi	Blue	Green	Yellow	Red

Keterangan:

Blue	Rendah
Green	Sedang
Yellow	Tinggi
Red	Sangat Tinggi

Hasil dari korelasi perubahan kepadatan permukiman dengan penurunan muka air tanah pada tahun 2014 ke tahun 2015 dapat dilihat dari Gambar III-5.



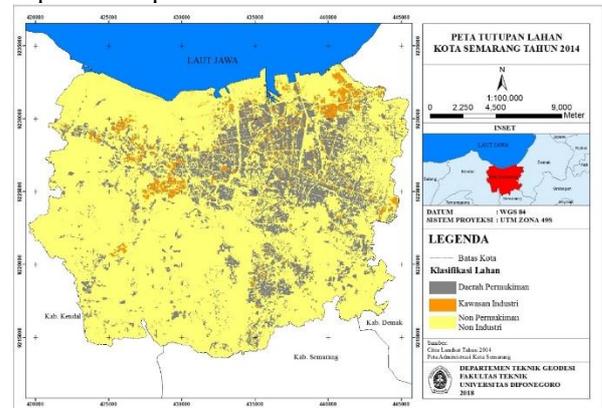
Gambar III-7 Korelasi Spasial Penurunan Muka Air Tanah Dangkal Terhadap Perubahan Kepadatan Permukiman Tahun 2014 ke 2015

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil dan Analisis Klasifikasi Citra

Kelas untuk klasifikasi adalah permukiman, industri dan tidak diklasifikasi. Bagian yang tidak diklasifikasi terdiri dari daerah perairan, vegetasi, dan lahan terbuka. Daerah tersebut dimasukkan kedalam kelas yang tidak diklasifikasi karena fokus penelitian ini adalah daerah permukiman dan industri.

Hasil dari klasifikasi citra Landsat dengan akuisisi pada 30 Agustus 2014 dapat dilihat pada Gambar IV-1 dan untuk perhitungan luas tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel IV-1.



Gambar IV-1 Hasil *Supervised Classification* Tahun 2014

Hasil klasifikasi yang mendominasi adalah kelas yang tidak diklasifikasi dengan luas sebesar 30.524,131 Ha atau 78,095% dari luas seluruh tutupan lahan. Hal ini dikarenakan kelas yang tidak terklasifikasi terdiri dari beberapa tutupan lahan seperti vegetasi, daerah perairan, dan lahan terbuka.

Tabel IV-1 Luas Tutupan Lahan Tahun 2014

Kelas	Luas (Ha)	Persentase (%)
Permukiman	7.130,55	18,243
Industri	1.431,20	3,662
Non Permukiman, Non Industri	30.524,13	78,095

Daerah permukiman sendiri jauh lebih mendominasi dibandingkan dengan kawasan industri.

Daerah permukiman tahun 2014 dengan luas sebesar 7.130,547 Ha atau sekitar 18,243% dari luas total tutupan lahan, sedangkan untuk kawasan industri 1.431,198 Ha atau sekitar 3,662% dari luas total tutupan lahan.

Tabel IV-2 Tabel Perubahan Luas Tutupan Lahan

KELAS	LUAS (Ha)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Permukiman	7.130,55	8.340,01	8.255,44	8.242,36	9.235,00
Industri	1.431,20	1.724,26	1.814,62	1800,16	1.492,16
Non Permukiman, Non Industri	30.524,13	29.021,61	29.015,82	29.043,36	28.358,72

Tutupan lahan pada daerah Semarang mengalami perubahan dalam periode waktu lima tahun. Perubahannya dapat dilihat pada Tabel IV-2. Tabel tersebut menunjukkan luasan hasil klasifikasi citra dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Untuk daerah permukiman mengalami peningkatan dari segi luasan, sedangkan daerah industri mengalami kenaikan dan penurunan.

Hasil akurasi dari klasifikasi yang telah dilakukan, diuji dengan menggunakan matriks konfusi. Matriks konfusi diproses dengan QGIS. Menurut Adefioye (2014) klasifikasi yang dihasilkan dikatakan dapat diterima jika *overall accuracy* lebih dari besar dari 85% dan menurut Landis dan Kosh (1977) dalam Adefioye (2014) akurasi hasil dapat dinilai dari besarnya *kappa coefficient*. Nilai *kappa coefficient* yang diharapkan lebih besar dari 0,80 dalam rentang 0 sampai 1.

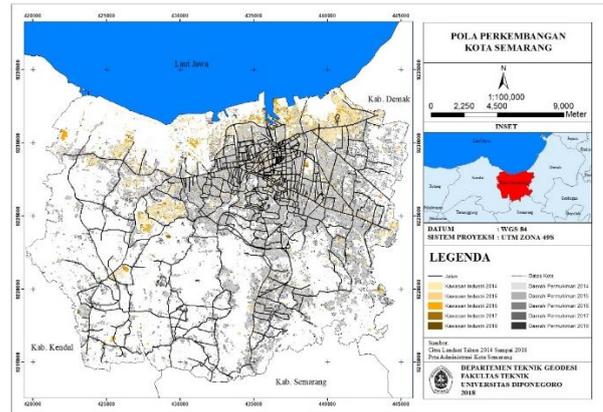
Penelitian ini mengklasifikasikan citra dari tahun 2014 hingga tahun 2018 dan semua hasil klasifikasi dapat diterima apabila nilai *overall accuracy* diatas 85% dan *kappa coefficient* lebih besar dari 0,8 dalam rentang 0 sampai 1. Nilai dari *overall accuracy* dan *kappa coefficient* dari hasil klasifikasi untuk penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel IV-3.

Tabel IV-3 Nilai *Overall Accuracy* dan *Kappa Coefficient*

Tahun	<i>Overall Accuracy (%)</i>	<i>Kappa Coefficient</i>
2014	99,58	0,982
2015	99,53	0,980
2016	99,14	0,954
2017	97,788	0,823
2018	99,13	0,973

IV.2 Hasil dan Analisis Pola Perkembangan Kota Semarang

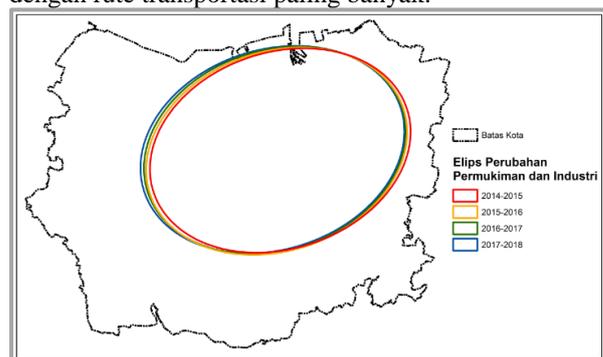
Analisis pola perkembangan Kota Semarang dilakukan dengan cara interpretasi visual terhadap data hasil klasifikasi citra. Pola perkembangan Kota Semarang dilihat dari bangunan dan industri hasil klasifikasi.



Gambar IV-2 Pola Perkembangan Kota Semarang

Kota Semarang termasuk dalam pola memanjang (*linear pattern*). Hal tersebut dikarenakan perkembangan Kota Semarang yang dilihat dari aspek permukiman dan industri tidak menyebar merata. Hasil klasifikasi citra menunjukkan perkembangan permukiman dan industri Kota Semarang mengikuti jalur transportasi, hal ini sesuai dengan teori pola memanjang yang dikemukakan oleh Yunus (1999). Pertumbuhan kota pola memanjang (*linear pattern*) mengalami pertumbuhan paling cepat disepanjang jalur rute transportasi. Daerah disepanjang rute transportasi utama merupakan tekanan paling berat dari perkembangan.

Pada Gambar IV-3 diatas menunjukkan arah perkembangan Kota Semarang yang dilihat dari aspek permukiman dan industri. Elips perkembangan Kota Semarang yang dilihat dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Keempat elips tersebut tidak mengalami perubahan yang signifikan. Pusat keempat elips berada pada wilayah dengan rute transportasi yang banyak, bisa dilihat dari gambar IV-2. Gambar IV-2 dan IV-3 bisa dilihat pola perkembangan Kota Semarang membentuk pola memanjang dan terpusat pada daerah dengan rute transportasi paling banyak.



Gambar IV-3 SDE Permukiman dan Industri Tahun 2014 Sampai Tahun 2018

IV.3 Korelasi Air Tanah Dangkal dengan Daerah Permukiman

IV.3.1 Klasifikasi Air Tanah Dangkal dan Daerah Permukiman

Perkiraan perubahan air tanah dangkal pada Kota Semarang dilakukan dengan menggunakan data pengamatan sumur-sumur gali warga yang tersebar di

Kota Semarang. Data pengamatan yang tersedia yaitu tahun 2016 dan 2018, sehingga untuk besar perubahan kedalaman muka air tanah dangkal adalah sama. Hal tersebut dikarenakan perubahan kedalaman dicari dengan sistem interval dari data yang tersedia.

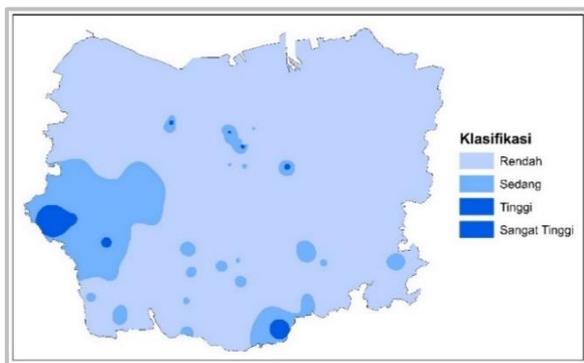
Hasil interpolasi perubahan kedalaman untuk air tanah dangkal terdapat pada Gambar III-3, yang juga mewakili perubahan kedalaman untuk tahun 2015 hingga tahun 2018, karena besarnya perubahan kedalamannya sama. Nilai perubahan terendah dari hasil interpolasi tersebut adalah -0,0108861 m dan yang tertinggi adalah -3,67462 m.

Tabel IV-4 Luas Wilayah Penurunan Air Tanah

Klasifikasi	Penurunan MAT	Luas (Ha)	Persentase (%)
Rendah	<25%	33.487,235	85,68
Sedang	25 % - 50 %	5.052,877	0,22
Tinggi	50 % - 75 %	459,364	12,93
Sangat Tinggi	>75 %	86,400	1,18

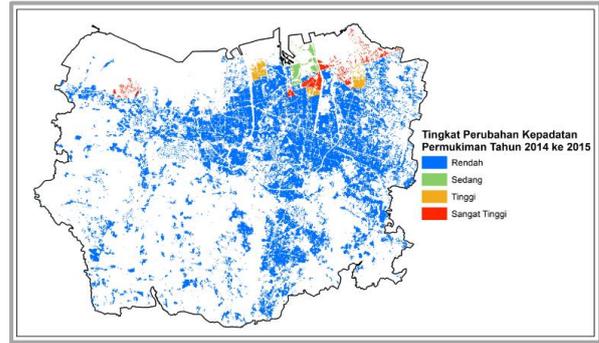
Ketentuan pengklasifikasian perubahan kedalaman tersebut dapat dilihat pada Tabel IV-4. Tabel IV-9 menunjukkan besar wilayah yang mengalami penurunan muka air tanah dangkal. Apabila penurunan muka air tanah dangkal lebih kecil dari 25% selisih penurunan tertinggi dengan terendah, maka masuk dalam klasifikasi rendah. Begitu juga untuk klasifikasi sedang, tinggi dan sangat tinggi. Penurunan muka air tanah paling banyak masuk dalam klasifikasi rendah dengan luas sebesar 33.487,235 Ha atau sekitar 85,68% dari total keseluruhan.

Hasil interpolasi air tanah dangkal diklasifikasikan kedalam empat tingkatan berdasarkan besarnya perubahan kedalaman. Klasifikasi tersebut bisa dilihat dari Gambar IV-4.



Gambar IV-4 Klasifikasi Tingkat Perubahan Kedalaman

Selain penurunan muka air tanah dangkal, perubahan kepadatan permukiman juga diklasifikasikan kedalam empat kelas yaitu perubahan rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi seperti yang terdapat pada Gambar IV-5. Gambar IV-5 merupakan hasil dari klasifikasi perubahan kepadatan daerah permukiman.



Gambar IV-5 Klasifikasi Perubahan Kepadatan Permukiman Tahun 2014 ke 2015

Daerah permukiman yang mengalami perubahan yang rendah seluas 8.619,155 Ha atau sekitar 94,10% dari total seluruh perubahan.

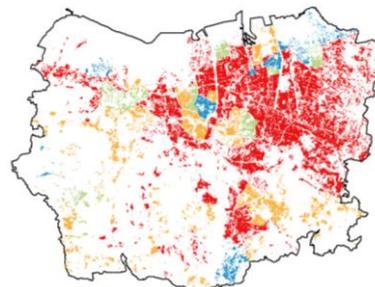
Tabel IV-5 Tingkat Perubahan Kepadatan Permukiman Tahun 2014 ke Tahun 2015

Kelas	Luas (Ha)	Persentase (%)
Rendah	8.619,155	94,11
Sedang	121,132	1,32
Tinggi	169,512	1,85
Sangat Tinggi	249,342	2,72

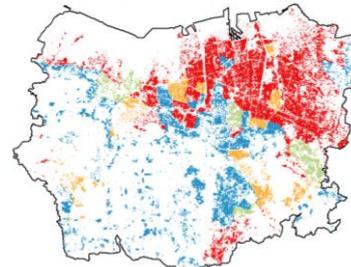
Tingkat perubahan ini diperoleh berdasarkan persentasi pertambahan kepadatan, apabila kepadatan permukiman bertambah kurang dari 1% dari kepadatan penduduk tahun awal maka masuk dalam kelas dengan perubahan yang rendah, apabila kepadatan bertambah sebesar 1% hingga 2% masuk dalam kelas perubahan sedang, 2% sampai 3% kedalaman perubahan tinggi, dan perubahan diatas 3% masuk dalam perubahan kepadatan yang sangat tinggi.

IV.3.2 Analisis Korelasi Air Tanah Dangkal dengan Permukiman

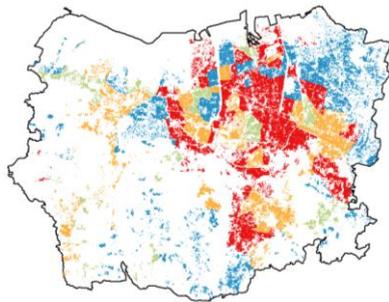
Hasil dari *overlay* perubahan kedalaman air tanah dan perubahan kepadatan permukiman berupa korelasi yang terdiri dari empat tingkat korelasi. Penentuan korelasi spasial tersebut berdasarkan Tabel III-3. Korelasi dari tahun 2014 hingga 2018 dapat dilihat pada Gambar IV-6.



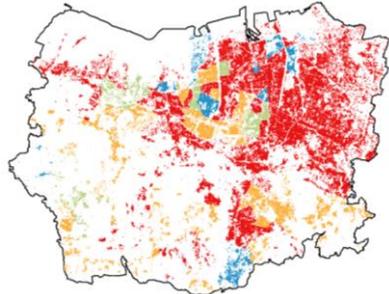
Korelasi Tahun 2014 ke 2015



Korelasi Tahun 2015 ke 2016



Korelasi Tahun 2016 ke 2017



Korelasi Tahun 2017 ke 2018



Gambar IV-6 Korelasi Perubahan Kedalaman MAT dengan Kepadatan Permukiman

Gambar IV-6 menunjukkan sebagian besar perubahan kedalaman muka air tanah dangkal berkorelasi sangat tinggi dengan kepadatan permukiman. Hasil lebih detail, dapat dilihat pada Tabel IV-6.

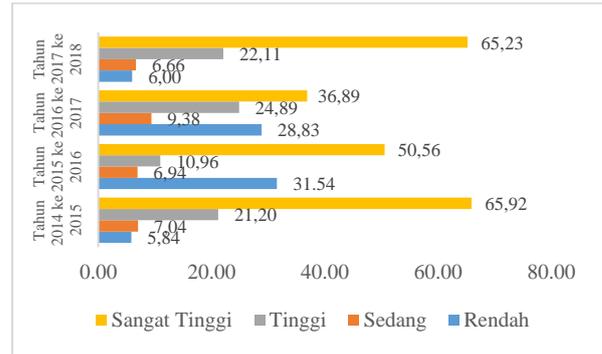
Tabel IV-6 Tingkat Korelasi Perubahan Kedalaman MAT Dangkal dan Kepadatan Permukiman

Korelasi	Luas Perubahan			
	Tahun 2014 Ke 2015		Tahun 2015 Ke 2016	
	Hektare	%	Hektare	%
Rendah	534,984	5,34	3029,606	31,54
Sedang	644,981	7,04	666,658	6,94
Tinggi	1.941,375	21,20	1.052,393	10,96
Sangat Tinggi	6.037,803	65,92	4.856,906	50,56

Tabel IV-6 tingkat Korelasi Perubahan Kedalaman MAT Dangkal dan Kepadatan Permukiman (Lanjutan)

Korelasi	Luas Perubahan			
	Tahun 2014 Ke 2015		Tahun 2015 Ke 2016	
	Hektare	%	Hektare	%
Rendah	534,984	5,34	3029,606	31,54
Sedang	644,981	7,04	666,658	6,94
Tinggi	1.941,375	21,20	1.052,393	10,96
Sangat Tinggi	6.037,803	65,92	4.856,906	50,56

Hasil korelasi tahun 2014 ke 2015 sebesar 65,92% berkorelasi sangat tinggi antara perubahan kedalaman muka air tanah dangkal dengan kepadatan permukiman. Dari tabel tersebut juga dapat diketahui bahwa lebih dari 50% yang berkorelasi tinggi dan sangat tinggi, mulai dari tahun 2014 sampai 2018.



Gambar IV-7 Persentase Tingkat Korelasi

Persentase tingkat korelasi penurunan kedalaman muka air tanah dangkal dengan perubahan kepadatan permukiman Kota Semarang secara ringkas dapat dilihat pada diagram yang terdapat di Gambar IV-7. Gambar IV-7 bisa dilihat tingkat korelasi sangat tinggi selalu dengan persentase sangat tinggi dalam lima tahun penelitian, yaitu tahun 2014 hingga 2018.

IV.4 Korelasi Air Tanah Dalam dengan Kawasan Industri

IV.4.1 Hasil Pengolahan Air Tanah Dalam

Pengolahan muka air tanah dalam Kota Semarang menggunakan data sumur pantau yang tersebar pada tujuh titik. Titik-titik tersebut terletak pada CAT Semarang Demak, maka interpolasi dilakukan hanya pada batas CAT Semarang Demak saja. Perhitungan rata-rata kedalaman muka air tanah didapatkan dari data tiap tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel IV-8. Beberapa data yang tidak tersedia untuk pengamatan ini seperti pada tahun 2014 tidak terdapat data muka air tanah pada sumur pantau Kawasan Candi dan SMKN10.

Tabel IV-7 Rata-Rata Muka Air Tanah Dalam

No	Nama Stasiun	Rata-Rata Pada Tahun (m)	
		2014	2015
1	Anjasmoro	-25,474	-25,552
2	ESDM	-13,238	-13,225
3	Kawasan Candi	<i>No data</i>	-35,268
4	Pedurungan	-34,984	<i>No data</i>
5	SMKN10	<i>No data</i>	-28,071
6	UNDIP	-5,1208	-5,1404
7	Wijaya Kusuma	-4,2488	-4,5317

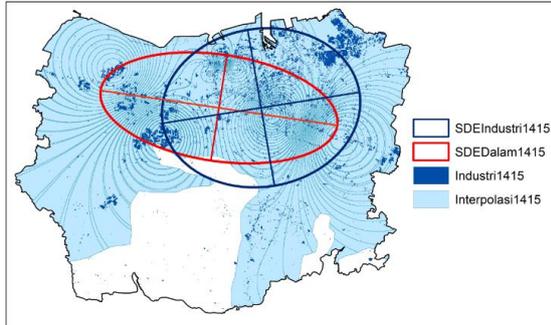
Tabel IV-7 Rata-Rata Muka Air Tanah Dalam (Lanjutan)

No	Nama Stasiun	Rata-Rata Pada Tahun (m)		
		2016	2017	2018
1	Anjasmoro	-25,74	<i>No data</i>	<i>No data</i>
2	ESDM	-13,225	<i>No data</i>	<i>No data</i>
3	Kawasan Candi	-35,958	-35,097	-35,572
4	Pedurungan	-37,054	<i>No data</i>	<i>No data</i>
5	SMKN10	-27,748	<i>No data</i>	-28,589
6	UNDIP	-1,6183	<i>No data</i>	<i>No data</i>
7	Wijaya Kusuma	-3,8631	-8,1449	-3,5418

Mengisi *no data* tersebut, dilakukan interval nilai dari dua pengamatan waktu yang berbeda. Hasil dari interpolasi muka air tanah dalam dapat dilihat pada Gambar IV-8. Gambar IV-8 merupakan hasil interpolasi untuk tahun 2014, dimana nilai muka air tanah tertinggi adalah -4,249 m dan terendah -35,166 m.

Interpolasi dilakukan untuk melihat perkiraan muka air tanah dalam Kota Semarang. Hasil interpolasi tersebut digunakan untuk melihat korelasi antara air tanah dalam dengan kawasan industri. Kawasan industri sendiri diperoleh dari hasil klasifikasi terbimbing.

IV.4.2 Analisis Arah Persebaran Air Tanah Dalam dan Kawasan Industri



Gambar IV-8 Arah Standard Deviational Ellipse Tahun 2014 ke 2015

Elips berwarna merah merupakan SDE untuk air tanah dalam tahun 2014 ke tahun 2015 dengan sudut rotasi sebesar 98,44° dari arah utara dan bergerak searah jarum jam menunjukkan arah persebaran data dari air tanah. Elips warna biru menunjukkan arah sebaran data dari Kawasan industri pada tahun 2014 ke tahun 2015 dengan arah persebaran data sebesar 80,99° dari arah utara dan perputaran searah jarum jam.

Tabel IV-8 Arah SDE Air Tanah Dalam

Tahun	Air Tanah Dalam		
	XStdDist	YStdDist	Rotation
2014 ke 2015	7867,59	3528,82	98,44
2015 ke 2016	7830,49	3455,10	99,44
2016 ke 2017	8281,88	3244,25	100,29
2017 ke 2018	7767,95	3416,43	99,84

Tabel IV-9 Arah SDE Kawasan Industri

Tahun	Kawasan Industri		
	XStdDist	YStdDist	Rotation
2014 ke 2015	6552,04	5237,54	80,99
2015 ke 2016	6644,43	5307,77	82,03
2016 ke 2017	6788,97	5338,19	82,95
2017 ke 2018	6872,81	5322,18	83,39

Tabel IV-9 dan 10 tercantum arah SDE air tanah dalam dan kawasan industri di Kota Semarang. bisa dilihat dari tabel tersebut, arah pengurangan jumlah air tanah dalam di Kota Semarang, mengarah ke arah tenggara dan untuk kawasan industri mengarah ke timur. Bisa juga dilihat dari Gambar IV-8 untuk arah pertumbuhannya. Selisih panjang sumbu X dan sumbu Y semakin mendekati nol, maka bentuk dari SDE akan mendekati bentuk lingkaran dan menunjukkan persebaran data perubahan yang merata. Bentuk SDE air tanah dalam lebih lonjong dibandingkan dengan SDE industri, yang berarti data kawasan industri menyebar lebih merata.

Elips air tanah yang memanjang menunjukkan penurunan muka air tanah yang memanjang ke arah tenggara sedangkan elips industri lebih merata dan arah pertumbuhan lebih condong ke arah timur. Arah rotasi air tanah dalam dan industri digunakan untuk mencari nilai koefisien korelasi dari kedua variabel tersebut

dengan ketentuan hasil koefisien seperti yang dikemukakan Sarwono (2006).

Tabel IV-10 Hasil Korelasi SDE Industri dengan Air Tanah Dalam

		Correlations	
		Industri	Air Tanah Dalam
Industri	Pearson Correlation	1	.909
	Sig. (2-tailed)		.091
	N	4	4
Air Tanah Dalam	Pearson Correlation	.909	1
	Sig. (2-tailed)	.091	
	N	4	4

Koefisien korelasi dari arah rotasi SDE air tanah dengan industri adalah sebesar 0,909. Nilai korelasi itu menunjukkan kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang sangat kuat dan searah. Koefisien korelasi dicari dengan menggunakan rumus korelasi pearson dengan data yang terdistribusi normal. Nilai signifikansi yang digunakan sebesar 0,05 yang artinya mempunyai kesempatan benar sebesar 95% dan salah sebesar 5%. Sedangkan hasil signifikansi antara kedua variabel tersebut sebesar 0,091. Artinya tingkat kepercayaan dari korelasi penelitian belum memenuhi 95%.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perkembangan Kota Semarang mengikuti pola memanjang (*linear pattern*). Pola perkembangan yang dilihat dari pertumbuhan kawasan permukiman dan industri. Pola memanjang mengikuti jalur transportasi dan mengalami pertumbuhan paling cepat disepanjang jalur transportasi.
2. Kedalaman air tanah dangkal mengalami penurunan terendah sebesar -0,0108861 m dan yang tertinggi adalah -3,67462 m. Perubahan air tanah dalam dari tahun 2014 sampai 2018 tiap tahunnya sama, karena data yang diolah pada penelitian ini hanya ada dari dua tahun pengamatan. Kedalaman air tanah dalam didapat dari tujuh stasiun pengamatan dengan muka air tanah terendah -37,054 m dan tertinggi -1,6183 m.
3. Hasil korelasi perubahan kedalaman air tanah dangkal dan permukiman memiliki korelasi sangat tinggi dari tahun 2014 hingga 2018 dengan persentase korelasi tinggi dan sangat tinggi selalu diatas 50%. Pada tahun 2014 ke tahun 2015 korelasi air tanah dangkal dengan permukiman sebesar 65,92% untuk korelasi sangat tinggi dan 21,20% untuk korelasi tinggi, tahun 2015 ke 2016 50,56% untuk korelasi sangat tinggi dan 10,96% untuk korelasi tinggi, tahun 2016 ke 2017 36,89 % untuk korelasi sangat tinggi dan 24,89% untuk korelasi tinggi dan tahun 2017 ke 2018 65,23% untuk korelasi sangat tinggi dan 22,11% untuk korelasi tinggi. Tingkat korelasi perubahan kedalaman muka air tanah dalam dengan kawasan industri memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan besar koefisien

korelasi sebesar 0,909 dari interval 0 hingga 1 dengan signifikansi sebesar 0,091.

V.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu:

1. Pengamatan pola yang lebih akurat dapat dilakukan dengan menelaah lebih lanjut hingga ke semua kelas jalan yang ada.
2. Klasifikasi penggunaan lahan menggunakan citra dengan resolusi yang lebih baik.
3. Perlunya pengkelasan lebih rinci terhadap daerah industri.
4. Perlunya data pengamatan kedalaman untuk air tanah dangkal yang lebih banyak tiap tahunnya.
5. Data titik lokasi untuk air tanah dalam yang menyebar merata untuk hasil yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, E. M., Saktiyono, dan Lutfi. 2006. *IPA Terpadu SMP dan MTs*. Jakarta: Erlangga.
- Adefioye, S. A. 2014. *Quantitative Image Classification Accuracy Assessment Program for Sustainable Geospatial Technology Applications*.
- Arsyad, S., dan Rustiadi, E. 2012. *Penyelamatan Tanah, Aid dan Lingkungan*, (Ed. 1). Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Pasaribu, J. M., dan Haryani, N. S. 2012. Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM dengan Metode *Inverse Distance Weighted (IDW)*, *Natural Neighbor* dan *Spline (Comparison of DEM SRTM Interpolation Techniques Using Inverse Distance Weighted (IDW), Natural Neighbor and Spline Method)*. Lapan: Jurnal Penginderaan Jauh. Vol. 9 No. 2.
- Sarwono, J. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Umi, C. 2016. *Cepat Kuasai IPA*. Jakarta: Grasindo.
- Yunus, H.S. 1999. *Struktur Tata Ruang Kota*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Offset.