

**PREDIKSI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN POLA BER-DASARKAN CITRA LANDSAT MULTIWAKTU DENGAN LAND CHANGE MODELER (LCM) IDRISI SELVA 17 : STUDI KASUS SUB-DAS BRANTAS HULU**

**Dodik Prasetyo Prabowo<sup>1</sup>, Syamsul Bachri<sup>2</sup>, Bagus Setiabudi Wiwoho<sup>3</sup>**

Email: dodikprasetyo321@gmail.com, syamsul.bachri.fis@um.ac.id, bagus.setiabudi.fis@um.ac.id

**Abstrak:** Sebagian besar area Sub-DAS Brantas hulu terletak di wilayah administrasi Kota Batu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dari tahun 2001 hingga 2011 dan 2015 serta memprediksinya di tahun 2020 dan 2025. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah analisis perubahan penggunaan lahan dari citra landsat 7 ETM+ tahun 2001 dan 2011 untuk memprediksi penggunaan lahan di tahun 2015 yang selanjutnya uji validitas dengan membandingkan peta penggunaan lahan hasil pemodelan dengan peta aktual penggunaan lahan Sub-DAS Brantas Hulu. Perangkat lunak yang digunakan adalah Idrisi Selva 17 dengan instrumen Land Change Modeler (LCM) dengan pemilihan Multi-Layer Perceptron (MLP) yang digunakan untuk mengevaluasi beberapa variabel yang berpengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan. Di tahun 2020, didapatkan luas hutan sebesar 8883.19 Ha, luas ladang sebesar 2066.59 Ha, luas sawah sebesar 295.15 Ha, luas pemukiman sebesar 3193,75 Ha, luas tanaman campuran sebesar 5221.73 Ha, dan luas lahan terbuka pada kaldera sebesar 380,96 Ha. Sedangkan di tahun 2025, luas penggunaan lahan berupa hutan sebesar 9134.50 Ha, sedangkan luas penggunaan lahan ladang sebesar 1766,72 Ha, luas sawah sebesar 295,96 Ha, sedangkan luas pemukiman sebesar 3314,97 Ha, luas tanaman campuran sebesar 5147.67 Ha, dan luas lahan terbuka pada kaldera sebesar 380.98 Ha. Faktor pendorong perubahan penggunaan lahan di wilayah penelitian lebih disebabkan oleh jaringan jalan.

**Kata Kunci:** prediksi, perubahan penggunaan lahan, land change modeler

## **PENDAHULUAN**

Secara astronomis, Sub-DAS Brantas Hulu terletak 7° 56' 32.19"LS dan 112° 28' 18.31" - 112° 35' 52.80"BT dengan luas sebesar ±20046 hektar persegi. Sub-DAS Brantas Hulu berkembang di daerah vulkanik sejak kala pleistosen. Kenampakan Gunungapi strato muda basa atau sedang mendominasi kondisi geomorfologi di wilayah ini dan tersebar di lereng atas

sebelah timur dan barat Gunung Arjuno. Andosol coklat kekuningan dan andosol kelabu mendominasi jenis tanah di wilayah ini. Berdasarkan klasifikasi Schmidt dan Ferguson, kondisi iklim Sub-DAS Brantas hulu masuk dalam kategori iklim sedang dengan rata-rata curah hujan sebesar 101.25 mm/bulan.

<sup>1</sup>Universitas Negeri Malang

<sup>2</sup>Universitas Negeri Malang

<sup>3</sup>Univeristas Negeri Malang

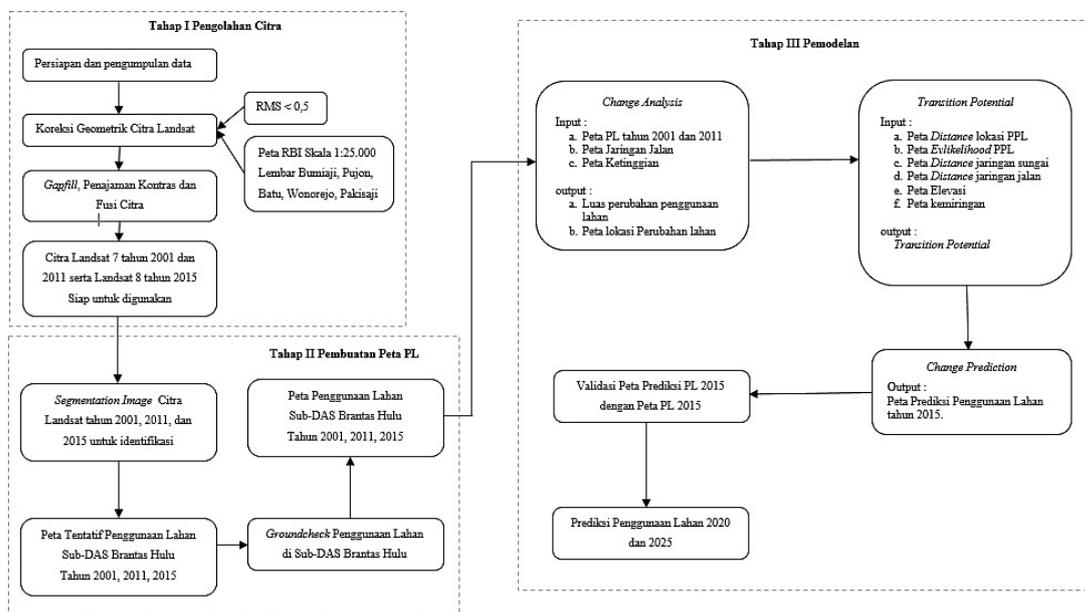
Laju pembangunan yang dipicu oleh pertambahan jumlah penduduk seperti kondisi saat ini menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan lahan yang cukup signifikan dari hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan dan dari lahan pertanian menjadi kawasan pemukiman dan industri (Fahmudin *et al.*, 2010). Interaksi antara dimensi ruang dan waktu dengan dimensi biofisik dan manusia mengakibatkan terjadinya perubahan penggunaan lahan (Veldkamp dan Verburg, 2004). Perubahan penggunaan lahan berlangsung secara kompleks dan dinamis yang menghubungkan alam dan manusia (Koomen dan Stillwell, 2007). Perubahan iklim, peningkatan jumlah penduduk dan proses urbanisasi merupakan penyebab umum yang dianggap sebagai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya perubahan penggunaan lahan (Wu *et al.*, 2008). Selanjutnya ekonomi menjadi faktor pendorong yang cukup besar, sebagai contoh meningkatnya kebutuhan akan ruang tempat hidup, transportasi dan tempat rekreasi akan mendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan (Siswanto, 2006)

Perubahan penggunaan lahan dapat dianalisis dengan pemanfaatan

penginderaan jauh dan sistem informais geografis, yaitu pemanfaatan citra satelit yang pada penelitian ini berupa citra Landsat 7 ETM+ tahun 2001, 2011, dan 2015. Analisis perubahan dan pemodelan untuk prediksi penggunaan lahan di Sub-DAS Brantas Hulu dilakukan dengan modul *Land Change Modeler* (LCM) yang terdapat dalam perangkat lunak Idrisi Selva 17. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam penentuan kebijakan pemerintah setempat dalam pembuatan peraturan daerah tentang tata guna lahan.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian penginderaan jauh terapan, yang digunakan untuk mengidentifikasi, memodelkan, dan memprediksi perubahan lahan yang terjadi di wilayah Sub-DAS Brantas Hulu dengan LCM (*Land Change Modeller*) yang terdapat pada perangkat lunak Idrisi Selva 17. Data yang digunakan yaitu data primer (*groundcheck*) dan sekunder (citra Landsat 7 ETM+, Peta RBI Kawasan Kota Batu dalam bentuk vektor).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Input dalam penelitian ini adalah Citra Landsat 7 ETM+ tahun 2001, 2011, dan 2015 yang bertujuan mendapatkan informasi penggunaan lahan di area kajian. Semua peta dalam penelitian ini dibuat dalam skala 1:60.000, hal ini berdasarkan resolusi spasial Citra Landsat 7 ETM+ yang selanjutnya dilakukan pengolahan citra dasar meliputi koreksi geometrik dan radiometrik serta *gap filling* untuk citra tahun 2011 dan 2015 karena terdapat *gap fill* akibat sensor SLC *off* pada wahana Landsat 7 ETM+ di tahun 2003. Proses *gap filling* menggunakan perangkat lunak *Frame and Fill* yang dibuat oleh NASA.

Selanjutnya citra Landsat 7 ETM+ diinterpretasi untuk menghasilkan peta penggunaan lahan. Peneliti menggunakan SNI 7645:2010 tentang klasifikasi tutupan lahan dalam interpretasi penggunaan lahan yang ada di wilayah kajian. Klasifikasi ini dipilih karena co-

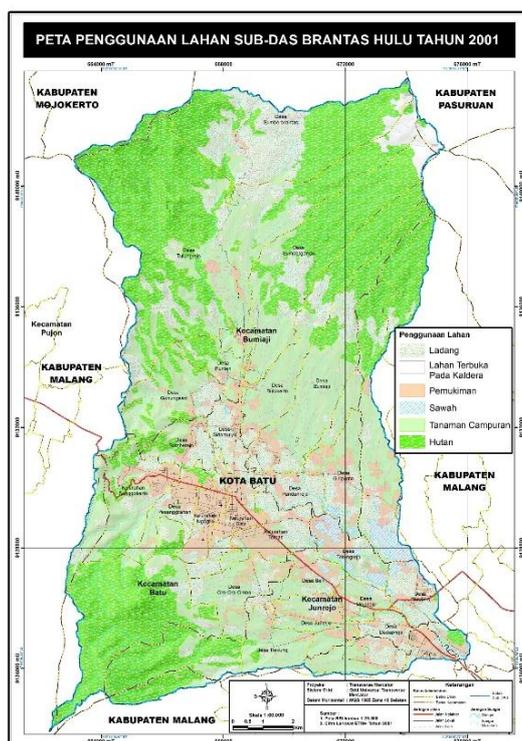
cok dengan bentang alam di Indonesia. Selanjutnya uji validasi dilakukan dengan cara *groundcheck* salah satu hasil interpretasi yaitu peta penggunaan lahan tahun 2015 yang dinyatakan dalam presentase *overall accuracy*.

Tahap utama penelitian ini adalah memodelkan perubahan penggunaan lahan dimulai dengan analisis perubahan penggunaan lahan dari tahun 2001 hingga 2011 dengan tab *change analysis*. selanjutnya, tahapan *transition potentials* untuk analisis potensi perubahan berdasarkan input dalam pemodelan berupa sub-model perubahan penggunaan lahan, Peta *Distance* lokasi PPL, Peta *Evlikelihood* PPL, Peta *Distance* jaringan sungai, Peta *Distance* jaringan jalan, Peta Elevasi, dan Peta kemiringan yang selanjutnya dimodelkan untuk prediksi tahun 2015. Hasil prediksi tahun 2015 dilakukan uji validasi dengan

membandingkan hasil model dengan peta penggunaan lahan aktual di tahun yang sama. Uji validasi diukur dengan *Kappa Index of Agreement*, setelah model yang ada dinyatakan valid, maka tahap berikutnya adalah pemodelan untuk prediksi penggunaan lahan di tahun 2020 dan 2025.

## HASIL PENELITIAN

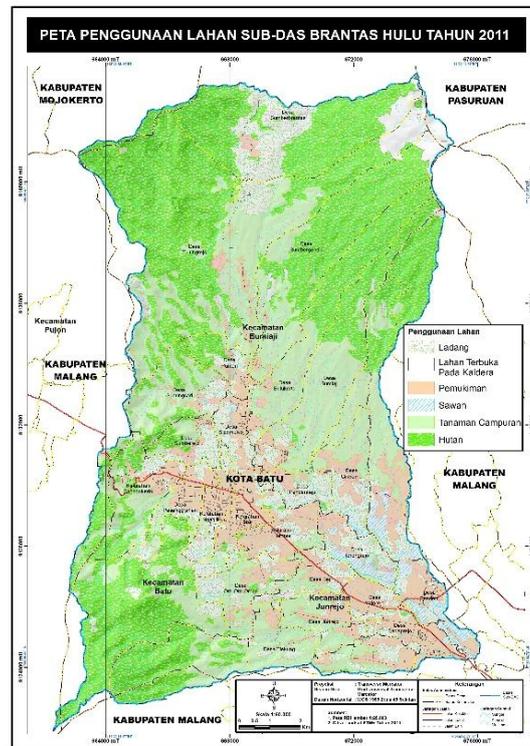
Dari Citra Landsat ETM+ tahun 2001 didapatkan peta penggunaan lahan Sub-DAS Brantas tahun 2001.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan tahun 2001

Di tahun tersebut hutan merupakan penggunaan lahan paling luas yaitu luas penggunaan lahan berupa hutan sebesar 7613.44 Ha dengan prosentase 38% dari total luas secara keseluruhan. Tanaman campuran adalah penggunaan lahan terbesar kedua yang memiliki luas sebesar 5657 Ha atau 28.22% dari luas keseluruhan. Tegalan/Ladang memiliki luasan terbesar ketiga dengan luas 3914,66 Ha

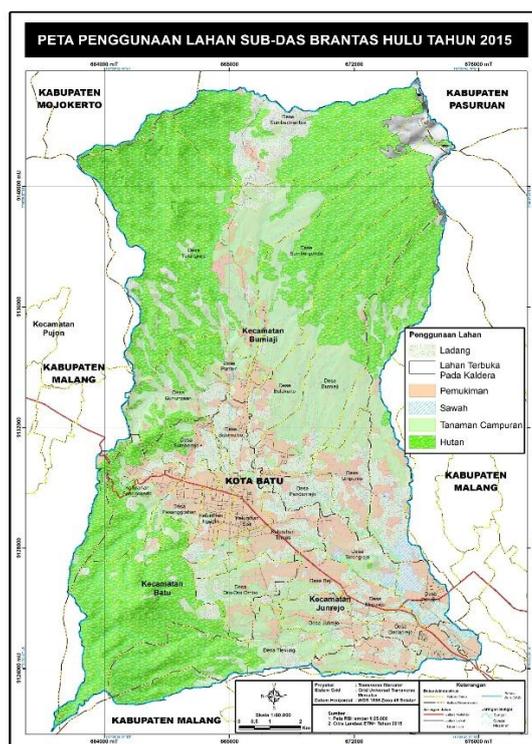
atau 19.53% dari luas total. Luas penggunaan lahan terbangun berupa pemukiman sebesar 2293.07 Ha dengan prosentase 11.44% dari luas total. Penggunaan lahan berupa sawah memiliki luas 301.9 Ha atau 1.5% dari total luas secara keseluruhan. Lahan terbuka pada kaldera mempunyai luasan paling kecil yaitu 260.97 Ha atau 1.3% dari total secara keseluruhan..



**Gambar 3. Peta Penggunaan Lahan tahun 2011**

Kondisi penggunaan lahan di Sub-DAS Brantas Hulu tahun 2011 yaitu luas penggunaan lahan hutan bertambah 8.26% menjadi 8242.39 Ha atau sebesar 41.12% dari luas keseluruhan. Penggunaan lahan tanaman campuran berkurang -6.16% menjadi 5311.58 Ha dengan prosentase sebesar 26.5%. penurunan luas juga terjadi pada penggunaan lahan ladang yaitu sebesar -46.98% menjadi 2999.17 Ha dengan prosentase sebesar 14.59% dari total

keseluruhan. Sedangkan penggunaan lahan pemukiman bertambah luasnya yaitu sebesar 22.63% menjadi 2812.17 Ha dengan prosentase 14.03% dari total. Penggunaan lahan terbuka pada kaldera mempunyai luas bertambah 45.68% sebesar 380.91 Ha dengan prosentase 1.9%. Penggunaan lahan sawah mengalami penurunan sebesar -2.32% dengan luas 294.87 Ha dengan prosentase yang cukup kecil yaitu 1.47%.



Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan tahun 2015

Sedangkan keadaan penggunaan lahan Sub-DAS Brantas Hulu pada tahun 2015 adalah sebagai berikut. Penggunaan lahan ladang memiliki luas sebesar 3483.47 Ha atau 17.38% dari keseluruhan luas, penggunaan lahan pemukiman sebesar 2796.48 Ha dengan 13.95% dari total keseluruhan, tanaman campuran memiliki luas sebesar 4233.73 Ha atau 21.07% dari jumlah luas seluruhnya. Hutan memiliki luasan paling besar yaitu 9097.66 Ha dengan prosentase sebesar 45.39% dari total luas wilayah Sub-DAS Brantas Hulu, sedangkan sawah memiliki luas sebe-

sar 175.35 Ha atau 0.87% dari total keseluruhan. Penggunaan lahan berupa lahan terbuka pada kaldera memiliki luas sebesar 266.19 Ha.

Untuk keperluan validasi hasil pemodelan LCM, maka peta penggunaan lahan tahun 2015 diuji validasi dengan kondisi riil di lapangan. Pada penelitian ini terdapat 117 lokasi *groundcheck* yang tersebar di wilayah penelitian. Dari hasil *Groundcheck* tersebut, didapatkan tabel matriks kesalahan/konfusi atau kontigensi yaitu sebagai berikut.

**Tabel 1 Groundcheck Peta Penggunaan Lahan tahun 2015**

	Penggunaan lahan	Peta Penggunaan Lahan tahun 2015 berdasarkan Citra Landsat 7 ETM+					Total	
		Hutan	Ladang	Sawah	Pemukiman	Tanaman Campuran		Lahan terbuka pada kaldera
Kondisi lapangan	Hutan	17	0	0	0	0	0	17
	Ladang	1	27	1	1	6	0	36
	Sawah	0	1	2	1	1	0	5
	Pemukiman	0	4	0	23	2	0	29
	Tanaman Campuran	0	4	0	0	26	0	30
	Lahan terbuka pada kaldera	0	0	0	0	0	0	0
Total							117	

Akurasi antara informasi di lapangan yang diwakilli oleh titik *groundcheck* dan peta penggunaan lahan tahun 2015 hasil *input* berupa citra Landsat ETM+ tahun 2015 yang dinyatakan dalam *overall accuracy* adalah sebagai berikut

$$\frac{17 + 27 + 2 + 23 + 26 + 0}{117} \times 100 = 81,19\%$$

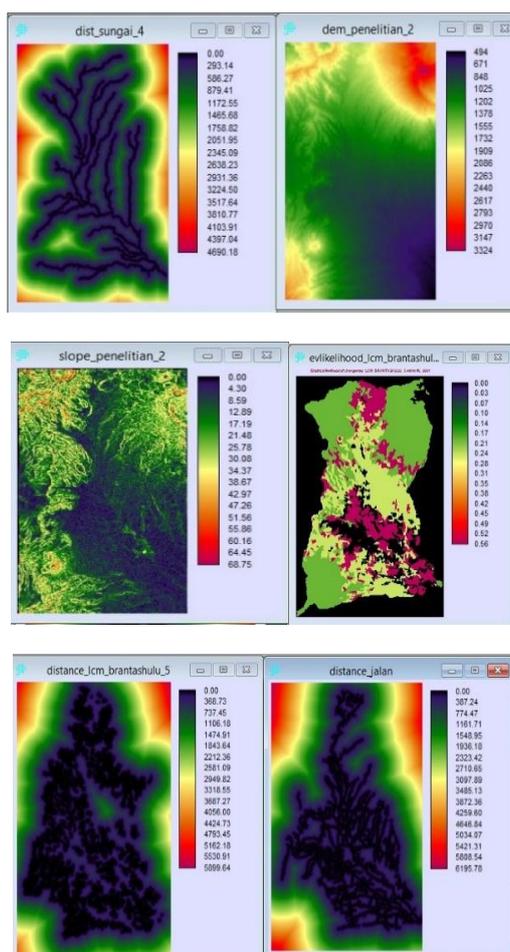
Nilai *overall accuracy* sebesar 81.19% dan dianggap benar (*Tolerance accuracy*) dengan nilai minimum 80%, maka peta penggunaan lahan tersebut dapat digunakan sebagai pembanding dalam uji validasi peta penggunaan lahan hasil pemodelan dengan *Land Change Modeler (LCM)*.

Tahap berikutnya adalah pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan *Land Change Modeler (LCM)* dengan instrumen *Transitions Potential*. Instru-

men ini memungkinkan kelompok transisi yang berasal dari analisis perubahan penggunaan lahan pada instrumen *Change Analysis* menjadi satu sub-model dan mengeksplorasi pengaruh setiap variabel yang dapat ditambahkan. Diawali dengan memasukan perubahan penggunaan lahan kedalam satu sub-model yang dilakukan pada tab *Transition Sub- Models : Status*. Tab ini berisi semua transisi yang terjadi antara 2 penggunaan lahan. Pada penelitian ini, digunakan 6 transisi penggunaan lahan yang dihasilkan dari analisis perubahan penggunaan lahan dari tahun 2001 hingga 2011 yang selanjutnya dievaluasi dalam LCM dengan beberapa masukan variabel berupa jarak dari lokasi perubahan, jarak dari jaringan jalan, jarak dari jaringan sungai, kemiringan lereng, elevasi, dan *Evlielihood* transisi penggunaan lahan.



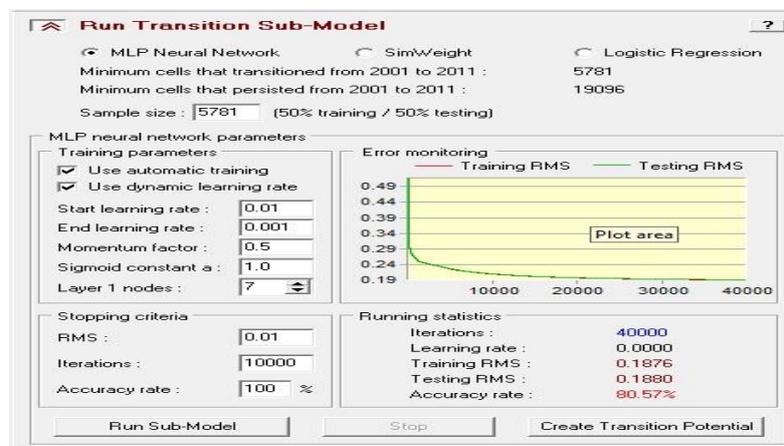
**Gambar 5. Tab transition Sub-Models pada LCM**



**Gambar 6. Variabel masukan pada LCM**

Dalam pemodelan ini ada beberapa asumsi dalam batasan penelitian, yaitu :

- a. Pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan LCM berada dalam kondisi laju perkembangan wilayah yang sama pada tahun 2001-2011. Yang berarti tidak ada suatu kebijakan baru yang mengontrol atau mengubah jalannya perkembangan wilayah.
- b. Pemodelan untuk prediksi penggunaan lahan tahun 2015 didasarkan pada laju perubahan penggunaan lahan dari tahun 2001 hingga 2011 yang dikelompokkan dalam satu sub-model yang nantinya dimodelkan bersama dengan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap perubahan suatu penggunaan lahan.
- c. Hasil pemodelan berupa penggunaan lahan tahun 2015 diuji kebenarannya dengan uji validasi yang membandingkan peta penggunaan lahan hasil *Land Change Modeler* (LCM) dengan peta penggunaan lahan aktual tahun 2015.
- d. Langkah berikutnya adalah *Run-Transition Sub-model* untuk menghasilkan peta potensi transisi yang nantinya digunakan untuk membuat transisi untuk prediksi penggunaan lahan.



**Gambar 7. Kotak Dialog Run-Transition Sub-Model**

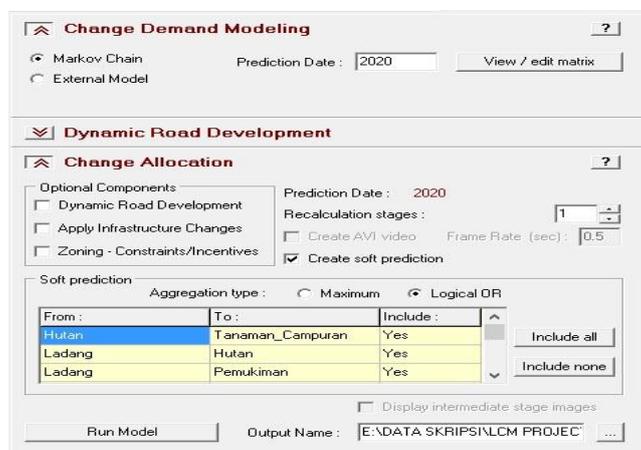
Parameter pada penelitian ini adalah jumlah minimum sel yang bertransisi dari tahun 2001 hingga 2011 adalah 5781 sel dengan iterasi 40000 kali dan tingkat akurasi sebesar 80.57%. tingkat akurasi yang dapat diterima dalam pemodelan ini adalah dikisaran 80% (Eastman, 2006). Langkah berikutnya adalah *Create Tran-*

*sition Potential* yang berisi transisi penggunaan lahan dari tahun 2011 hingga 2015 yang dijadikan dasar prediksi penggunaan lahan di tahun 2015. Tahapan berikutnya adalah *Change Detection*. Pada tahapan ini, peneliti dapat mengendalikan proses prediksi penggunaan lahan, batasan yang diberikan peneliti ada-

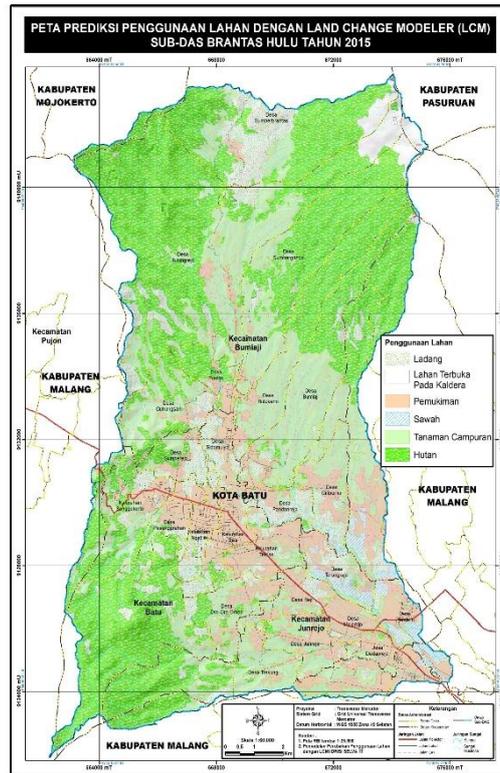
lah 2015, 2020, dan 2025. Setiap transisi dimodelkan dengan matrix *markov chain* atau jenis matrix probabilitas transisi lainnya. Matrix *markov chain* dipilih peneliti karena sesuai dengan hukum dalam geografi yaitu hukum persentuhan (Cabral et al, 2006) yang menyatakan bahwa kemungkinan sel atau piksel yang terdekat dengan tutupan lahan yang spesifik, sebagai contoh area pemukiman maka piksel atau sel yang terdekat

cenderung juga menjadi tutupan lahan yang sama yaitu pemukiman pada jarak tertentu (Araya at al, 2010).

*Change Detection* menghasilkan 2 produk yaitu *hard prediction model* dan *soft prediction model*. *Hard prediction model* berisi prediksi penggunaan lahan di masa yang ditentukan, sedangkan *soft prediction model* berisi peluang perubahan berdasarkan matrix hasil MLP.



**Gambar 8. Kotak dialog Change prediction**



**Gambar 9. Kotak dialog Change prediction**

Pada peta hasil pemodelan dengan LCM, luas penggunaan hutan sebesar 8630.72 Ha, bertambah 672 Ha dan berkurang 286 Ha dengan *net change* +385 Ha dari tahun 2011 hingga 2015. Sedangkan luas penggunaan lahan ladang sebesar 2358.80 Ha, bertambah 444 Ha dan berkurang sebesar 1079 Ha dengan *net change* -635 Ha. Luas pemukiman sebesar 3075.86 Ha, bertambah 260 Ha dan tidak terdapat pengurangan luas dengan *net change* sebesar +260 Ha. Sedangkan luas penggunaan lahan tanaman campuran bertambah 736 Ha dan berku-

rang sebesar 747 Ha sehingga *net change* -11 Ha. Luas lahan terbuka pada kaldera tetap yaitu sebesar 381 Ha dan sawah sebesar 295.35 Ha.

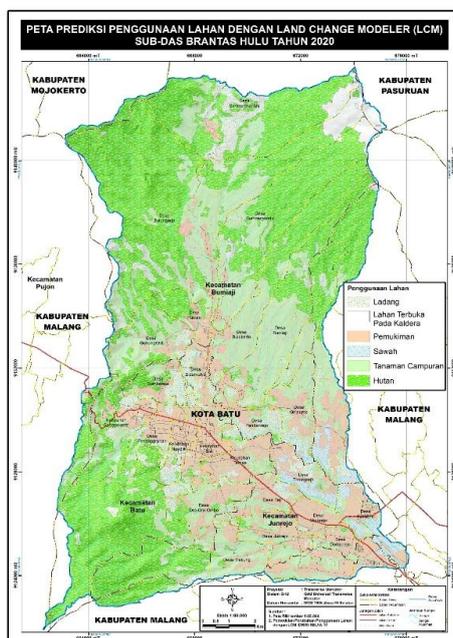
Hasil pemodelan berupa peta penggunaan lahan Sub-DAS Brantas Hulu tahun 2015 selanjutnya diuji validasi dengan instrumen *Validate* pada tab *Change Prediction* dengan membandingkan hasil pemodelan dengan peta penggunaan lahan aktual tahun 2015 berdasarkan *Kappa Index of Agreement* yang memberikan index *Kno*, *Klocation*, *Klocationstrata* dan *Kstandart*.

Kstandard	= 0.7615
Kno	= 0.7897
Klocation	= 0.8177
KlocationStrata	= 0.8177

**Gambar 10. Hasil KIA**

Kno adalah indikator untuk mengukur persetujuan keseluruhan, secara umum pada penelitian ini memiliki nilai Kno sebesar 0.7897. Sedangkan Klocation mengukur level persetujuan antara input pada suatu lokasi, pada penelitian ini mencapai 0.8177. Klocationstrata mengukur level persetujuan berdasarkan jumlah (Pontius dan Malason, 2005) dan pada penelitian ini mencapai 0.8177 dari

skala 0-1. Selain itu, tidak selalu tujuan utama hasil dari suatu pemodelan machth dengan data acuan secara presisi, karena diasumsikan semua data memiliki error, sekalipun tingkat ketepatan data pada level yang tidak diketahui (Pontius, 2010). Model telah divalidasi sehingga dapat digunakan untuk prediksi penggunaan lahan di tahun 2020 dan 2025.



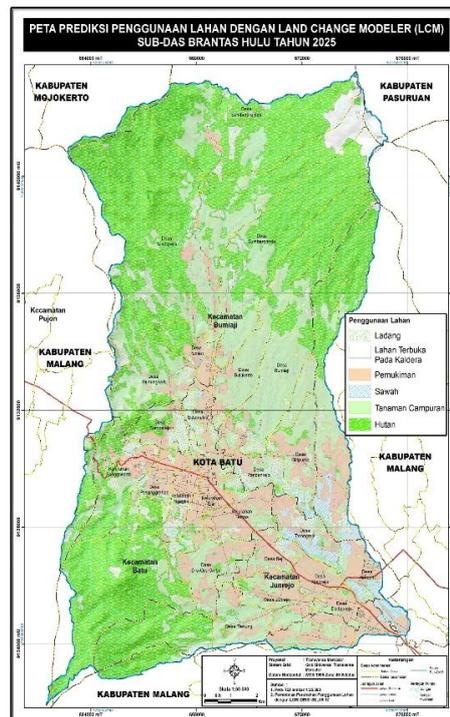
**Gambar 11. Peta Penggunaan Lahan tahun 2020**

Dari peta penggunaan lahan tahun 2020 hasil prediksi dengan pemodelan LCM, didapatkan luas hutan sebesar

8883.19 Ha, luas ladang sebesar 2066.59 Ha, luas sawah sebesar 295.15 Ha, luas pemukiman sebesar 3193,75 Ha, luas

tanaman campuran sebesar 5221.73 Ha, dan luas lahan terbuka pada kaldera sebesar 380,96 Ha. Dari tahun 2020 hingga 2025 terjadi perubahan penggunaan lahan Penggunaan lahan hutan bertambah 577 Ha dan berkurang sebesar -326 Ha sehingga *net change* sebesar 251 Ha. Sedangkan penggunaan lahan ladang ber-

tambah 138 Ha dan berkurang -430 Ha sehingga *net change* sebesar -293 Ha. Sedangkan sawah luasannya tetap. Untuk penggunaan lahan berupa pemukiman bertambah 118 Ha dan tidak berkurang. Sedangkan tanaman campuran bertambah 373 Ha dan berkurang -449 Ha sehingga *net change* sebesar -77 Ha.



**Gambar 12. Peta Penggunaan Lahan tahun 2025**

Pada tahun 2025, luas penggunaan lahan berupa hutan sebesar 9134.50 Ha, sedangkan luas penggunaan lahan ladang sebesar 1766,72 Ha, luas sawah sebesar 295,96 Ha, sedangkan luas pemukiman sebesar 3314,97 Ha, luas tanaman campuran sebesar 5147.67 Ha, dan luas lahan terbuka pada kaldera sebesar 380.98 Ha.

Sedangkan perubahan penggunaan lahan yang terjadi dari tahun 2020 hingga 2025 berupa penggunaan lahan hutan ber-

tambah 588 Ha dan berkurang 336 Ha sehingga *net change* +252 Ha. Penggunaan lahan ladang bertambah 149 Ha dan berkurang sebesar 447 Ha sehingga *net change* sebesar -299 Ha. Sedangkan penggunaan lahan sawah tetap tidak bertambah maupun berkurang. Penggunaan lahan berupa pemukiman bertambah dan *net change*-nya sebesar 121 Ha. Sedangkan penggunaan lahan tanaman campuran bertambah 368 Ha

dan berkurang sebesar -442 Ha sehingga *net change* sebesar -74 Ha. Penggunaan lahan berupa lahan terbuka pada kaldera tetap tidak bertambah maupun berkurang.

## PENUTUP

Pemodelan dengan *Land Change Modeler* (LCM) digunakan untuk memprediksi penggunaan lahan di masa yang akan datang. Model ini menggunakan *Multi Perceptron Neural Network* dalam mengevaluasi laju perubahan penggunaan lahan di tahun sebelumnya dengan beberapa variabel seperti lokasi perubahan, jarak dari jaringan jalan, jarak dari jaringan sungai, kemiringan lereng, elevasi, dan *Evlielihood* transisi penggunaan lahan. setelah *running sub-transition model* maka didapatkan model dengan tingkat akurasi sebesar 80.57% yang selanjutnya digunakan memprediksi penggunaan lahan di tahun 2015. uji validasi menggunakan metode *Kappa Index of Agreement* menunjukkan menunjukkan Nilai *Kno* sebesar 0.7897, *Klocation* sebesar 0.8177, dan *Klocationstrata* mencapai 0.8177 dari skala 0-1. Dapat disimpulkan peta penggunaan lahan hasil pemodelan dengan LCM cukup valid dan dapat diterima secara ilmiah. Selain itu, perkembangan Kota Batu beserta kegiatan pariwisata dan agrobisnis yang ditopang oleh jaringan jalan yang ada menjadi faktor pendorong perubahan penggunaan lahan yang ada di Sub-DAS Brantas Hulu.

## DAFTAR PUSTAKA

As-syakur, Abdul Rahman. 2011. Perubahan penggunaan lahan di Provinsi Bali. *Jurnal Ecotrophic* volume 6,

(online), (<http://ojs.unud.ac.id/index.php/ECOT-ROPHIC/article/download/13316/9003>), diakses pada 20 januari 2016.

As-syakur, dkk. 2010. Studi Perubahan Penggunaan Lahn di DAS Badung. *Jurnal Bumi Lestari*, Volume 10 No 2. (Online),

(<http://ojs.unud.ac.id/index.php/blje/article/download/122/106>). Diakses pada 20 januari 2016

Brooks, Kenneth N. 2013. *Hydrology and The Management of Watershed*. Iowa : Willey-Blackwell.

BSN, 2010, *Klasifikasi Penutup Lahan*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional

Canadell, J.G. 2002. Land use effects on terrestrial carbon source and sinks. *Science in China* Vol. 45. (Online: <http://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/pep/Canadell.ScienceChina.2002.pdf>)

Christian, C. S., and Stewart, G. A. 1968. *Methodology of intergrated surveys*, in *Aerial surveys and intergrated studies*. PARIS : UNESCO

Clarke, dkk, 1994. *A Cellular-Automaton Model of Wildfire Propagation And Extinction*. *Jurnal Photogrametri, Engginering and Remote Sensing*. 60, 1355–1367.

Courage, dkk, 2009. *Rural Sustainability Under Threat in Zimbabwe : Simulation of Future Land Use/Cover Changes in The Bindura District Based on The Markov–Cellular Automata Model*. *Jurnal Applied Geographic*. 29, 435–447.

Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : Penerbit Andi.

Easteman, J.Ronald. 2012. *IDRISI Manual*. Worcester : IDRISI Production

- He, dkk. 2008. *Modelling Dynamic Urban Expansion Processes Incorporating A Potential Model With Cellular Automata*. *Jurnal Landscape Urban Planning*. 86, 79–91.
- Hu, D., dkk. 2008. Analyzing Land Use change in metropolitan jilin city of Northeastern China Using remote sensing and GIS. (Online: <http://www.mdpi.com/1424-8220/8/9/5449/pdf> ).Diakses pada 22 januari 2016
- Koomen, Stillwell, Bakema, Scholten. 2007. Modelling Land Use change : progress and aplication. *The Geo-Journal Libraru Vol. 90*. (Online),(<http://libgen.io/get.php?md5=5A4F8913F185A87D3366A5C4D9ED8145>). Diakses pada 20 Januari 2016.
- Li, X., Yeh, A.G.O., 2004. *Data mining of cellular automata's transition rules*. *International Journal Of Geographical Information Science*. 18, 723–744.
- Liu, X.P., Li, X., Yeh, A.G.O., 2007. *Discovery Of Transition Rules For Geographical Cellular Automata By Using Ant Colony Optimization*. *Jurnal Earth Science*. 37, 824–834.
- Mahmood, dkk. 2009. Impact of landuse land cover change on climate dan future research priorities. *Bulletin of the american meteorological society*. (Online: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1399&context=natrespapers>). Diakses pada 22 januari 2016
- Muller, Middleton. 1994. *A Markov Model Of Land Use Change Dynamics In The Niagara Region, Ontario, Canada*. *Jurnal Landscape Ecology* edisi 9 : 151-157
- Myint, Wang. 2006. *Multicriteria Decision Approach for Land Use Land Cover Changing Using Markov Chain Analysis and a Cellular Automata Apporach*. *Jurnal Remote Sensing*. 32, 390-404
- National Academies. 2013. *Advancing Land Change Modeling Opportunities and Researching Requirements*. Washington : The National Academies Press
- Pawitan, tanpa tahun, perubahan penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap hidrologi daerah aliran sungai. Online : <http://kongressungaiindonesia.org/wp-content/uploads/2015/04/Perubahan-Penggunaan-Lahan-dan-Pengaruhnya-thd-Hidrologi-DAS.pdf>. Diakses pada : 20 januari 2015.
- Pontius, Chen. 2006. *GEOMOD Modeling*. Worcester : Clark University
- Pontius, Petrova. 2010. *Assesing a predictive model of land change using uncertain data*. *Jurnal Environment Modelling and Software* 25 : 299-309
- Poor, C.J dan McDonell. 2007. The effects of landuse on stream nitrate dynamics. *Journal of hydrology*. (Online). ([http://www.cof.orst.edu/cof/fe/watershd/pdf/2007/Poor\\_Stream\\_Nitrate\\_JoH06.pdf](http://www.cof.orst.edu/cof/fe/watershd/pdf/2007/Poor_Stream_Nitrate_JoH06.pdf)). Diakses pada 22 januari 2016
- Pradhan, Al-Sharif. 2013. *Monitoring and Predicting Land Use Change in Tripoli Metropolitan City using an Intergrated Markov Chain and Cellular Automata Models in GIS*. *Jurnal Arab Journal Geoscience*.
- Purwowidodo. 1983. *Teknologi Mulsa*. Jakarta: Dewarusi Press.

- Rafii, Suryatna. 1985. Ilmu Tanah. Bandung : Angkasa.
- Sahalu, Atalel Getu. 2014. Analysis of urban land use and land cover changes : case study in Bahir Dar, Ethiopia. Tidak dipublikasikan
- Siswanto. 2006. Evaluasi Sumberdaya Lahan. Surabaya : UPN Press.
- Soemarno, 2006, Pengelolaan lahan di daerah aliran sungai (DAS) Kali Konto, malang: agritek pembangunan nasional.
- Sutanto. 2013. Metode Penelitian Penginderaan Jauh. Yogyakarta : Penerbit Ombak.
- Thomas, H., Laurence, H.M., 2006. *Modelling And Projecting Land-Use and Land-Cover Changes With A Cellular Automaton In Considering Landscape Trajectories: An Improvement For Simulation Of Plausible Future States*. EARSeL eProceedings 5, 63–76.
- Towelde, Mussie Ghebretinsae. 2011. Urban Sprawl Analysis and Modeling In Asmara, Eritrea : Application of Geospatial Tools. Tidak dipublikasikan
- UN-REDD Programme, 2013, *Strengthening Benefits From REDD+ For Biodiversity, Ecosystem Service And Livelihoods : A Guide To Tools And Resources That Can Help To Plan For Multiple Benefits From REDD+ In Indonesia*. Cambridge : UNEP
- Utaya, Sugeng. 2013. Pengantar Hidrologi. Malang : Aditya Media Publishing.
- Vink, A.P.A. 1975. Land use in advancing agriculture. Jerman : Springer Verlag.
- White, R., Engelen, G., 1993. *Cellular Automata and Fractal Urban Form: a Cellular Modelling Approach To The Evolution Of Urban Land-Use Patterns*. Jurnal Environment Planning. A 25, 1175–1199.
- Wu, dkk. 2006. *Monitoring And Predicting Land Use Change In Beijing Using Remote Sensing And GIS*. Jurnal Landscape Urban Plann, 78 : 322-333.