

Uji Lapangan Nilai Infiltrasi Terhadap Potensi Banjir Di Kawasan Sungai Code

The Field Test of Infiltration Rate On Potential Flood in Code River Area

Danang Miftayugi, Nursetiawan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Gunungapi Merapi adalah satu dari sekian gunungapi di Indonesia yang tergolong sangat aktif. Erupsi Gunung Merapi yang terjadi pada tahun 2010, mengakibatkan aliran dan banjir lahar dingin yang membawa jumlah material yang mencapai 150 juta m³ yang tersebar di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Sungai code adalah satu dari sekian sungai yang berhulu di Gunung Merapi dan juga merupakan daerah aliran sungai (DAS) yang panjangnya 18 km, aliran air di kali ini bisa menjadi potensi banjir bila terjadi hujan lebat dengan intensitas yang tinggi, terlebih jika terjadi setelah letusan gunungapi terjadi. Dengan semakin banyak kejadian di kota Yogyakarta yang diakibatkan oleh berubahnya nilai laju infiltrasi yang diakibatkan endapan abu letusan gunung merapi. Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai laju infiltrasi dengan menggunakan doublering infiltrometer dengan lokasi penelitian disebar pada 8 titik di sungai code. Hasil dari penelitian ini yang di ujikan di 8 titik berbeda yang menyimpulkan bahwa titik 1 adalah titik kapasitas infiltrasinya paling besar dibandingkan titik-tik lainnya yaitu 8,69 cm/jam, yang berlokasi di Ngepring, Purwobinangun, Pakem, Kabupaten Sleman DIY.

Kata Kunci : Gunungapi Merapi, Code, Laju Infiltrasi, Doublering Infiltrometer

Abstract. Merapi mountain is one of the few volcanoes in Indonesia that are classified as very active. Merapi mountain eruption that occurred in 2010, resulting in cold lava flows and floods carrying a volume of material reaching 150 million m³ spread over the rivers that head on Mount Merapi. River code is one of the rivers that originated from Mount Merapi and also a watershed (DAS) which is 18 km long, the flow of water at this time could be a potential flood in case of heavy rains with high intensity, especially if it occurs after the eruption of the mountain fire occurs. With more and more events in the city of Yogyakarta caused by the change in the rate of infiltration caused by sedimentation of the volcanic eruption ash. The study was conducted to determine the rate of infiltration using doublering infiltrometer with the location of the research spread at 8 points in the river code. The results of this study were tested at 8 different points which concluded that point 1 was the largest infiltration capacity point compared to other tick points of 8.69 cm / h, located at Ngepring, Purwobinangun, Pakem, Sleman District DIY

Keywords : Merapi Mountain, Code, Infiltration Rate, Doublering Infiltrometer.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan yang mempunyai 129 buah gunungapi aktif dan setidaknya 500 buah gunungapi non aktif. Erupsi Gunungapi merapi tahun 2010 disebut yang terbesar selama 100 tahun terakhir (Juliani dkk, 2011). Gunung Merapi ini mempunyai potensi untuk menimbulkan bencana alam dengan intensitas dan kekuatan yang berbeda. (Kiswiranti dan Kirbani, 2013). Pengujian laju infiltrasi bagi tiap jenis tanah yang ada didalam suatu DAS perlu dilakukan

agar pengolahannya secara terpadu dapat lebih tepat guna dan berhasil guna (Syukur, 2009). Infiltrasi di lapangan seringkali mengalami kendala seperti masalah tenaga, waktu dan biaya yang tidak tenaga, waktu dan biaya yang tidak sedikit. Infiltrasi di suatu daerah dipengaruhi oleh pergerakan air di dalam tanah jenuh (Rosyidah dan Wirosedarmo, 2013).

Banjir merupakan fenomena yang disebabkan oleh kenaikan air sungai utama dan anak-anak sungai yang melimpah di daratan

yang biasanya tidak tenggelam oleh air (Pua Hock dalam Yusri dkk, 2009). Perencanaan tata ruang wilayah, kota dan upaya kerjasama dari semua pihak diupayakan setidaknya berkontribusi dalam pengolahan bencana banjir (Rosyidie, 2013). Kemiringan lereng dan ketinggian lahan, jenis tanah dan penggunaan lahan menjadi parameter pada penelitian kerawanan banjir (Darmawan dkk, 2017). Pengujian hidrologi lahan yaitu penentuan laju dan kapasitas infiltrasi dengan menggunakan metode *ring infiltrometer* (Agung, 2012). Struktur tanah pada plot tanah terbuka kurang dibandingkan dengan plot yang ditutupi oleh vegetasi atau tanaman, karena kurangnya perlindungan oleh vegetasi tanah, tetesan hujan jatuh langsung ke bumi secara langsung dan celah tanah dapat terhalang oleh partikel tanah terkena oleh air hujan, semua itu akan membuat laju infiltrasi tanah lereng rendah (Qiana dkk, 2014). Nilai bangunan dipengaruhi oleh jarak tempat tinggal dengan Gunung Merapi (Saptutyingsih, 2011). Penelitian tentang studi laju infiltrasi tanah pasca erupsi Merapi 2010 telah dilakukan. (Ningsih dkk, 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- (1) Untuk mengetahui nilai kapasitas infiltrasi dan volume total penyerapan air pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Code.
- (2) Untuk mengetahui kondisi Permeabilitas tanah sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Code.
- (3) Untuk mengetahui nilai kepadatan tanah lapangan dan kadar air di kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Code.

2. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada daerah DAS (Daerah Aliran Sungai) Code pada semua wilayah dari hulu, tengah dan hilir. Sebelum melakukan pengujian ditentukan titik pengujian dengan menggunakan peta DAS Code. Titik pengujian di tetapkan tersebar menjadi 8 (delapan) titik pengujian. Dalam melakukan pengujian ini dilakukan pengujian secara berkala selama 2 (dua) minggu yang di mulai pada hari Rabu, 28 Maret 2018 sampai hari Kamis 12 April 2018. Setiap pengujian

dilakukan pengujian sekaligus yaitu : Infiltrasi, Fermeabilitas, dan Kepadatan Tanah.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian harus tersusun dengan baik. Lokasi, alat uji, bahan uji, pengambilan data dan pengolahan data harus disusun secara baik demi menunjang keberhasilan penelitian. Tahapan penelitian ini seperti berikut

Tahap 1

Tahap I merupakan tahap persiapan. Pada tahap ini adalah tahap penentuan titik lokasi pengujian, ketersediaan alat-alat pengujian dan bahan pengujian.

Tahap 2

Tahap II merupakan tahap pengujian. Pada tahap ini dilakukan pengujian *double ring infiltrometer*, kepadatan tanah, dan permeabilitas tanah. Pada tahap ini juga dilakukan pengambilan sampel tanah yang akan diuji lagi di laboratorium tanah.

Tahap 3

Pada tahap III merupakan tahap pengujian sampel di laboratorium. Pada tahap ini sampel tanah yang diambil pada saat pengujian di lapangan diuji di laboratorium guna mengetahui kadar air dari tanah pada lokasi pengujian tersebut.

Tahap 4

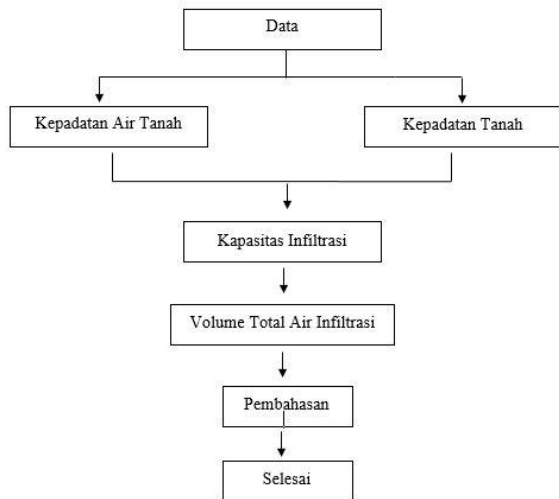
Tahap IV ini merupakan tahap analisis data. Pada tahap ini data primer yang diperoleh pada pengujian dilakukan analisis lagi untuk mengetahui laju infiltrasi, permeabilitas, kepadatan tanah, dan kadar air.

Tahap 5

Tahap V merupakan hasil dari analisis data dari beberapa pengujian. Dari beberapa hasil tersebut didapat kesimpulan dari hasil pengujian.

Tahap Analisis

Gambar 1 di bawah ini adalah Skema analisis perhitungan:



Gambar 1 Skema Analisis Perhitungan

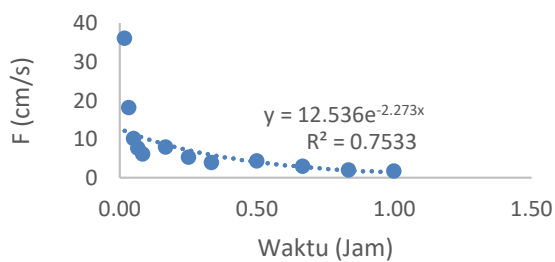
3. Hasil Penelitian

Berdasarkan peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Code dari hulu ke hilir, ada beberapa data yang diujikan dengan 8 lokasi berbeda dan akan dibahas pada bab ini yaitu perhitungan kapasitas infiltrasi, perhitungan permeabilitas tanah, kadar air dan kepadatan tanah.

Analisis Perhitungan Kapasitas Infiltrasi

Data nilai kapasitas infiltrasi didapat setelah melakukan pengujian di 8 titik, alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kapasitas infiltrasi ini yaitu *double ring infiltrometer* yang di masukkan ke dalam tanah dengan kedalaman sekitar ± 5 sampai ± 10 cm. ada titik yang diujikan dengan 2 *double ring infiltrometer* dan ada juga titik yang di ujikan 1 *double ring infiltrometer*.

Nilai laju infiltrasi awal (f_0) didapat dengan menggunakan kurva fitting infiltrasi persamaan Horton dengan memakai microsoft excel seperti pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2 Perpanjangan kurva *fitting* infiltrasi metode horton titik 1

Setelah dilakukan analisa perpanjangan kurva fitting, maka untuk titik 1 didapatkan nilai laju infiltrasi awal (f_0) yaitu 12,536 cm/jam. Berikut perhitungan parameter infiltrasi dengan menggunakan metode Horton:

Waktu (t)	= 1 menit
	= 1/60 = 0,02 jam
Laju infiltrasi (f)	= 24 cm/jam
Laju infiltrasi konstan	= 40 cm/jam
f-fc	= 40 - 1,6 = 38,40 cm/jam
Log f-fc	= log (38,40) = 1,58

Dengan menggunakan persamaan horton, didapatkan nilai kapasitas infiltrasi (f) konstanta waktu, $t = 1.00$ jam sebesar 40,00 cm/jm. Perhitungan dari titik 1 samapi dengan titik 8 menggunakan cara yang sama, sehingga memperoleh hasil seperti data Tabel 1 dibawah ini:

Jika dilihat dari Tabel 1, nilai kapasitas infiltrasi konstan paling besar yaitu titik 1. Hal tersebut disebabkan oleh kepadatan tanah yang tergolong paling kecil sehingga air mudah menyerap kedalam tanah.

Analisis Perhitungan Kadar Air

Meningkatnya intensitas curah hujan secara dinamis dan signifikan yang terjadi pada umumnya diakibatkan oleh peningkatan gejala dari pemanasan global seperti kenaikan suhu permukaan bumi yang diakibatkan oleh aktivitas yang terjadi di permukaan (Rachmat dkk 2014). Indikator untuk mendukung data infiltrasi yaitu kadar air.

Kadar air menjadi salah faktor dalam pengujian Infiltrasi. Sebelum melakukan pengujian infiltrasi, terlebih dahulu melakukan pengecekan kadar air, sampel tanah diambil dengan kedalaman ± 10 samapi dengan ± 20 cm dari atas tanah. Setelah sampel didapat, kemudian masukkan kedalam plastik dan di tutup rapat supaya suhunya tidak berubah-ubah. Tidak semua titik dilakukan dua kali pengujian, ada beberapa titik yang dilakukan pengujian hanya sekali. Berikut ini adalah hasil pengujian kadar air pada titik 1:

Tabel 2 Hasil pengujian kadar air titik 1

Pengujian	W1 gram	W2 gram	W3 gram
1	2,59	24,36	18,73
2	2,67	22,63	17,77

Dalam melakukan perhitungan pengujian kadar air, digunakan rumus sebagai berikut:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dan

$$W = \left(\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \right) \times 100\%$$

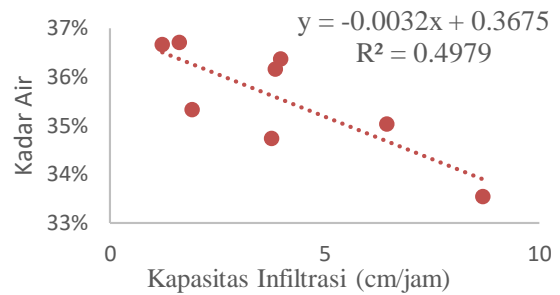
Keterangan:

- W : Kadar air (%)
- W1 : Berat cawan (g)
- W2 : Berat cawan + tanah basah (g)
- W3 : Berat cawan + tanah kering (g)
- W_w : Berat air, (W₂-W₃)
- W_s : Berat tanah kering, (W₃-W₁)

Tabel 3 Hasil pengujian kadar air titik 1 sampai titik 8

Parameter	W1	W2	W3	W _w	W _s	W	w rata-rata
Satuan	gram	gram	gram	gram	gram	%	%
Titik 1	1 2.59	24.36	18.73	5.63	16.14	34.88	33.53
	2 2.67	22.63	17.77	4.86	15.1	32.19	
Titik 2	1 2.62	22.63	17.47	5.16	14.85	34.75	35.03
	2 2.68	24.6	18.88	5.72	16.2	35.31	
Titik 3	1 2.70	22.52	17.74	4.78	15.04	31.78	34.74
	2 2.74	21.81	16.59	5.22	13.85	37.69	
Titik 4	1 2.7	21.87	16.67	5.2	13.97	37.22	36.16
	2 2.74	22.76	17.56	5.2	14.82	35.09	
Titik 5	1 2.73	22.01	16.91	5.1	14.18	35.97	35.32
	2 2.67	22.48	17.38	5.1	14.71	34.67	
Titik 6	1 2.72	24.29	18.86	5.43	16.14	33.64	36.71
	2 2.59	23.15	17.3	5.85	16.14	39.77	
Titik 7	1 2.72	26.21	19.97	6.24	17.25	36.17	36.66
	2 2.74	24.56	18.65	5.91	15.91	37.15	
Titik 8	1 2.72	26.21	21.07	5.14	18.35	28.01	28.00
	2 2.74	25.56	20.57	4.99	17.83	27.99	

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa titik 6 adalah titik dimana kadar air paling tinggi yaitu 36,71 %. Saat pengambilan sampel pada titik 6, kepadatan panah pada titik tersebut sangat tinggi sehingga pori-pori tanah sangat jarang yang mengakibatkan laju infiltrasi lambat.



Gambar 4 Grafik hubungan kapasitas infiltrasi dan kadar air

Kadar air sangat berpengaruh terhadap infiltrasi. Setelah dilakukan perhitungan pada titik 1 samapi dengan titik 8 dapat disimpulkan bahwa titik 6 adalah titik yang memiliki nilai infiltrasi paling tinggi jika dibandingkan dengan titik-titik yang lainnya. Hal ini bisa disebabkan karena titik 6 memiliki kepadatan tanah yang besar, sedangkan titik-titik yang lainnya contohnya titik 8 yang memiliki nilai paling rendah yang memiliki kepadatan tanah yang kecil sehingga aliran air melalui pori-pori yang besar.

Analisis Perhitungan Kepadatan Tanah

Indikator untuk mendukung data infiltrasi selain kadar air adalah kepadatan tanah. *Sand cone* adalah salah satu alat untuk menentukan kepadatan di tempat dari lapisan tanah atau perkerasan yang telah dipadatkan (Pudyawardhana dan Sismiani., 2016). Data kepadatan tanah ini akan menjadi pendukung sehingga diperoleh grafik hubungan kepadatan tanah dengan kapasitas infiltrasi. Dalam melakukan perhitungan pengujian kepadatan tanah, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\gamma_d = \left(\frac{\gamma_p}{1+w} \right) \left(\frac{W_9 - W_8}{W_6 - W_7 - W_{pc}} \right)$$

γ_d = kepadatan tanah lapangan (kN/m³)

γ_p = berat volume pasir (g)

w = kadar air (%)

W₉ = berat kaleng + tanah (g)

Tabel 1 Hasil perhitungan kapasitas

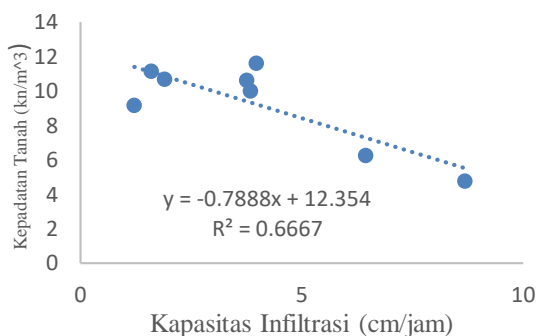
Uraian	Satuan	Lokasi Pengujian							
		TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7	TP 8
<i>f_o</i>	cm/jam	40	35	20	20	8	8	4.5	24
<i>f_c</i>	cm/jam	1.6	1.3	0.9	1	0.6	0.5	0.5	1.1
Gradien m	-	-0.427	-0.3523	-0.346	-0.346	-0.4068	-0.3409	-0.4153	-0.2893
<i>K</i>	-	5.4	6.54	6.65	6.65	5.66	6.75	5.54	7.96
<i>f</i>	cm/jam	8.69	6.45	3.77	3.85	1.9	1.61	1.22	3.98

W8 = berat kaleng (g)
W6 = berat botol + pasir (g)
W7 = botol + sisa pasir (g)
Wpc = berat pasir pengisi kerucut (g)

Tabel 5 Hasil pengujian kepadatan tanah titik 1 sampai titik 8

Uraian	Lokasi							
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7	Titik 8
YP (g)	11	11	11	10,74	11	11	11	11
w (%)	33,53	35,03	34,74	36,16	35,32	36,71	36,66	28,00
W9-W8 (g)	950	930	2750	3370	3540	3505	1440	1440
W6-W7-	1614	1189	2069	2670	2639	2474	1239	2239
Wpc (g)								
γd (kN/m ³)	4,7	6,22	10,6	9,96	10,7	11,13	9,1	5,4

Dari Tabel 5 di atas dapat disimpulkan bahwa titik 6 adalah titik dimana kepadatan tanah paling tinggi yaitu 11,13 kN/m³. jika kepadatan tanahnya semakin tinggi, maka semakin rendah nilai kadar airnya. Laju infiltrasi juga dapat dipengaruhi oleh kepadatan tanah. Keadaan ini diakibatkan jika semakin padat tanah maka pori-pori tanah semakin kecil



Gambar 7 Grafik hubungan kepadatan tanah dengan kapasitas infiltrasi

Dari Grafik 7 diatas didapatkan persamaan yaitu $y = -0,7888x + 12,354$ serta $R^2 = 0,6667$

Analisis Perhitungan Permeabilitas Tanah

Penelitian permeabilitas tanah ini memakai alat tabung ukur dan tabung uji permeabilitas tanah. Tanah merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki konsistensi bervariasi, mulai dari konsistensi sangat lunak, seperti lumpur hingga memiliki konsistensi sangat padat dan membatu. Indikator untuk mendukung data infiltrasi

selain kadar air, kepadatan tanah,yaitu indicator permeabilitas tanah. Sama halnya dengan indikator-indikator yang lainnya dalam melakukan perhitungan pengujian permeabilitas, digunakan rumus sebagai berikut

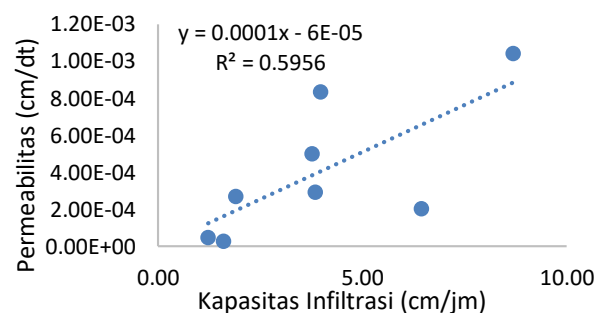
$$K = \frac{(d^2 x L)}{D^2 x t} \times \ln \frac{h}{(h-c)}$$

K = Koefisien permeabilitas tanah
D = Diameter tabung aluminium
d = Diameter tabung kaca
L = Tinggi tabung aluminium yang masuk ke dalam tanah
t = Waktu yang diperlukan untuk meresapkan air
n = Tinggi awal air dari tanah
c = Tinggi penurunan air (ditentukan 10 cm)

Tabel 6 Hasil uji permeabilitas tanah pada titik 1 sampai titik 8

Titik	K (cm/detik)	Jenis Tanah
1	0,001040757	Kerikil Halus/Pasir
2	0,000203273	Pasir Sangat Halus
3	0,000498364	Pasir Sangat Halus
4	0,000291828	Pasir Sangat Halus
5	0,000268155	Pasir Sangat Halus
6	0,000025116	Pasir Lanau / Lanau Tidak Padat
7	0,000045468	Pasir Lanau / Lanau Tidak Padat
8	0,000311191	Pasir Sangat Halus

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa titik 7 memiliki nilai permeabilitas 0,000045468 cm/detik yang dapat dikategorikan kedalam Pasir Lanau / Lanau Tidak Padat dan termasuk *low permeability*.



Gambar 8 Grafik hubungan infiltrasi dengan permeabilitas tanah

Dari semua titik pengujian yaitu 1,2,3,4,5 dan 8 adalah *medium permeability* yang mempunyai kerikil halus/pasir atau pasir sangat halus sedangkan titik 6 dan 7 adalah

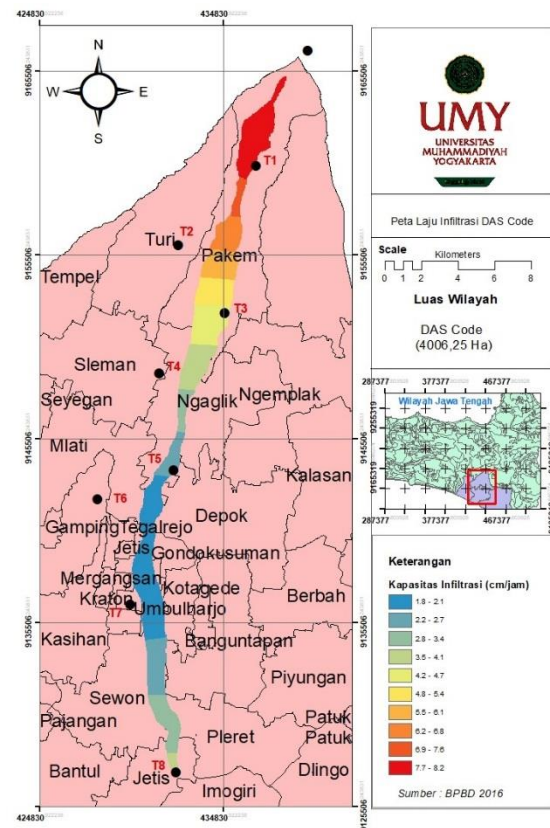
low permeability yang mempunyai pasir lanau atau lanau tidak padat. Dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa, jenis tanah kerikil halus/pasir atau pasir sangat halus yaitu titik 1,2,3,4,5 dan 8 kemungkinan memiliki laju infiltrasi besar sedangkan jenis pasir lanau atau lanau tidak padat yaitu titik 6 dan 7 adalah jenis tanah kedap air.

4. Pembahasan Potensi Banjir

Daerah Aliran Sungai (DAS) Code yang berawal dari lereng Gunung Merapi dan bermuara di Sungai Opak melewati tiga wilayah kabupaten atau kota yaitu Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. Khususnya wilayah yang berada di bantaran Sungai Code, aliran air di kali ini bisa menjadi potensi banjir bila terjadi hujan lebat dengan intensitas yang tinggi, selain karena faktor hujan dan akibat erupsi gunung merapi, yang menyebabkan daerah bantaran sungai berpotensi banjir yaitu karena banyaknya warga yang mendirikan rumah di sepanjang bantara sugai tanpa adanya surat izin mendirikan bangunan dari pemerintah setempat. Hal ini juga yang membuat sampah banyak ditemukan di daerah aliran sungai, karena banyaknya bangunan dan sampah berserakan membuat aliran air sungai terhambat sehingga berpotensi banjir.

Hasil Infiltrasi

Setelah data analisis kapasitas infiltrasi didapat, selanjutnya data diolah menggunakan *software arcis* agar diketahui titik-titik kapasitas infiltrasi dengan interpolasi. Dari sejumlah metode yang ada untuk melakukan interpolasi, metode yang dipakai yaitu metode kriging seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 9 Peta Nilai Kapasitas Infiltrasi di Kawasan DAS Code

Dilihat dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa di kawasan hulu yaitu titik dan 2 mempunyai nilai kapasitas infiltrasi 6,2 - 8,2 cm/jam yang bisa di golongkan ke tinggi dengan warna merah keoranye. Sementara itu titik 3,4 dan 8 mempunyai nilai kapasitas infiltrasi 3,5 – 6,1 cm/jam yang bisa di golongkan ke sedang dengan warna kuning oranye, titik 5 juga bisa digolongkan ke sedang dengan warna kuning namun mempunyai nilai kapasitas infiltrasi 4,8 – 5,4 cm/jam. Sementara itu titik 6 dan 7 mempunyai nilai kapasitas infiltrasi 1,8 – 3,4 cm/jam yang digolongkan ke rendah dengan warna biru kehijauan. Dari titik 1 sampai 8 ada beberapa titik yang mempunyai nilai kapasitas infiltrasi sama dan tergolong ke warna yang sama, hal tersebut bisa dipengaruhi oleh kepadatan tanah, permeabilitas serta kadar air.

Dari hasil penelitian infiltrasi yang dilakukan, keterkaitan antara infiltrasi dengan potensi banjir di DAS Code sangat di pengaruhi oleh laju infiltrasi di daerah-daerah tertentu terutama daerah yang dekat dengan gunungapi merapi, seperti pada titik 1 yang berlokasi di Kec. Pakem dan 2 yang berlokasi

di Kec.Turi yang paling dekat dengan gunungapi merapi yang nilai kapasitas infiltrasinya paling tinggi sehingga laju infiltrasinya sangat rendah, hal tersebut di sebabkan oleh erupsi dari gunungapi merapi. Akibat dari laju infiltrasinya yang rendah, air yang mengalir menjadi lebih deras sehingga Daerah Aliran Sungai Code berpotensi banjir.

5. Daftar Pustaka

- Agung, S.D., 2012, *Beberapa Sifat Fisika Kimia Tanah Yang Berpengaruh Terhadap Model Kecepatan Infiltrasi Pada Tegakan Mahoni, Jabon, Dan Trembesi Di Kebun Raya Purwodadi*. Jurnal Berk. Penel. Hayati, 17, 185-191.
- Darmawan, K., Hani'ah., dan Suprayogi, A., 2017. *Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis Sistem informasi Geografis*. Jurnal Geodesi UNDIP. Vol. 6, 31-40.
- Juliani, A., Brintowiyono, W., Ribut L., Hamidin., dan Evi, O. 2011. *Rapid Assessment Terhadap Kerusakan Bangunan Akibat Erupsi Merapi Tahun 2010*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Vol. 3, 115-124.
- Kiswiranti, D., Kirbani, H.S.B., 2013, *Analisis Statistika Temporal Erupsi Gunung Merapi*. Jurnal Fisika, 3, 37-42.
- Pudyawardhana, C., Sismiani, A., 2016, *Penentuan Kepadatan Tanah Di Lapangan Menggunakan Borland Delphi 6*. Jurnal Techno, 17, 101 – 103.
- Qiana, F., Chengb, D., dan Liuc, J., 2014. *Analysis of the Water and Soil Erosion and Infiltration Characteristic in Ziquejie Terrace*. 2014 International Conference on Environment Systems Science and Engineering, Procedia 9, 13-19.
- Rachmat, A., dan Pamungkas, A., 2014. *Faktor-Faktor Kerentanan yang Berpengaruh Terhadap Bencana Banjir di Kecamatan Manggala Kota Makassar*. Jurnal Teknik ITS. Vol. 3 No. 2, C178-C183
- Rosyidah, E., Wirosodarmo, R., 2013, *Pengaruh Sifat Fisik Tanah Pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh Di 5 Prnggunaan lahan (Studi Kasus Di Kelurahan Sumber Sari Malang)*. Jurnal Agritech, 33, 340-345
- Rosyidie, A., 2013, *Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh Dari Perubahan Guna Lahan*. Jurnal Perencanaan Kota dan Kota, 24, 241-249.
- Saptutyingsih, E., 2011. *Dampak Erupsi Gunung Merapi Terhadap Nilai Lahan dan Bangunan: Pendekatan Hedonic Price*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. Vol. 3, 95-107.
- Syukur, S., 2009. *Laju Infiltrasi dan Peranannya Terhadap Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Allu-Bangkala*. Jurnal Agroland. Vol. 16, 231 – 236.
- Yusri., Karim, O.A., Maulud, K.N.A., Toriman, M.E., dan Kamarudin, M.K.A. 2009. *Aplikasi ARCGIS dan Simulasi Banjir Sungai Siak Pekanbaru Menggunakan XP-SWMM*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik. Vol. 12, 157-166.