

Prediksi Debit Limpasan Air Permukaan pada Daerah Rawan Banjir di Kabupaten Jombang Berdasarkan Pemodelan Penggunaan Lahan

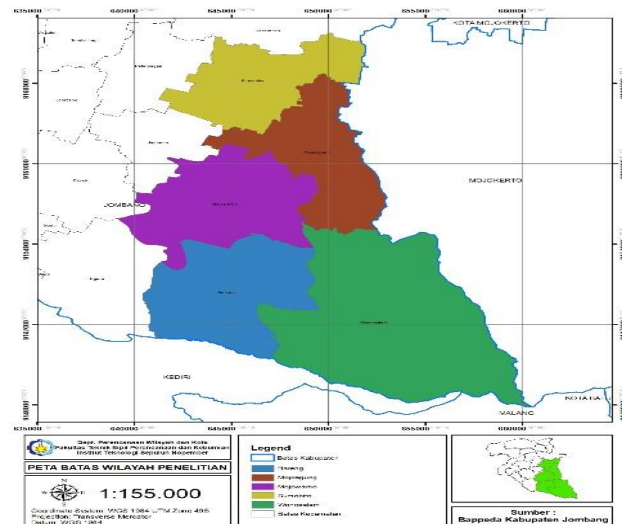
Ikhfadhulhikmy Kurnia Bintang Ramadhan, dan Cahyono Susetyo
 Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 e-mail: csusetyo@gmail.com

Abstrak—Pertumbuhan penduduk dan penetapan kebijakan khusus bagi suatu wilayah memiliki dampak langsung terhadap laju pembangunan. Dampak dari meningkatnya laju pembangunan adalah alih fungsi lahan, tidak terkecuali alih fungsi lahan pada kawasan resapan air sehingga mengakibatkan meningkatnya debit limpasan air yang berpotensi menjadi banjir. Terlebih peningkatan laju pembangunan tersebut terjadi pada daerah rawan banjir. Hal tersebut terjadi di Kabupaten Jombang, khususnya pada Kecamatan Mojoagung, Mojowarno, Sumobito, Bareng, dan Wonosalam. Selama 11 tahun (2006-2017) 5 kecamatan tersebut mengalami alih fungsi lahan dari non terbangun menjadi terbangun seluas 2009,26 Ha, selain itu wilayah tersebut merupakan daerah langganan banjir dan berdasarkan rencana tata ruang ditetapkan menjadi kawasan strategis ekonomi dengan fungsi perkotaan, perdagangan, dan industri. Berdasarkan pada kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memprediksi debit limpasan air permukaan berdasarkan pemodelan penggunaan lahan sebagai respon penetapan kebijakan yang ada. Tujuan penelitian dicapai dengan mengidentifikasi pola perkembangan penggunaan lahan, lalu mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan, selanjutnya melakukan pemodelan spasial penggunaan lahan sampai tahun 2039 dengan menggunakan metode *celluler automata*, dan terakhir menganalisis peningkatan debit limpasan air permukaan berdasarkan pemodelan penggunaan lahan dengan menggunakan metode rasional. Hasil dari penelitian ini wilayah penelitian terbagi menjadi 63 sub Das dan menghasilkan 2 skenario pemodelan penggunaan lahan yakni berdasarkan trend pertumbuhan lahan (SK1) dan analisis kebutuhan lahan (SK2). Berdasarkan SK1 menunjukkan 71,43% dari 63 sub das mengalami kenaikan koefisien limpasan dan debit limpasan dengan rata-rata kenaikan 0,61-0,63 m³/detik, dengan rincian terdapat 4129,15 Ha lahan yang diprediksi akan berubah menjadi kawasan terbangun pada tahun 2039 dengan potensi mengakibatkan kenaikan debit sangat tinggi. Sementara SK2 menunjukkan 68,25% dari 63 sub das mengalami kenaikan koefisien limpasan dan debit limpasan dengan rata-rata kenaikan 0,38-0,4 m³/detik, dengan rincian terdapat 2999,81 Ha lahan yang diprediksi akan berubah menjadi kawasan terbangun pada tahun 2039 dengan potensi mengakibatkan kenaikan debit sangat tinggi.

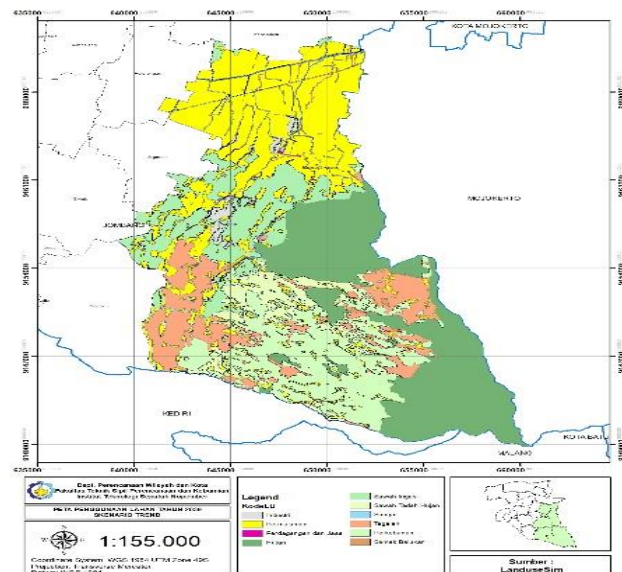
Kata Kunci—Celluler Automata, Limpasan Air Permukaan, Metode Rasional.

I. PENDAHULUAN

KABUPATEN Jombang adalah salah satu kabupaten yang mengalami kejadian banjir pada setiap tahunnya. Salah satu faktor yang mempengaruhi banjir adalah perkembangan berbagai dinamika pembangunan yang ada sehingga mengakibatkan adanya alih fungsi lahan, tidak terkecuali alih fungsi lahan pada kawasan resapan air. Terjadinya alih fungsi lahan pada kawasan resapan air akan

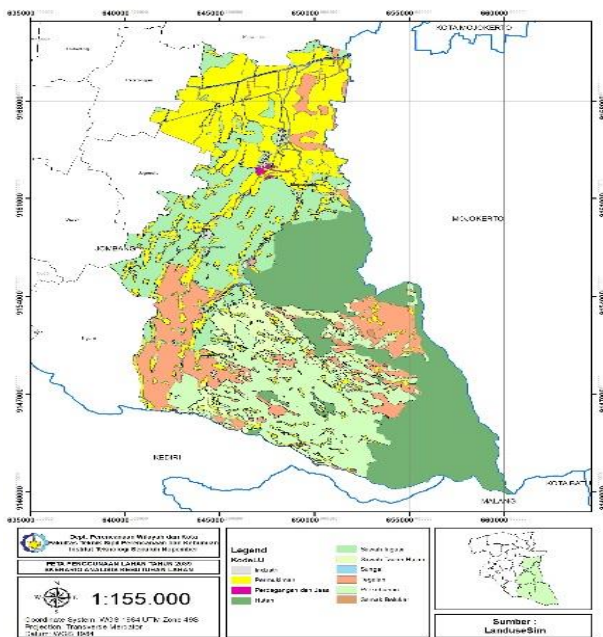


Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian yang terdiri dari 5 kecamatan.

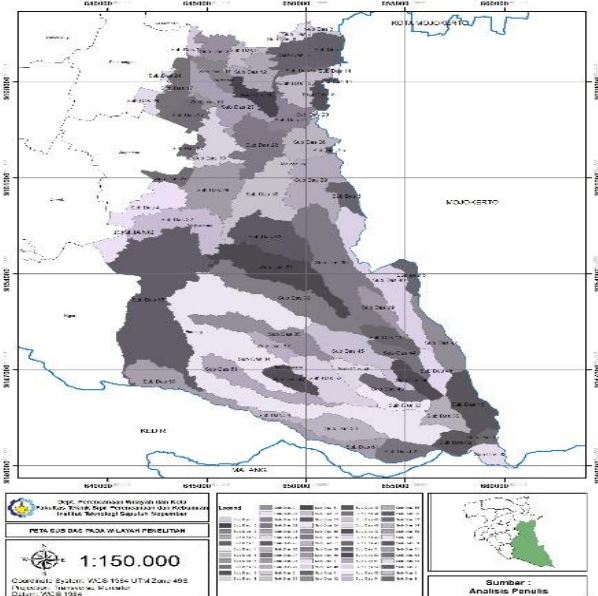


Gambar 2. Peta Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2039 Skenario Tren.

menyebabkan berkurangnya aliran dasar (*base flow*) dan pengisian air tanah (*infiltrasi*), dan sebaliknya hal tersebut juga akan meningkatkan volume limpasan air permukaan (*surface runoff*) yang menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan tata air [1]. Fenomena seperti itu akan berdampak pada turunnya kualitas lingkungan, dan apabila hal tersebut terus terjadi akan berakibat pada kondisi DAS, dimana akan sangat rawan terjadi banjir pada daerah hilir, dan longsor pada daerah hulu. Menurut Jayadi (2000), perubahan tata guna lahan daerah aliran sungai (DAS) memiliki pengaruh cukup dominan terhadap debit banjir. Alih fungsi



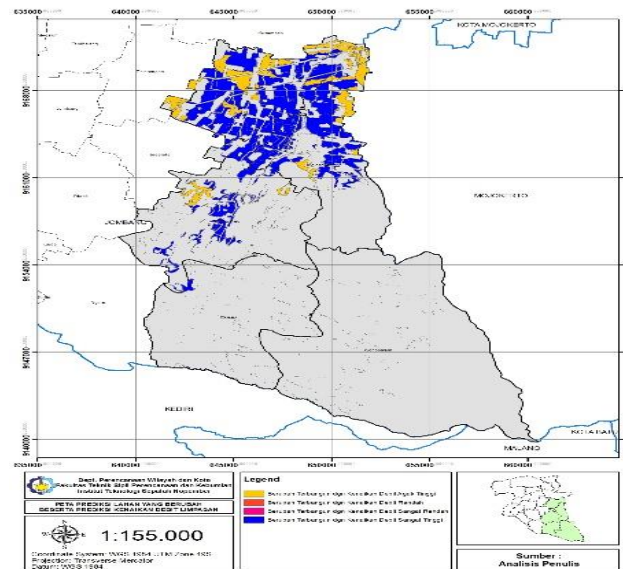
Gambar 3. Peta Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2039 Skenario Analisis Kebutuhan Lahan.



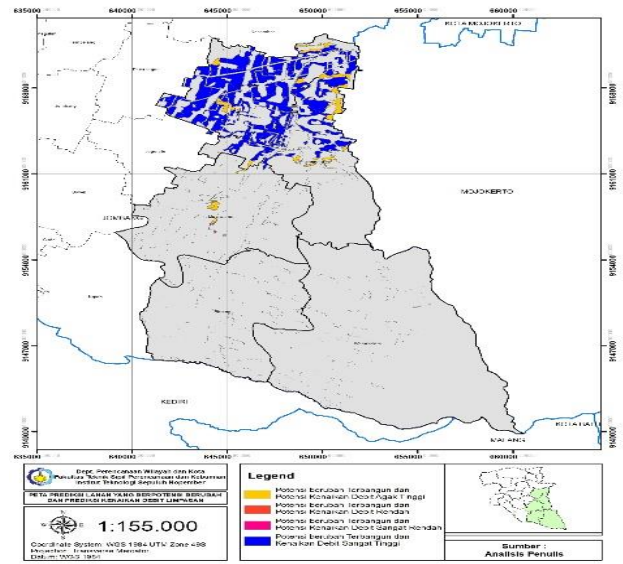
Gambar 4. Peta Delineasi Sub Das di Wilayah Penelitian.

lahan sendiri sering dipicu oleh pertambahan jumlah penduduk dan penetapan kebijakan pada rencana tata ruang pada wilayah tersebut [2]. Kecamatan Mojoagung, Mojowarno, Sumobito, Bareng, dan Wonosalam merupakan daerah rawan banjir di Kabupaten Jombang yang memiliki dinamika alih fungsi lahan yang tinggi, hal ini dibuktikan selama 11 tahun (2006-2017) terjadi pertumbuhan kawasan permukiman seluas 1865,59 ha dan kawasan industri seluas 143,67 ha. Fenomena alih fungsi lahan yang terjadi pada wilayah tersebut berpotensi terjadi semakin masif lagi, pasalnya dalam rencana tata ruang, wilayah tersebut ditetapkan sebagai kawasan ekonomi strategis dengan fungsi perkotaan, perdagangan jasa, dan perindustrian khususnya pada Kecamatan Mojoagung dan Mojowarno.

Berdasarkan kondisi tersebut, Pemerintah Kabupaten Jombang seharusnya perlu mensimulasikan seperti apa pertumbuhan lahan yang akan terjadi pada wilayah tersebut akibat dari adanya kebijakan pengembangan wilayah yang



Gambar 5. Peta Prediksi Lahan yang Berpotensi Berubah beserta Dampak Kenaikan Debit Limpasan (Skenario Tren).



Gambar 6. Peta Prediksi Lahan yang Berpotensi Berubah beserta Dampak Kenaikan Debit Limpasan (Skenario Analisis Kebutuhan Lahan).

termuat dalam rencana tata ruang, terlebih wilayah tersebut merupakan daerah rawan banjir. Proses simulasi akan dapat membantu mengidentifikasi dampak yang mungkin terjadi dikemudian hari, khususnya dampak kenaikan debit limpasan yang sangat berpotensi menjadi banjir.

Proses simulasi penggunaan lahan dapat dilakukan dengan teknik *celluler automata (CA)* berbasis grid. *Celluler Automata* adalah metode simulasi yang dapat menentukan proses perilaku perubahan suatu sistem. Sedangkan untuk perangkat lunak yang digunakan adalah *Landusesim*, *Landusesim* digunakan karena mampu mengakomodasi pendekatan *top down* dan *bottom up* serta mampu melakukan simulasi spasial berbasis *trend* ataupun *target* (Pratomoatmojo, 2014) [3]. Selain itu, *Landusesim* juga memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Sementara dalam menghitung debit limpasan menggunakan metode rasional, dimana dalam perhitungannya melibatkan karakteristik DAS seperti jenis penggunaan lahan, keterenggan, dan jenis tanah, lalu intensitas hujan yang terjadi, serta luas DAS yang akan dihitung. Proses perhitungan debit limpasan berdasarkan

Tabel 1.
Perubahan Luas Penggunaan Lahan Wilayah Penelitian tahun 2006-2017

No	Penggunaan Lahan	Luas 2006 (Ha)	Luas 2017 (Ha)	Perubahan (Ha)
1	Industri	11,978	155,653	143,676
2	Permukiman	3964,303	5829,899	1865,596
3	Perdagangan dan Jasa	14,446	14,446	0,000
4	Hutan	8941,049	8954,127	13,078
5	Sawah Irigasi	8617,465	7304,203	-1313,262
6	Sawah Tadah Hujan	1725,663	1575,141	-150,522
7	Sungai	118,411	118,411	0,000
8	Tegalan	5616,761	6125,969	509,208
9	Perkebunan	6851,628	5783,352	-1068,277
10	Semak Belukar	58,585	55,654	-2,931
11	Jalan Toll	0,000	3,434	3,434
Jumlah		35920,28	35920,28	9

Tabel 4.
Skenario Pemodelan Penggunaan Lahan

Skenario Tren Pertumbuhan Lahan				
No	Penggunaan Lahan	Kebutuhan Lahan Tahun 2039 (Ha)	Kebutuhan Lahan Tahun 2039 (Cell)	
1	Permukiman	5596,8	559680	
2	Perdagangan dan Jasa	0	0	
3	Industri dan Pergudangan	430,98	43098	
Skenario Analisis Kebutuhan Lahan				
No	Penggunaan Lahan	Kebutuhan Lahan Tahun 2039 (Ha)	Kebutuhan Lahan Tahun 2039 (Cell)	
1	Permukiman	3733,85	373385	
2	Perdagangan dan Jasa	40,49	4049	
3	Industri dan Pergudangan	114,84	11484	

prediksi penggunaan lahan akan memanfaatkan pengaplikasian SIG (Sistem Informasi Geografis), sehingga akan memudahkan dalam penyajian data hasil perhitungan.

Dengan demikian, maka penelitian ini hadir untuk memprediksi debit limpasan air permukaan pada daerah rawan banjir di Kabupaten Jombang berdasarkan pemodelan penggunaan lahan. Dalam prosesnya akan melibatkan berbagai narasumber multi ranah dalam menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dalam perubahan penggunaan lahan.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Wilayah Penelitian

Penelitian ini dilakukan di 5 kecamatan rawan banjir di Kabupaten Jombang, yakni Kecamatan Mojoagung, Mojowarno, Sumobito, Bareng, dan Wonosalam. Wilayah penelitian memiliki luas 39.920,29 ha, dapat dilihat pada Gambar 1.

B. Metode Pengumpulan Data

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data meliputi survei primer dan survei sekunder. Survei primer untuk mendapatkan data dokumentasi kondisi eksisting dan hasil kuisioner delphi dan AHP. Survei sekunder untuk memperoleh data spasial seperti peta penggunaan lahan, peta sarana, dan peta jaringan prasarana, serta data curah hujan dan data kependudukan. Adapun instansi yang terlibat adalah BAPPEDA, Dinas PUPR, BPS, dan BPBD.

C. Metode Analisis

1) Mengidentifikasi pola perkembangan penggunaan lahan di daerah rawan banjir.

Teknik yang digunakan dalam mengidentifikasi pola perkembangan penggunaan lahan adalah teknik *overlay intersect* pada dua peta penggunaan lahan, yakni peta penggunaan lahan tahun 2017 *updating* 2019 yang diperoleh dari Bappeda Kabupaten Jombang dengan peta penggunaan lahan 2006 yang bersumber dari Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia).

2) Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan.

Teknik analisis dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan adalah teknik analisis delphi. Analisis delphi dilakukan dengan media kuisioner dan wawancara kepada *stakeholder* terpilih. Hasil analisis delphi dapat dikatakan valid karena disampaikan oleh para narasumber yang dianggap memiliki kapasitas dalam bidang terkait serta melalui iterasi. Proses tanya jawab berakhir apabila terjadi kesepakatan antara seluruh *stakeholder* terhadap faktor yang diujikan. Selanjutnya faktor terpilih akan dibobotkan tingkat pengaruhnya oleh narasumber yang terlibat sebelumnya.

3) Melakukan pemodelan spasial perubahan penggunaan lahan pada daerah rawan banjir sampai tahun 2039.

a. Membuat peta transisi

Pembuatan peta transisi diperoleh dari peta *Euclidean Distance* dari setiap faktor yang terpilih melalui analisis *delphi*. Selanjutnya peta tersebut dilakukan proses standarisasi nilai dengan operasi *fuzzy* (0-1). Untuk faktor yang memiliki definisi semakin dekat semakin berpotensi berubah maka *fuzzy* diatur menjadi *monotonically decreasing*. Apabila faktor memiliki definisi semakin jauh semakin berpotensi berubah maka menjadi *monotonically increasing*. Selanjutnya peta yang telah distandarisasi dilakukan proses *overlay* dengan memasukkan nilai bobot tiap faktor, *overlay* menggunakan operasi *weighted raster*.

b. Menentukan Neighborhood Filter

Neighborhood filter merupakan proses perhitungan ketetangaan yang bekerja pada sistem grid. *Neighborhood filter* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3x3, karena menghasilkan perubahan lahan yang lebih kompak. Hal tersebut telah dibuktikan oleh penelitian sebelumnya oleh Gharbia dkk (2016) dan Pratomoatmojo (2018) [4],[5].

c. Membuat Transisi Rules

Transisi rules adalah bagian terpenting dalam proses pemodelan ini. Dalam *transisi rules* memuat kode lahan yang disimulasikan berubah beserta dengan besar perubahannya dan *landuse constraintnya*. Dalam penelitian ini menggunakan 2 skenario *transisi rules*, yakni berbasis tren pertumbuhan lahan dan berbasis analisis kebutuhan lahan.

d. Proses Simulasi

Proses simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *Landusesim* menggunakan input peta dasar penggunaan lahan tahun 2006. Proses simulasi dilakukan sebanyak 2 kali pada setiap skenario, yakni simulasi pertama yakni 2006-2017 dengan proses iterasi 5 kali, hasil dari simulasi pertama digunakan untuk proses validasi. Sedangkan untuk simulasi kedua yakni 2006-2039 dengan proses iterasi 6 kali sehingga

Tabel 2.
 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perubahan Lahan Permukiman, Perdagangan Jasa, dan Industri

No	Variabel	Hubungan	Bobot
Faktor Pendorong Perubahan Lahan Permukiman			
1	Permukiman Eksisting	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,182
2	Kawasan Rawan Bencana	Semakin jauh semakin berpotensi tumbuh	0,062
3	Jaringan Air Bersih	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,061
4	Jalan Lingkungan	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,119
5	Jalan Lokal	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,107
6	Harga Lahan	Semakin dekat dengan harga lahan yang murah semakin berpotensi tumbuh	0,187
7	Tingkat Pertumbuhan Penduduk	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,061
8	Fasilitas Pendidikan	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,067
9	Jalan Kolektor	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,089
10	Fasilitas Transportasi	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,066
Faktor Pendorong Perubahan Lahan Perdagangan dan Jasa			
1	Pusat Kota	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,093
2	Permukiman Eksisting	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,152
3	Perdagangan dan Jasa Eksisting	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,215
4	Jalan Arteri	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,099
5	Jalan Kolektor	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,119
6	Jaringan Air Bersih	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,047
7	Lokasi Wisata	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,077
8	Lokasi Industri	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,127
9	Jalan Lingkungan	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,070
Faktor Pendorong Perubahan Lahan Industri dan Pergudangan			
1	Permukiman Eksisting	Semakin jauh semakin berpotensi tumbuh	0,041
2	Lokasi Industri Eksisting	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,153
3	Kelerengan Kawasan	Semakin dekat pada kawasan kelerengan landai semakin berpotensi tumbuh	0,058
4	Jaringan Listrik	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,095
5	Sumber Air	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,063
6	Kawasan Rencana Industri	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,246
7	Jalan Arteri	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,200
8	Jalan Kolektor	Semakin dekat semakin berpotensi tumbuh	0,144

menghasilkan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2012, 2017, 2022, 2028, 2032, dan 2039.

4) *Menganalisis seberapa besar peningkatan debit limpasan air permukaan berdasarkan pemodelan penggunaan lahan.*

a. Menghitung Hujan Kawasan dan Hujan Rencana

Salah satu teknik analisis yang digunakan dalam menghitung hujan kawasan adalah dengan *polygon thiessen*. (Suripin, 2003) [6]. Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan terhadap DAS, sehingga variasi hujan antar stasiun adalah linier dan dianggap dapat mewakili wilayahnya. Sedangkan untuk menghitung hujan rencana menggunakan distribusi *Log Pearson type III*. Penggunaan jenis distribusi ini menyesuaikan ketersediaan data curah hujan pada wilayah penelitian yang berupa sampel (Kamiana, 2010) [7].

$$\text{Log } Xt = \overline{\text{Log } X} + K_T + S \text{ Log } X \quad (1)$$

$$S \text{ Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{log} Xi - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1} \quad (2)$$

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{log} Xi - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{ log } X)^3} \quad (3)$$

Keterangan

Log Xt : Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode t tahun
 K_T : Variabel standart tergantung dengan CS dan CK
 S Log X : Deviasi standart dari Log X

b. Menentukan Delineasi Sub Das

Teknik analisis dalam menentukan delineasi sub das adalah menggunakan *Hydrologi Tool* pada *software Arcgis*.

Data dasar yang digunakan adalah data DEM yang didapat dari DEMNAS. *Tools* yang digunakan adalah *fill* untuk mengisi data *cell* yang error pada DEM, lalu *flow direction* untuk menentukan arah pergerakan aliran air, selanjutnya *flow accumulation* untuk menentukan lokasi yang memiliki akumulasi air banyak, lalu *snapp pour point* untuk menentukan titik *outlet*, dan terakhir *watershed* untuk menentukan deliniasi sub das berdasarkan hasil *output* dari proses sebelumnya.

c. Menghitung Koefisien Limpasan (C)

Dalam perhitungan nilai koefisien limpasan akhir menggunakan perhitungan berbasis *cell* dengan *tool raster calculator*. Dimana koefisien limpasan yang dihitung berdasarkan dari koefisien dari jenis penggunaan lahan, koefisien dari kelas kelerengan lahan, dan koefisien dari jenis tanah. berikut adalah rumus hitung nilai koefisien rata-rata.

$$\bar{C} = \frac{C \text{ Landuse} + C \text{ Jenis Tanah} + C \text{ Kelerengan}}{3} \quad (4)$$

Selanjutnya setelah mendapatkan nilai C rata-rata, dilanjutkan dengan menghitung nilai C tertimbang dengan cara sebagai berikut.


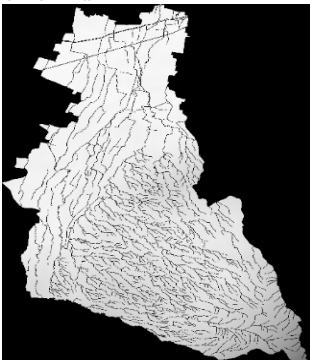

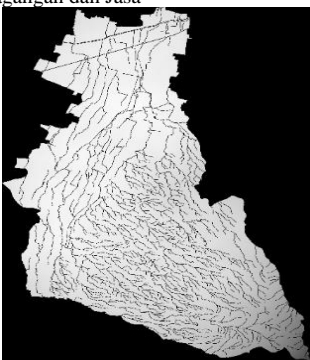

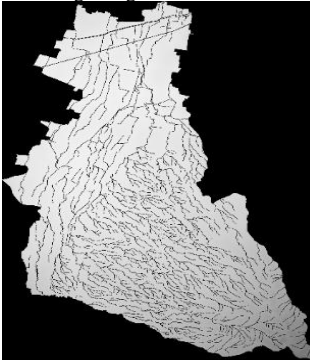
$$Ct Xa = \frac{C Xa \times A Xa}{Ay} \quad (5)$$

Keterangan

Ct Xa : Nilai C tertimbang untuk C rata rata bernilai "a"
 C Xa : *field* C rata rata
 A Xa : *field* luas dari C rata-rata
 Ay : *field* Luas Sub Das

Untuk langkah terakhir memperoleh nilai C akhir adalah menjumlahkan nilai C tertimbang yang memiliki atribut sub das yang sama.

Tabel 3.
Peta Transisi Map Perubahan Penggunaan Lahan

Peta Transisi Map Sebelum Overlay	Setelah Overlay dengan Constrain
	
	
	

d. Menghitung Debit Limpasan

Teknik analisis yang digunakan dalam menghitung debit limpasan adalah metode rasional. Metode rasional adalah salah satu metode yang paling lama dipakai dan hanya untuk memperkirakan aliran permukaan [8]. Metode mengalikan antara luas Das (A), Intensitas Hujan (I), dan Koefisien Limpasan (C). Berikut adalah rumus metode rasional.

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (6)$$

Keterangan

Q = Debit Limpasan (m³/detik)

C = Koefisien Limpasan Air Permukaan (0 ≤ C ≤ 1)

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

A = Luas Sub Das (Hektar)

e. Mengidentifikasi Hubungan Kenaikan Debit dengan Perubahan Penggunaan Lahan

Mengidentifikasi hubungan kenaikan debit dengan perubahan penggunaan lahan adalah proses penyusunan

kesimpulan akhir. Proses ini dianalisis dengan menggunakan teknik *query builder*. Adapun sebelumnya dilakukan proses *overlay intersect* terlebih dahulu antara peta kelas kenaikan debit limpasan yang diperoleh dengan metode *kuartil* dengan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2039. *Query builder* dilakukan dengan cara menyeleksi data yang memiliki nilai atribut “berpotensi berubah menjadi kawasan terbangun” dan “kelas kenaikan debit limpasan sangat tinggi” sehingga akan dihasilkan *polygon* baru dengan keterangan “berpotensi berubah menjadi kawasan terbangun dan mengakibatkan kenaikan debit limpasan sangat tinggi”Format dan simpan citra grafis Anda menggunakan program pemrosesan grafis yang sesuai dan legal. Sesuaikan ukuran dan resolusi dari citra tersebut agar setiap tulisan maupun bentuk obyek yang terkandung di dalamnya tetap dapat dibaca atau dibedakan. Gambar hasil fotografi maupun *grayscale* harus disiapkan dalam resolusi 400dpi dan disimpan tanpa proses kompresi, 8 bits per piksel (*grayscale*).

Tabel 5.
Perhitungan Hujan Rencana

T (Tahun) Probability	PERIODE HUJAN						
	2	5	10	20	50	100	200
Nilai Kt (-0,574)	0,083	0,856	1,216	1,45	1,777	1,995	2,108
Persamaan (1)	Log Xr + Kt x S Log X						
Hasil (t)	1,883310558	1,951620164	1,983433176	2,004111634	2,03300845 3	2,052272999	2,06225875
Curah Hujan (mm) (10 ⁶)	76,43821876	89,45820181	96,25718928	100,9512344	107,896772 3	112,7906239	115,4140683

Tabel 6.
Koefisien Limpasan berdasarkan Skenario Tren Pertumbuhan Lahan

No	Sub Das	Skenario Tren Pertumbuhan Lahan					
		Eksisting			Skenario Tren Pertumbuhan Lahan		
		C2006	C2017	C2022	C2028	C2033	C2039
1	Sub Das 57	0,53864335	0,53864335	0,538102871	0,538102871	0,538102871	0,538102871
2	Sub Das 60	0,534776632	0,534776632	0,53485803	0,53485803	0,53485803	0,53485803
3	Sub Das 63	0,53461496	0,53461496	0,532342966	0,532342966	0,532342966	0,532342966
4	Sub Das 25	0,43814988	0,44919717	0,443222805	0,463045861	0,486118058	0,486118058
5	Sub Das 22	0,449273956	0,45790944	0,473898747	0,478563876	0,482712062	0,485284128

Tabel 7.
Koefisien Limpasan Skenario Analisis Kebutuhan Lahan

No	SUB DAS	ANALISIS KEBUTUHAN LAHAN					
		EKSISTING			ANALISIS KEBUTUHAN LAHAN		
		C2006	C2017	C2022	C2028	C2033	C2039
1	Sub Das 57	0,53864335	0,53864335	0,538102871	0,538102871	0,538102871	0,538102871
2	Sub Das 60	0,534776632	0,534776632	0,53485803	0,53485803	0,53485803	0,53485803
3	Sub Das 63	0,53461496	0,53461496	0,532342966	0,532342966	0,532342966	0,532342966
4	Sub Das 43	0,48447852	0,48447852	0,484418131	0,484418131	0,484418131	0,484418131
5	Sub Das 22	0,449273956	0,45790944	0,466369404	0,471257968	0,475451184	0,47926195

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Mengidentifikasi Pola Perkembangan Penggunaan Lahan di Daerah Rawan Banjir

Berdasarkan hasil identifikasi pola perkembangan penggunaan lahan di daerah rawan banjir menunjukkan adanya dinamika alih fungsi lahan, dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Mengidentifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perubahan Penggunaan Lahan

Proses identifikasi faktor dilakukan dengan 3 kali tahap eksplorasi, selanjutnya faktor yang teridentifikasi dilakukan pembobotan dengan melibatkan 7 stakeholder. maka berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan lahan permukiman, perdagangan dan jasa, dan industri, dapat dilihat pada Tabel 2.

C. Melakukan Pemodelan Spasial Perubahan Penggunaan Lahan pada Daerah Rawan Banjir sampai Tahun 2039

Berdasarkan dengan hasil analisis *delphi* dan AHP dimana diketahui faktor terpilih beserta dengan bobotnya, selanjutnya hal tersebut dijadikan bahan dalam membuat peta transisi, dapat dilihat pada Tabel 3. Selanjutnya *transisi map* digunakan sebagai *input* dalam menentukan *transisi rules*, dimana untuk kode lahan yang akan disimulasikan adalah kode lahan 1 (Industri dan Pergudangan), 2 (Perumahan), dan 3 (Perdagangan dan Jasa). Sementara untuk *growth cell* menggunakan 2 skenario, yakni berdasarkan tren

pertumbuhan lahan dan berdasarkan analisis kebutuhan lahan dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan dengan *transisi rules* yang telah dibuat maka hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2039 berdasarkan skenario tren pertumbuhan lahan dan analisis kebutuhan lahan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Validasi dari kedua skenario menunjukkan untuk skenario tren pertumbuhan lahan didapati hasil validasi sebesar 87,54% sedangkan skenario analisis kebutuhan lahan memiliki nilai validasi sebesar 88,85%. Dengan begitu kedua skenario menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi

D. Menganalisis Seberapa Besar Peningkatan Debit Limpasan Air Permukaan berdasarkan Pemodelan Penggunaan Lahan

Berdasarkan data curah hujan harian yang bersumber dari 7 stasiun pengamatan hujan lokal yang tersebar di wilayah penelitian didapati curah hujan maksimum terjadi pada tanggal 20-2-2015 dengan curah hujan 97,2 mm/hari, sedangkan untuk curah hujan minimum terjadi tanggal 21-1-2011 dengan curah hujan 53,1 mm/hari. Selain itu dari hasil perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi *Log Pearson III* hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan tabel 5 periode hujan maka curah hujan rencana yang digunakan adalah periode 20 tahun dimana hal tersebut menyesuaikan dengan simulasi penggunaan lahan, yang artinya pada tahun 2039 setidaknya sekali akan turun hujan dengan curah hujan sebesar 100,95 mm/hari. Setelah diperoleh curah hujan rencana maka selanjutnya adalah menentukan deliniasi sub das, berdasarkan analisis topografi

Tabel 8.
Prediksi Debit Limpasan Berdasarkan Sk. Tren Pertumbuhan Lahan

No	Sub Das	DEBIT PERIODE HUJAN 20 TAHUN (m ³ /s)					
		Q 2006	Q 2017	Q 2022	Q 2028	Q 2033	Q 2039
1	Sub Das 34	196,0418	197,7339	196,0615	196,0615	196,0615	196,0653
2	Sub Das 56	149,8451	151,8687	149,8124	149,9539	150,2505	151,4481
3	Sub Das 36	65,28275	65,29839	65,28213	65,28213	65,28213	65,28213
4	Sub Das 30	50,97129	51,62641	51,07774	51,15536	51,30449	51,67649
5	Sub Das 31	51,51628	51,57386	51,52705	51,52705	51,52705	51,52712

Tabel 9.
Prediksi Debit Limpasan Berdasarkan Sk. Analisis Kebutuhan Lahan

NO	SUB DAS	DEBIT BERDASARKAN PERIODE HUJAN 20 TAHUN (m ³ /s)					
		Q 2006	Q 2017	Q 2022	Q 2028	Q 2033	Q 2039
1	Sub Das 34	196,042	197,734	196,062	196,062	196,062	196,062
2	Sub Das 56	149,845	151,869	149,660	149,664	149,680	149,711
3	Sub Das 36	65,283	65,298	65,282	65,282	65,282	65,282
4	Sub Das 31	51,516	51,574	51,527	51,527	51,527	51,527
5	Sub Das 38	51,308	52,225	51,306	51,306	51,306	51,306

menggunakan *hydrologi tool* didapati wilayah penelitian terbagi menjadi 63 sub das dapat dilihat pada Gambar 4.

Delineasi sub das selanjutnya akan digunakan sebagai unit analisis dalam menghitung koefisien limpasan (C) dan debit limpasan air. Koefisien limpasan dihitung secara *time series*, yakni mulai tahun 2006-2039. Berikut adalah 5 sub das yang memiliki nilai koefisien limpasan paling tinggi dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7. Maka setelah diperoleh nilai koefisien limpasan selanjutnya, adalah menghitung debit limpasan air permukaan dengan menggunakan metode rasional dan dilakukan secara *time series* juga. Pada Tabel 8 dan Tabel 9 hasil perhitungan debit untuk 5 sub das tertinggi.

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien limpasan dan debit limpasan secara *time series* 2006-2039, maka hasil akhirnya adalah menurut skenario tren pertumbuhan lahan hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2039 mengakibatkan kenaikan koefisien limpasan dan debit limpasan pada 45 sub das dari total 63 sub das. Sedangkan menurut skenario analisis kebutuhan lahan hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2039 mengakibatkan kenaikan koefisien limpasan dan debit limpasan pada 43 sub das dari total 63 sub das.

Selanjutnya data *time series* debit limpasan dihitung selisih kenaikannya tahun 2006-2039, dimana rentang selisih tersebut akan diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yakni kelas kenaikan sangat tinggi, agak tinggi, rendah, dan sangat rendah. Setelah itu hasilnya dilakukan proses *overlay intersect* untuk mengetahui wilayah mana saja yang berpotensi berubah menjadi kawasan terbangun (permukiman, perdagangan, dan industri) dan potensi dampak yang ditimbulkan terhadap debit limpasan air permukaan dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

Berdasarkan peta diatas maka hasil akhirnya adalah untuk skenario tren pertumbuhan lahan terdapat 4129,175 ha lahan yang berpotensi berubah menjadi kawasan terbangun dengan potensi dampak yang ditimbulkan adalah kenaikan debit limpasan sangat tinggi. Sedangkan menurut skenario analisis kebutuhan lahan terdapat 2999,810 ha lahan yang berpotensi berubah menjadi kawasan terbangun dengan potensi

kenaikan debit limpasan yang sangat tinggi. Dengan demikian maka hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2039 baik skenario tren ataupun analisis kebutuhan lahan memiliki dampak terhadap kenaikan debit limpasan di wilayah penelitian, dimana skenario analisis kebutuhan lahan memiliki dampak yang lebih kecil daripada skenario tren pertumbuhan lahan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian berjudul Prediksi Debit Limpasan Air Permukaan pada Daerah Rawan Banjir di Kabupaten Jombang berdasarkan Pemodelan Penggunaan Lahan ini berhasil memberikan gambaran potensi dampak kenaikan debit limpasan air permukaan yang akan timbul di masa mendatang dimana berdasarkan hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2039 menunjukkan wilayah penelitian yang terbagi menjadi 63 sub das mengalami peningkatan baik koefisien limpasan maupun debit limpasan pada 45 sub das diantaranya untuk skenario tren pertumbuhan lahan, dan 43 sub das diantaranya untuk skenario analisis kebutuhan lahan.

Selain itu hasil prediksi untuk skenario tren pertumbuhan lahan menunjukkan terdapat 4129,75 ha lahan yang berpotensi berubah menjadi kawasan terbangun dengan mengakibatkan kenaikan debit limpasan sangat tinggi yakni 0,61 – 0,63 m³/s, sedangkan skenario analisis kebutuhan lahan menunjukkan 2999,81 ha lahan yang berpotensi berubah menjadi kawasan terbangun dengan mengakibatkan kenaikan debit limpasan sangat tinggi yakni 0,38 – 0,4 m³/s.

Dengan demikian sekiranya hasil penelitian dapat dijadikan pertimbangan dalam mengevaluasi rencana tata ruang wilayah (RTRW) agar dampak lingkungan seperti banjir dan longsor dapat ditekan lebih maksimal lagi, selain itu hasil ini juga dapat dijadikan pedoman, khususnya pada sub das yang memiliki potensi kenaikan debit sangat tinggi untuk menyiapkan infrastruktur drainase kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sudarto, "Analisis pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap peningkatan jumlah aliran permukaan," Universitas Sebelas Maret, 2009.
- [2] D. P. Prabowo, S. Bachri, and B. S. Wiwoho, "Prediksi perubahan penggunaan lahan dan pola berdasarkan citra landsat multiwaktu dengan land change modeler (lcm) idrisi selva 17: studi kasus sub-das brantas hulu," *J. Pendidik. Geogr.*, vol. 22, no. 1, pp. 32–48, 2017, doi: 10.17977/um017v22i12017p032.
- [3] N. A. Pratomoatmojo, "Landusesim sebagai aplikasi pemodelan dan simulasi spasial perubahan penggunaan lahan berbasis sistem informasi geografis dalam konteks perencanaan wilayah dan kota," in *Seminar Nasional CITIES 2014*, 2014, pp. 67–79.
- [4] S. S. Gharbia, S. A. Alfatah, L. Gill, P. Johnston, and F. Pilla, "Land use scenarios and projections simulation using an integrated gis cellular automata algorithms," *Model. Earth Syst. Environ.*, vol. 2, no. 3, p. 151, 2016.
- [5] N. A. Pratomoatmojo, "Landusesim methods: land use class hierarchy for simulations of multiple land use growth," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 202, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/202/1/012023.
- [6] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI, 2003.
- [7] I. M. Kamiana, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu..., 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [8] *Hydrology and Water Quality Control*. New york: John Wiley & Sons, 1990.