

APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ESTIMASI SEBARAN DAERAH POTENSI RESAPAN AIR KOTA PADANG

Oleh:

Dwi Marsiska Driptufany*, Quinoza Guvil*, Syahri Ramadhan

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang
dwimarsiska@itp.ac.id

Abstrak

Peningkatan pembangunan Kota Padang akan berbanding terbalik dengan berkurangnya daerah resapan air dan menjadi daerah yang kedap air yang membuat air hujan tergenang di permukaan dan terjadi banjir. Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis telah memungkinkan mengkaji pola spasial potensi daerah resapan air dalam cakupan yang luas, termasuk pemetaan potensi daerah resapan air Kota Padang. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi sebaran kawasan resapan air di Kota Padang berdasarkan data parameter-parameter spasial seperti data curah hujan, kemiringan lereng, peta jenis tanah, dan penggunaan lahan yang diperoleh dari data citra landsat 8 OLI/TIRS. Penelitian ini menggunakan metode skoring dan tumpang susun atau overlay menggunakan Sistem Informasi Geografis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi kawasan resapan air dengan luasan terbesar di daerah penelitian yaitu seluas 69,79% dari luas wilayah daerah penelitian terdapat pada kondisi resapan baik tersebar di wilayah timur Kota Padang yang merupakan wilayah pegunungan yang mempunyai ketinggian bervariasi dan sangat curam dengan ketinggian >1000 mdpl dan didominasi oleh hutan lebat. Namun, sebagian besar kawasan resapan air di bagian timur Kota Padang telah kritis, disebabkan penggunaan lahan yang telah mengalami alih fungsi. Daerah potensi resapan air dapat diketahui luasan dan sebarannya dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis yang memungkinkan mengkaji pola spasial potensi daerah resapan air dalam cakupan yang luas dengan parameter-parameter spasial.

Kata-kata kunci : resapan air, sistem informasi geografis, penginderaan jauh, spasial

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk kawasan perkotaan mengakibatkan peningkatan kebutuhan masyarakat terutama untuk kebutuhan dasar seperti permukiman serta infrastruktur dasar. Sebagai konsekuensi dari pertumbuhan penduduk dan perubahan tutupan alami di wilayah perkotaan secara terus menerus menjadi wilayah terbangun, perubahan ini berkontribusi terhadap pengurangan kawasan resapan air wilayah kota akibat berkurangnya tutupan vegetasi, sehingga bertambahnya beban terhadap daya dukung lingkungan perkotaan. Dalam konteks perkotaan, pengembangan kawasan resapan air merupakan salah satu upaya yang penting untuk dilakukan dalam rangka menjaga keseimbangan siklus hidrologi agar tidak terganggu dan menimbulkan dampak buruk bagi kehidupan masyarakat seperti fenomena bencana banjir.

Dewasa ini hampir setiap tahun, beberapa daerah di Kota Padang sering mengalami banjir saat musim hujan tiba. Secara umum banjir disebabkan karena

aliran air maupun drainase tidak mampu menampung debit air sehingga air meluap yang akan menyebabkan banjir. Permukaan kota pada umumnya menggunakan material-material yang kedap air, pada wilayah terbangun penggunaan bahan bangunan seperti aspal, semen, dan beton menyebabkan aliran air maupun drainase tidak mampu menampung debit air sehingga air meluap yang akan menyebabkan banjir. Selain itu, apabila suatu daerah yang bersifat kedap air akan digenangi air/banjir pada saat hujan dikarenakan air tersebut terhambat di permukaan dan tidak meresap ke dalam tanah.

Kota Padang dalam perkembangannya mengacu kepada kota lama yang terletak di muara sungai Batang Arau dan perkembangan perluasan kota berdasarkan titik pusat kota lama tersebut (Mentayani, dkk, 2013). Peningkatan pembangunan Kota Padang akan berbanding terbalik dengan berkurangnya daerah resapan air dan menjadi daerah yang kedap air yang membuat air hujan tergenang di permukaan dan terjadi banjir. Sebagai contohnya ada beberapa daerah di Kota Padang yang mengalami banjir dikala musim hujan tiba.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis telah

memungkinkan mengkaji pola spasial potensi daerah resapan air dalam cakupan yang luas. Gabungan antara teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis sangat bermanfaat untuk deteksi dini memantau pola, distribusi dan kecenderungan temperatur mikro kota dan memprediksi pengaruh terhadap ekologi perkotaan dan permukiman serta membantu dalam proses pengambilan keputusan pada perencanaan penggunaan lahan di Kota Padang.

Pemetaan Sistem Informasi Geografis merupakan sistem perpaduan antara data spasial (grafis) dan atribut (objek) pada permukaan bumi yang akan memberikan informasi bagi pihak-pihak yang membutuhkan. Sebagai contoh, Sistem Informasi Geografis dapat melakukan analisis data dan dapat dijadikan sebagai pengambilan keputusan yang berhubungan dengan geografi, termasuk masalah pemetaan potensi daerah resapan air Kota Padang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi sebaran kawasan resapan air pada berbagai tipe penggunaan lahan aktual di Kota Padang berdasarkan data parameter-parameter spasial seperti data curah hujan, kemiringan lereng, peta jenis tanah, dan penggunaan lahan yang diperoleh dari data citra landsat 8 OLI/TIRS.

2. METODOLOGI

Kota Padang adalah kota dengan kekerapan hujan dan curah hujan yang cukup tinggi. Kota Padang dipilih sebagai lokasi penelitian karena Kota Padang merupakan ibukota provinsi yang mengalami pembangunan pesat. Peningkatan pembangunan Kota Padang akan berbanding terbalik dengan berkurangnya daerah resapan air dan menjadi daerah yang kedap air yang membuat air hujan tergenang di permukaan dan terjadi banjir.

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu Citra LANDSAT OLI tahun 2017 yang diperoleh dari EarthExplorer – USGS, data jenis tanah, data geologi, dan data kemiringan lereng yang diperoleh dari instansi BAPPEDA Kota Padang dan data curah hujan yang

diperoleh dari Laboratorium Mekanika Fluida UNAND. Data Citra LANDSAT OLI 8 di ekstrak untuk mendapatkan data penggunaan lahan aktual. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode skoring dan tumpang susun atau overlay. Analisis spasial zonasi daerah resapan air dengan melakukan tumpang susun (overlay) data spasial. Penentuan zona potensi daerah resapan air menggunakan metode spasial kombinasi skoring dan aritmatik, berikut langkah-langkah dari penelitian ini:

2.1 Pembuatan Peta Penggunaan Lahan Aktual

Peta penggunaan lahan aktual pada penelitian ini diperoleh melalui ekstraksi data Citra Landsat 8 OLI. Tahap awal dari proses ekstraksi yaitu koreksi radiometrik merupakan pembetulan citra akibat kesalahan radiometrik atau cacat radiometrik, yaitu kesalahan yang berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan elemen gambar (pixel) pada citra, yang disebabkan oleh kesalahan sistem optik, karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari. Metode yang digunakan untuk melakukan koreksi radiometrik adalah metode *dark pixel correction*, yaitu metode yang digunakan untuk menghilangkan efek gelap yang ditimbulkan oleh atmosfer pada citra dengan cara mengurangi nilai tiap-tiap band dengan nilai band terendahnya. Rumus dark piksel correction adalah sebagai berikut:

$$DN_{\text{koreksi}} = DN - \text{bias (nilai minimum)}$$

Tahap selanjutnya adalah proses klasifikasi dan interpretasi citra dengan menggunakan software ENVI 5.1. Penelitian ini menggunakan model IIL yang berasal dari Citra Landsat 8 OLI. IIL berperan sebagai sumber pembangkit objek dalam proses segmentasi. IIL dibangun melalui proses layer stacking (Tso dan Mather 2009). Metode yang digunakan dalam proses segmentasi adalah *Edge Method*. Langkah ini termasuk dalam proses *Feature extraction-Example based classification* dengan memasukkan scale level yaitu proses segmentasi citra yang memiliki kesamaan warna atau tekstur. Setelah memasukkan *scale level* dilanjutkan dengan *region merging* yang pada dasarnya bertujuan mengelompokkan bagian bagian yang memiliki kesamaan objek untuk memperbaiki kualitas segmentasi.

Tahap berikut melakukan uji akurasi hasil interpretasi dilakukan melalui pengecekan lapangan dengan pengukuran beberapa titik koordinat (*sampel area*) penggunaan lahan/penutup lahan. Uji ketelitian interpretasi dilakukan secara kuantitatif, dalam proses pemetaan klasifikasi /penutupan lahan nilai akurasi yang dapat diterima yaitu 85% atau 0,85. Ketelitian analisis dibuat dalam beberapa kelas X yang dihitung dengan membuat matriks dari perhitungan setiap kesalahan (*confusion matrix*) (Sutanto, 1994). Berikut rumus *confusion matrix*:

$$MA = \frac{X_{cr} \text{ pixel}}{X_{cr} \text{ pixel} + X_{o} \text{ Pixel} + X_{co} \text{ pixel}}$$

Keterangan :

MA : Ketelitian pemetaan (Mapping Accuracy)

X_{cr} : Jumlah kelas X yang terkoreksi

X_o : Jumlah kelas X yang termasuk ke kelas

lain (omisi)

X_{co} : Jumlah kelas X tambahan dari kelas lain

(komisi)

Ketelitian seluruh hasil klasifikasi (KH) adalah :

KH = Jumlah objek murni semua kelas/Jumlah semua objek.

2.2 Pembuatan Peta Curah Hujan

Peta curah hujan diperoleh dari data curah hujan rata-rata tahunan dan data koordinat lokasi stasiun pengamatan curah hujan yang mewakili keseluruhan wilayah Kota Padang. Informasi curah hujan sebagai berikut : jumlah curah hujan bulanan rata-rata, banyaknya hari hujan rata-rata dalam satu bulan, dan curah hujan harian rata-rata untuk bulan tertentu diperlukan untuk menghitung erosivitas hujan bulanan rata-rata ataupun erosivitas hujan tahunan (dengan metode Bols ataupun Lenvain). Diperlukan juga data jangka panjang, sekurang-kurangnya selama 10 tahun dan akan lebih baik jika lebih dari 20 tahun. Data curah hujan diolah menjadi data spasial dengan metode interpolasi geostatistik.

2.3 Pembuatan Peta Jenis Tanah

Peta jenis tanah yang diperoleh merupakan peta jenis tanah yang mencakup seluruh wilayah Kota Padang yang diperoleh dari data sekunder (data instansi). Jenis Tanah sangat berpengaruh pada proses infiltrasi atau tingkat resapan tanah bila dibandingkan dengan kapasitas air hujan yang turun langsung ke tanah tidak melebihi atau lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju dari infiltrasi bisa dikatakan sama dengan intensitas hujan

2.4 Pembuatan Peta Kemiringan Lereng

Peta jenis tanah dibuat dengan mengekstrak data DEM (Digital Elevation Model) Kota Padang. Data DEM diolah dengan metode interpolasi dan klasifikasi kelas lereng menjadi beberapa kelas kemiringan lereng yaitu: 0-8% (datar), 8-15 (landai), 15-25% (bergelombang), 25-40% (agak curam) dan >40% (sangat curam) (Chow, 1968 dalam Matondang, 2013).

2.5 Skoring Parameter Resapan Air

Pengklasifikasian parameter kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, dan penggunaan lahan dikutip dari PERATURAN MENTERI KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR : P. 32/MENHUT-II/2009 TENTANG TATA CARA PENYUSUNAN RENCANA TEKNIK REHABILITASI HUTAN DAN LAHAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (RTKRHL-DAS) dalam Penilaian Kekritisitas Daerah Resapan (Opsional) tentang Teknik Penentuan Klasifikasi Tingkat Infiltrasi.

2.6 Analisis Overlay

Proses *overlay* merupakan proses tumpang susun, yaitu menggabungkan dua atau lebih data grafis untuk memperoleh data grafis baru yang memiliki satuan pemetaan (unit pemetaan). Hasil dari *overlay* akan diperoleh satuan pemetaan baru (peta baru). Untuk pembuatan Peta daerah potensi resapan air metode aritmatika yang digunakan pada proses *overlay* dari parameter-parameter daerah potensi resapan air berupa metode pengkalian antara skor dengan bobot pada masing-masing parameter daerah potensi resapan air (infiltrasi).

Hasil penskoran parameter resapan air digunakan untuk mengisi data atribut dari parameter penentu kemampuan infiltrasi alami. Data-data yang telah diisikan nilai harkatnya, kemudian dioverlaykan menggunakan metode analisis tumpang susun *intersect*. Adapun nilai

interval kemampuan infiltrasi menggunakan rumus interval Sturgess yaitu membagi nilai data tertinggi dan data terendah sehingga sesuai dengan kelas yang diinginkan, rumus interval Sturgess (Hendriana, 2013):

$$K_i = (X_t - X_r) / k$$

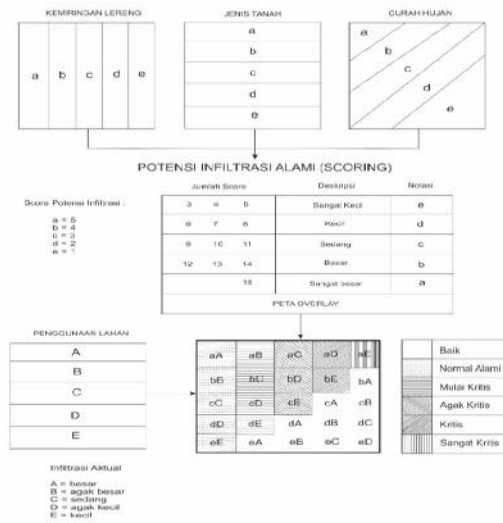
Keterangan:

K_i = Kelas Interval

X_r = Data terendah

X_t = Data Tertinggi

k = Jumlah kelas yang diinginkan



Gambar 1. Pendekatan Penyusunan Model Pengkajian Daerah Resapan Air.

(Sumber : Direktorat Jendral RTkRHL-DAS (1998), dengan modifikasi Wahyuni,dkk (2017)

Proses overlay/tumpang susun hasil kemampuan infiltrasi alami terhadap data penggunaan lahan menggunakan model pengkajian daerah resapan Direktorat Jendral Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan tahun 1998, dengan modifikasi Wahyuni,dkk (2017) sebagaimana tersaji pada Gambar 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Parameter Potensi Daerah Resapan Air

3.1.1 Jenis Tanah

Jenis tanah di Kota Padang didominasi oleh jenis tanah Latosol yang memiliki kemampuan meresap air tergolong sedang. Jenis tanah ini terdapat

di bagian barat Kota Padang, sebagian besar terdapat di Kecamatan Pauh dan Koto Tengah.

Tabel 1. Klasifikasi Jenis Tanah dan Infiltrasi Di Kota Padang

No	Jenis Tanah	Infiltrasi	Skor	Luas (Ha)
1	Aluvial	Agak besar	4	15864,714
2	Latosol	Sedang	3	32366,153
3	Latosol dan Podsolik Merah Kuning	Sedang	3	0,014
4	Andosol	Agak besar	4	5758,145
5	Komplek Podsolik Merah Kuning Latosol dan Litosol	Agak kecil	2	10788,398
6	Latosol dan Podsolik Merah Kuning	Sedang	3	3789,870
7	Organosol dan Glei Humus	Kecil	1	684,636
8	Regosol	Besar	5	974,731

Sumber : Analisis data penelitian,2018

3.1.2 Curah Hujan

Pada penelitian ini menggunakan data curah hujan tahun 2016 di lima stasiun pengamatan di Kota Padang seperti yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Curah Hujan dan Infiltrasi di Kota Padang

No	Stasiun	Curah Hujan (mm/th)	Infiltrasi	Skor	Luas (Ha)
1	Kasang	4368	Agak besar	3	7930,542
2	Ladang Padi	4951	Besar	4	9617,656
3	Gunung Nago	5768	Sangat besar	5	22283,527
4	Koto Tuo	4154	Agak besar	3	16463,022
5	Batu Busuk	4549	Besar	4	13931,914

Sumber : Analisis data penelitian,2018

3.1.3 Kemiringan Lereng

Kondisi topografi di Kota Padang secara umum persentase luasannya yaitu agak curam,

curam dan sangat curam ini menyebabkan kurangnya air yang dapat terinfiltrasi, karena sebagian besar air hujan akan menjadi aliran permukaan.

Sedangkan daerah bagian barat Kota Padang didominasi oleh lahan terbangun, perkebunan dan sawah dengan kelerengan datar dan landai mulai dari 0 meter sampai 25 meter di atas permukaan air laut.

Tabel 3. Kemiringan Lereng Kota Padang

No	Kemiringan Lereng	Ket	Infiltrasi	Skor	Luas (Ha)
1	< 8%	Datar	Besar	5	24520,76
2	8 - 15 %	Landai	Agak besar	4	13049,66
3	15 - 25 %	Agak Curam	Sedang	3	22588,18
4	25 - 40 %	Curam	Agak kecil	2	9183,295
5	> 40 %	Sangat curam	Kecil	1	884,749

Sumber : Analisis data penelitian,2018

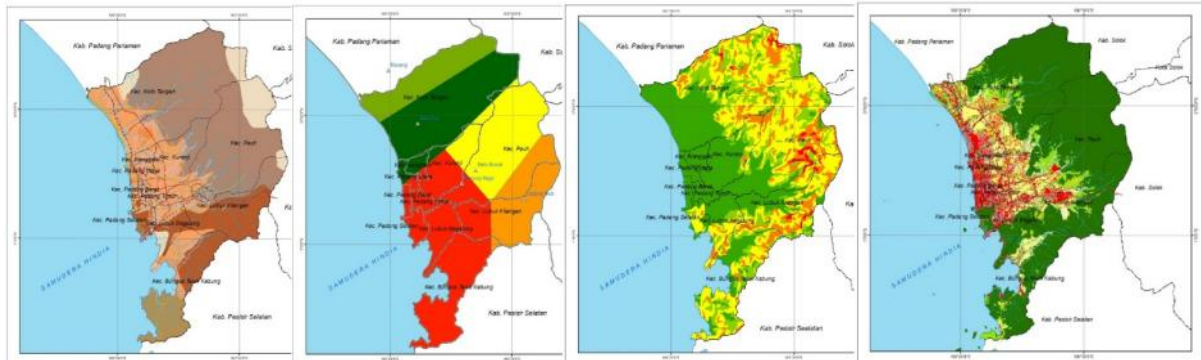
3.1.4 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan Kota Padang masih didominasi oleh hutan karena daerah timur Kota Padang merupakan wilayah pegunungan yang mempunyai ketinggian bervariasi dan sangat curam dengan ketinggian >1000 mdpl.

Tabel 4. Penggunaan Lahan Kota Padang tahun 2017

No	Penggunaan Lahan	Deskripsi besar Infiltrasi/Kerapatan	Notasi	Luas (Ha)
1	Hutan	Besar	A	45596,27
2	Lahan Terbangun	Kecil	E	9542,933
3	Semak/ Belukar	Sedang	C	4481,902
4	Lahan Terbuka	Sedang	C	863,4812
5	Perkebunan	Agak besar	B	2237,349
6	Kebun Campuran	Agak besar	B	5,489303
7	Tegalan /Ladang	Agak kecil	D	1281,85
8	Sawah	Kecil	E	6217,391

Sumber : Analisis data penelitian,2018



Gambar 2. Parameter Potensi Resapan Air (Jenis tanah, Curah Hujan, Kemiringan Lereng dan Penggunaan Lahan)

Sumber : Analisis data penelitian,2018

3.2 Sebaran Daerah Potensi Resapan Air Aktual Kota Padang

Pada penelitian ini, resapan air dibagi menjadi 6 kelas sesuai dengan Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRLHDAS), 2009 dalam Wibowo (2006) daerah resapan air dibagi menjadi enam klasifikasi kriteria kondisi resapan air mulai dari kondisi resapan baik sampai kondisi

sangat kritis. Penjelasan setiap daerah resapan adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Kondisi Potensi Resapan Air Aktual Kota Padang

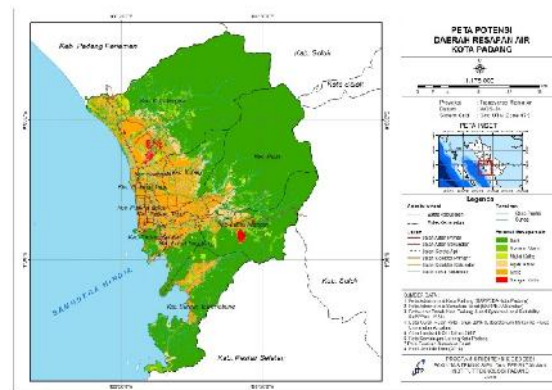
No	Resapan (Infiltrasi)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Baik	49011,004	69,79
2	Normal Alami	4013,590	5,71
3	Mulai Kritis	1435,447	2,04
4	Agak Kritis	2234,946	3,18

5	Kritis	12848,143	18,29
6	Sangat Kritis	683,527	0,97

Sumber : Analisis data penelitian,2018

Kondisi kawasan resapan air dengan luasan terbesar di daerah penelitian yaitu seluas 69,79% dari luas wilayah daerah penelitian terdapat pada kondisi resapan baik tersebar di wilayah timur Kota Padang yang merupakan wilayah pegunungan yang mempunyai ketinggian bervariasi dan sangat curam dengan ketinggian >1000 mdpl dan didominasi oleh hutan lebat. Kemudian diikuti dengan kondisi resapan air kritis yaitu seluas 18,29% dari wilayah penelitian yang tersebar merata di bagian timur Kota Padang dengan kelerengannya relatif datar hingga landai dan didominasi dengan penggunaan lahan sawah dan lahan terbangun. Selanjutnya kondisi resapan air normal alami memiliki luas area 5,71% dari luas wilayah daerah penelitian. Kondisi resapan air agak kritis memiliki luas area 3,18% dari luas wilayah daerah penelitian. Kondisi resapan air mulai kritis memiliki luas area 2,04% dari luas wilayah daerah penelitian. Adapun kondisi peresapan air dengan luasan terkecil di daerah penelitian yaitu seluas 0,97% dari luas wilayah daerah penelitian terdapat pada kondisi resapan air sangat kritis yang berada pada wilayah yang didominasi dengan jenis tanah Organosol dan Glei Humus dan didominasi dengan penggunaan lahan sawah, lahan terbuka (pertambangan) dan lahan terbangun.

Hasil pemetaan dan identifikasi kondisi aktual kawasan resapan air berbasis penggunaan lahan di lokasi penelitian ini menunjukkan bahwa fungsi kawasan resapan air di Kota Padang masih baik fungsinya karena sebagian besar Kota Padang masih didominasi oleh hutan. Namun, sebagian besar kawasan resapan air di bagian timur Kota Padang telah kritis, hal ini disebabkan penggunaan lahan yang telah mengalami alih fungsi.



Gambar 3. Peta Potensi Daerah Resapan Air Kota Padang

Sumber : Analisis data penelitian,2018

Teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis memungkinkan mengkaji pola spasial potensi daerah resapan air dalam cakupan yang luas dengan parameter-parameter spasial. Pemanfaatan data penginderaan jauh untuk pemetaan daerah potensi resapan air terus berkembang. Data penginderaan jauh dalam mengkaji kawasan resapan air memiliki peran dengan kemampuannya menyediakan data penggunaan lahan, kemiringan lereng dalam lingkup wilayah yang luas dan tingkat kerapatan data yang tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian, daerah potensi resapan air dapat diketahui luasan dan sebarannya dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis. Baik tidaknya resapan air sebuah kawasan bergantung pada parameter-parameter resapan air. Daerah yang termasuk resapan baik adalah daerah yang mempunyai skor total yang tinggi sesuai hasil dari analisis overlay. Semakin baik infiltrasi suatu parameter maka semakin baik pula resapan air suatu kawasan. Umumnya daerah yang jenis tanahnya mempunyai infiltrasi yang baik maka kawasan tersebut memiliki resapan yang baik. Apabila kondisi resapan air memburuk (kritis) maka semakin memberi peluang terjadinya banjir dan genangan. Dengan demikian kawasan-kawasan dengan potensi resapan air yang termasuk kategori kritis dan sangat kritis di lokasi penelitian dapat dikatakan merupakan daerah yang berpotensi rawan banjir dan genangan, karena permukaan tanah tidak mampu lagi untuk menyerap air.

4. KESIMPULAN

Kondisi kawasan resapan air dengan luasan terbesar di daerah penelitian yaitu seluas 69,79% dari luas wilayah daerah penelitian terdapat pada kondisi resapan baik tersebar di wilayah timur Kota Padang yang merupakan wilayah pegunungan yang mempunyai ketinggian bervariasi dan sangat curam dengan ketinggian >1000 mdpl dan didominasi oleh hutan lebat. Namun, sebagian besar kawasan resapan air di bagian timur Kota Padang telah kritis, hal ini disebabkan penggunaan lahan yang telah mengalami alih fungsi.

Daerah potensi resapan air dapat diketahui luasan dan sebarannya dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis yang memungkinkan mengkaji pola spasial potensi daerah resapan air dalam cakupan yang luas dengan parameter-parameter spasial.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih atas dukungan finansial. Penelitian ini didanai melalui dana Hibah Penelitian Institut Teknologi Padang tahun anggaran 2017/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Hendirana, Ika 2013. Sistem Informasi Geografis Penentuan Wilayah Rawan Banjir di Kabupaten Buleleng. KARMAPATI vol 2 no 5. Bali : Universitas Pendidikan Ganesha
- Matondang, J.P., 2013. Analisis Kawasan Zonasi Daerah Rawan Banjir Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis. Universitas Diponegoro. Semarang
- Mentayani, I., Hadinata, I. Y., & Prayitno, B. 2013. Karakteristik dan formasi keruangan kota-kota berbasis perairan di Indonesia. *Lanting Journal of Achitecture*, 2(2), 71–82. Retrieved from <http://ejournal.unlam.ac.id/index.php/lanting/article/viewFile/714/668>
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No: P.32/Menhut-II/2009 tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRHL-DAS)

Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Dasar jilid 2. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press

Tso B., Mather PM. 2009. Classification Methods for Remotely Sensed Data. Second edition. New York (USA): CRC Press

Wahyuni, dkk. 2017. Identifikasi Daerah Resapan Air di Sub Daerah Aliran Sungai Malino Hulu Daerah Aliran Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, Vol. 9 (2): 93-104, ISSN: 1907-5316. ISSN ONLINE: 2613-9979. DOI: <http://dx.doi.org/10.24259/jhm.v9i2.2891>

Wibowo, Mardi 2006. Model Penentuan Kawasan Resapan Air Untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan, Jakarta: Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi.