

Penyelenggara :



Mitra Utama :



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT



ISBN 978-602-99218-8-5

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT

Malang, 30 September 2014

Terbit Tahun 2014

Tim Penyunting :

Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo
Dr. Agung Budi Supangat, MT,M.Sc
Dr. Ir. Rini Dwi Astuti, MS.
Dr. Ir. Sudarto, MS.
Dr. Ir. Tyas Mutiara Basuki, M. Sc
Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D
Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D
Ir. Widiyanto, M.Sc.
Drs. Irfan Budi Pramono, M. Sc
Ir. Purwanto, M. Si
Ir. Dewi Retna Indrawati, M.P



Penyelenggara :

Balai Penelitian Teknologi
Kehutanan Pengelolaan
Daerah Aliran Sungai,
Fakultas Pertanian
Universitas Brawijaya

Mitra Utama :

ICRAF, Masyarakat
Konservasi Tanah Indonesia,
Himpunan Ilmu Tanah
Indonesia

Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat

Malang, Indonesia : Balai Penelitian Teknologi Kehutanan
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPTKPDAS) dan Fakultas
Pertanian Universitas Brawijaya (FP UNIBRAW) 2014

ISBN : 978-602-99218-8-5

Desain Sampul :

Tommy Kusuma AP

Penerbit :

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
(BPTKPDAS)

Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura,
Po Box 295 Surakarta
Surakarta, Indonesia

Telp : (0271) 716709

Fax : (0271) 716959

E-mail:

bpt.kpdas@forda-mof.org

Website:

bpk-solo.litbang.dephut.go.id

Fakultas Pertanian
Universitas Brawijaya
(FP UB)

Jl. Veteran Malang 65145

Telp : (0341) 551665, 565845

Fax : (0341) 560011

Email :

faperta@ub.ac.id

Website :

fp.ub.ac.id

Dicetak oleh :

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Cetakan pertama, Desember 2014

© BPTKPDAS dan FP UNIBRAW 2014

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang

Tim Penyunting

- Penanggung Jawab : Dr. Nur Sumedi, S.Pi., M.P
- Redaktur : Ir. Salamah Retnowati, M.Si
- Penyunting : Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo
Dr. Agung Budi Supangat, MT, M.Sc
Dr. Ir. Rini Dwi Astuti, MS.
Dr. Ir. Sudarto, MS.
Dr. Ir. Tyas Mutiara Basuki, M. Sc
Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D
Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D
Ir. Widiyanto, M.Sc.
Drs. Irfan Budi Pramono, M. Sc
Ir. Purwanto, M. Si
Ir. Dewi Retna Indrawati, M.P
- Sekretariat : Iva Dewi Lestariningsih, SP., M.Agr.Sc.
Eko Priyanto, SP
Wahyu Budiarso, S.P
Upik Pramuningdiyani, S.Kom
Tommy Kusuma AP

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
PENGARAHAN	
Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.....	xi
RUMUSAN	
Rumusan Seminar Nasional.....	xv
KEY NOTE SPEECH	
1. Peluang dan Tantangan serta Perspektif Pengembangan Pengelolaan DAS Brantas secara Terpadu / Raymond Valiant Ruritan (Direktur Teknik Perum Jasa Tirta I)	1
2. Kinerja Konservasi Sumberdaya Lahan dan Hutan dalam Pengelolaan DAS Terpadu dan Mitigasi Bencana / Dr. Ir. Harry Santosa (MKTl)	40
3. Daerah Aliran Sungai Sehat di Indonesia Membutuhkan 30% Hutan ? Atau ... > 70% Agroforestry ? / Dr. Meine Van Noordwijk (ICRAF-SEA)	45
KOMISI I. Kebijakan Pengelolaan DAS Terpadu	
4. Kerentanan Banjir di DAS Solo / Irfan Budi Pramono, Nur Ainun Jariyah (BPKTPDAS).....	55
5. Peluang dan Tantangan Pembentukan Badan Otorita Pengelolaan DAS : Studi Kasus DAS Ciliwung – Cisadane dan Sekitarnya / Endang Savitri (BPTKPDAS), Tigor Butarbutar (Puspijak).....	70
KOMISI II. Teknik Pencegahan dan Penanggulangan Banjir dan Tanah Longsor	
6. Pengaruh Besarnya Energi Kinetik Terhadap Erosivitas pada DAS Komerling Hulu / Dinar Dwi Anugerah Putranto, Sarino, Agus Lestari Yuono, Satria Jaya Priatna (UNSRI)	94
7. Pengaruh Perbedaan Topografi Terhadap Variasi Intensitas Curah Hujan pada Prediksi Kehilangan Tanah /Agus Lestari Yuono, Dinar Dwi Anugerah Putranto, Sarino (UNSRI).....	109

8. Pengembangan Sistem Usahatani Konservasi Untuk Mencegah Degradasi Lahan dan Peningkatan Produktivitas Lahan di DAS Progo Hulu / Jaka Suyana (UNS)	121
9. Hubungan Antara Faktor Litologi dengan Tipe dan Pola Longsoran di Sub DAS Salo Lebbo, DAS Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah Provinsi Sulawesi Barat / Asmita Ahmad, Muchtar S Solle, Paharuddin (UNHAS).....	136
10. Kesesuaian Karakteristik Agroforestri Untuk Pengelolaan DAS Terpadu di DAS Renggung, Pulau Lombok / Markum, Alfian Pujian Hadi, Suyono, dan Muktar (UNRAM)	150
11. Efisiensi dan Efektivitas Formulasi Bahan <i>Hydroseeding</i> Terhadap Perkecambahan Benih Tanaman Hutan / Heru Dwi Riyanto dan Uchu Waluya Heri Pahlana (BPTKPDAS)	163
12. Klasifikasi Daerah Aliran Sungai Berdasarkan Kekritisn Lahan dan Indeks Penggunaan Lahan (Studi Kasus DAS Brantas) / Agus Wuryanta (BPKTPDAS).....	178
13. Dampak Teknik Rehabilitasi Lahan Terdegradasi Terhadap Limpasan Permukaan dan Erosi / Gunardjo Tjakrawarsa, Heru Dwi Riyanto (BPTKPDAS).....	188
14. Pengaruh Asal Klon dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jati dan Perannya Dalam Menjaga Kualitas Lahan / Hamdan Adma Adinugroho, Mashudi dan Mahfudz (BBPBTH)	197
15. Program Pemuliaan Mahoni dan Perannya Dalam Pengendalian Limpasan dan Erosi / Mashudi, Mudji Susanto dan Liliana Baskorowati (BBPBTH)	212
16. Kajian Dampak Penanaman Jenis Penghasil Kayu Terhadap Tata Air / Susi Andriani, Purwanto Budi Santosa, Rahardyan Nugroho Adi (BPK BANJARBARU).....	227
17. Cemara Laut (<i>Casuarina equisetifolia</i> LINN) dan Erosi Angin di Pantai Petanahan, Kebumen / Susi Abdiyani (BPTKPDAS).....	237
18. Penilaian Tingkat Erosi Pada Lahan Hutan Tanaman Beberapa Jenis Cepat Tumbuh (<i>Fast Growing Species</i>) / Ugro Hari Murtiono, Agung Budi Supangat (BPTKPDAS)	245
19. Kajian Praktik Konservasi Tanah dan Air di Hutan Tanaman Kayu Putih untuk Mengurangi Laju Aliran Permukaan dan Erosi Tanah / Muhadi, Purwanto, Yuliatno Budi S, Zacheus Y, Corryanti (PERHUTANI)	262

20. Erosi Tanah di Bawah Tegakan Jenis <i>Melaleuca cajuputi</i> dan <i>Acacia auriculiformis</i> di DAS Opak Oyo dan Implikasi Pemuliaan di Masa Datang / Mudji Susanto, Mashudi dan Liliana Baskorowati (BBPBTH)	273
21. Keragaman Makrofauna Tanah Pada Pola Agroforestri Berbasis Mahoni di Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan (Studi Kasus di Desa Ranggung Kecamatan Takisung) / Wawan Halwany, Adnan Ardhana, Ahmad Ali Musthofa, dan Manaon AMS (BPK BANJARBARU).....	284
KOMISI III. Sosial Ekonomi, Jasa Lingkungan dan Kelembagaan Masyarakat dalam Pengelolaan DAS	
22. Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Sumberdaya Hutan (Studi pada Kawasan DAS Riam Kanan, Kalimantan Selatan) / Hamdan Fauzi (UNLAM).....	294
23. Membangun Desa Produktif di Hulu DAS Jangkok di Pulau Lombok dengan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) sebagai Upaya Pencegahan dan Penanggulangan Banjir / Indriyatno (UNRAM).....	315
24. Diseminasi Teknologi Konservasi Air dan Tanah: Tantangan Bagi Program Pengelolaan DAS / Nana Haryanti (BPTKPDAS)..	325
25. Analisis Sektor Ekonomi Unggulan Kabupaten di DAS Bengawan Solo dan Prospek Pengembangannya : Analisis <i>Location Quotient</i> Statis dan Dinamis / S. Andy Cahyono (BPTKPDAS).....	338
26. Analisis Tingkat Partisipasi Agroforestri Konservasi Tanah: Studi Kasus di Desa Gunungsari, Kecamatan Tlogowungu, Kabupaten Pati, Jawa Tengah / C. Yudi Lastiantoro (BPKTPDAS).....	349
27. Kondisi Sosial Ekonomi dan Kelembagaan Untuk Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Tuntang Hulu / Purwanto (BPTKPDAS).....	367
28. <i>HOT-SPOTS</i> Perubahan Kepadatan Penduduk di Daerah Aliran Sungai Progo dan Beberapa Faktor yang Memengaruhinya / Evi Irawan, Nana Haryanti (BPKTPDAS)	384
29. Konservasi Tanah dan Manfaatnya Bagi Petani Lahan Kering / Nur Ainun Jariyah (BPTKPDAS).....	399

30. Faktor Penyebab Masyarakat Tinggal di Daerah Rawan Longsor dan Strategi Penguatan Lembaga Lokal : Untuk Mengurangi Resiko Korban Longsor Yang Lebih Besar / Syahrul Donie (BPTKPDAS).....	412
KOMISI IV. Modelling Hidrologi dalam Pengelolaan DAS	
31. Model Aliran Permukaan pada Berbagai Tingkat Gangguan Permukaan Tanah Menggunakan Karakteristik Hidrolika Tanah / Hatma Suryatmojo (UGM).....	428
32. Evaluasi Daya Dukung Lingkungan Sebagai Penopang Aktivitas Manusia di Kota Batu, Indonesia / Bambang Rahadi, Euis Elih Nurlaelih, Novia Lusiana (UNBRAU).....	443
33. Skenario Penggunaan Lahan Melalui Aplikasi Model Genriver untuk Memprediksi Kemampuan Menyangga Cadangan-Cadangan Air di DAS Kali Konto Hulu Kabupaten Malang / Kanti Puji Astutik, Didik Suprayogo, Sugeng Prijono (UNBRAU).....	460
34. Evaluasi Daya Dukung Kesesuaian Penggunaan Lahan Untuk Mitigasi Risiko Bencana Banjir di DAS Tempuran Kabupaten Ponorogo / Novia Lusiana, Bambang Rahadi, Tunggul Sutan Haji (UNBRAU).....	472
35. Simulasi Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan <i>Cellular Automata</i> untuk Menentukan Kelas Erosi di Sub-DAS Jeneberang Hulu Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan / Paharuddin, Muchtar Salam Solle, Sakka, Dadang Ahmad Suriamihardja (UNHAS).....	488
36. Analisis Sensitivitas Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS : Aplikasi Model Genriver untuk Optimalisasi Tata Guna Lahan Dalam Menjamin Kesehatan Hidrologi Sub DAS Keduang Kabupaten Wonogiri / Sipyanti, Widiyanto, Didik Suprayogo, dan Gunardjo Tjakrawarsa (UNBRAU).....	507
37. Estimasi Sensitivitas Alih Guna Lahan Hutan Terhadap Debit Aliran Sungai di Daerah Aliran Sungai (DAS) Konto, Malang Menggunakan Model GenRiver / Gracia Gusti Nazarani, Widiyanto, Didik Suprayogo (UNBRAU).....	519
38. Analisis Kondisi Hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Besai dengan Menggunakan Model " <i>Flow Persistence</i> " / Lisa Tanika, Meine van Noordwijk, Betha Lusiana (ICRAF-SEA).....	530

39. Pengaruh Karakteristik DAS terhadap Pola Aliran Banjir DAS Lengayang, Provinsi Sumatera Barat / Tri Susanti, Mamok Suprpto dan Adi Yusuf Muttaqien (UNS).....	544
40. Pengelolaan Sumberdaya Lahan Berkelanjutan: Studi di DAS Sumber Brantas / Christanti Agustina, Sudarto, Widiyanto, Iva D Lestariningsih, Kurniawan Sigit W (UNBRAW).....	556
41. Pemodelan Neraca Air di DAS Duriangkang, Kota Batam, Kepulauan Riau / Irfan Budi Pramono, Rahardyan Nugroho Adi (BPTKPDAS).....	576
42. Skenario Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Way Betung (Sebuah Simulasi Karakteristik Hidrologi Menggunakan Model SWAT) / Zaenal Mubarok, Syaiful Anwar, Kuku Murtalaksono dan Enni D. Wahjunie (BPDAS WSS).....	588
43. Kondisi dan Karakteristik Biofisik Daerah Aliran Sungai (DAS) Pasaman dan Upaya-Upaya Pengelolaannya / Bujang Rusman (UNAND).....	603
KOMISI V. Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Lahan dalam Pengelolaan DAS	
44. Potensi Input Hara Melalui Biomassa Residu di Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i> F.Muell, di Propinsi Riau / Agung Budi Supangat (BPKTPDAS).....	615
45. Analisis Status Hara dan Bahan Letusan pada Lahan Lereng Merapi di DAS Opak-Oyo / Beny Harjadi dan Pranatasari Dyah Susanti (BPTKPDAS)	628
46. Analisa Distribusi Spasial Bahan Organik dengan Geostatistik dan Upaya Konservasinya pada Tanah Bersolum Dangkal / Tyas Mutiara Basuki dan Nining Wahyuningrum (BPTKPDAS)..	639
47. Pemanfaatan Amelioran Dengan Teknologi Medium Tanam Pot Untuk Menurunkan Suhu Rizosfer Pada Lahan Pasir Pantai / Agung Wahyu Nugroho (BPTKPDAS)	652
POSTER SESSION	
48. Pemanfaatan Model Hidrologi SWAT (<i>Soil And Water Assessment Tool</i>) Sebagai Alat Pengambil Keputusan Dalam Pengelolaan Tata Ruang DAS Berbasis Pola Agroforestry / Edy Junaidi dan Idin S. Ruhimat (BPTA CIAMIS)	665
LAMPIRAN	
Jadwal Acara.....	673
Daftar Peserta.....	675

**SIMULASI DINAMIKA PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
MENGUNAKAN CELLULAR AUTOMATA UNTUK MENENTUKAN
KELAS EROSI DI SUB-DASJENEBERANG HULU KABUPATEN GOWA
PROVINSI SULAWESI SELATAN¹**

Oleh :

Paharuddin^{a)}, Muchtar Salam Solle^{b)}, Sakka^{a)}, Dadang Ahmad
Suriamihardja^{a)}

^{a)}Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

^{b)}Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin

ABSTRAK

Dinamika perubahan penggunaan lahan beserta dampak yang ditimbulkannya merupakan respon alam terhadap perilaku manusia. Respon tersebut perlu dipahami guna menentukan tindakan cerdas dalam pengelolaan mendatang. Penelitian ini bertujuan untuk mengekstrapolasi tingkat bahaya erosi berdasarkan model cellular automata yang didasarkan pada aturan perubahan penggunaan lahan. Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi data geospasial berbasis CA dengan input data spasial penggunaan lahan existing multi waktu menurut kondisi pada tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 dan faktor fisik lahan yang direpresentasikan oleh multi layer seperti: Curah hujan, lereng, elevasi, jenis tanah, zona penyangga, dan aksesibilitas jalan. Seluruh data spasial ini diubah dalam format ASCII dan merupakan data kondisi Sub-DASJeneberanghulu yang diolah dan dianalisis dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Simulasi dilakukan berdasarkan model CA yang dimulai pada kondisi tahun 2000 hingga 2012 dengan durasi waktu tiap 3 tahun, selanjutnya divalidasi dengan algoritma Fuzzy Kappa. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model CA dengan simulasi data geospasial mampu menghasilkan peta ekstrapolasi perubahan penggunaan lahantahun 2012 hingga 2037 dengan tingkat ketelitian sangat baik. Berdasarkan peta tersebut dihasilkan peta tingkat bahaya erosi (TBE) dengan periode lima tahunan yaitutahun2012, 2017, 2022, 2027, 2032, dan 2037 masing-masing dinyatakan dalam 5 kelas yakni: <5, 5-12, 12-25, 25-60 dan > 60 ton/ha/tahun.

Kata kunci : Sistem Informasi Geografis; Cellular Automata; Geospasial; Multi layer; Fuzzy Kappa.

¹Disampaikan dalam Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat diselenggarakan oleh BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW di Malang, pada tanggal 30 September 2014.

I. LATARBELAKANG

Dinamika perubahan penggunaan lahan beserta dampak yang ditimbulkannya merupakan respon alam terhadap perilaku manusia. Respon tersebut perlu dipahami guna menentukan tindakan cerdas dalam pengelolaan mendatang. Salah satu konsekuensi penggunaan lahan adalah dampak terhadap kesinambungan sumberdaya alam. Dampak tersebut harus dapat diminimalkan guna pemanfaatan secara berkelanjutan (Munir and Suripin, 1997; Munir et al, 2000).

Menurut Karsidi (2004) pemanfaatan SIG akan sangat berguna dalam kaitannya dengan dinamika penggunaan lahan, terlebih lagi dengan ketersediaan model-model aplikatif yang mampu menyajikan aspek dinamika keruangan. Selanjutnya Karsidi mengemukakan bahwa prinsip permainan the Game of Life (Gardner, 1970) merupakan model yang bersifat keruangan berbasis sel di mana perubahannya tergantung pada sel sekitarnya atau parsel terdekat. Prinsip ini kemudian mendasari prinsip model Cellular Automata (CA). Wolfram (2002) dan Weisstein (2002) menggambarkan koleksi sel yang diwarnai pada petak (grid) dengan bentuk khusus yang berkembang melalui sejumlah langkah waktu yang diskrit dengan sebuah himpunan aturan-aturan berdasarkan keadaan dari sel-sel tetangganya. Suatu CA dua dimensi yang sel-selnya berganti warna sesuai dengan warna sel-sel yang mengelilinginya menurut aturan tertentu (Amien, 2005).

Salah satu aturan sederhana untuk perubahan waktu dari nilai-nilai suatu keadaan telah diformulasikan oleh Wolfram (1984) dengan faktor-faktor: fungsi arbitrary yang menentukan aturan CA, terdapat serangkaian aturan yang menunjukkan nilai dari keadaan ke i untuk CA satu dimensi pada langkah waktu t . Nilai-nilai suatu keadaan, berubah setelah proses iterasi pada periode berikutnya sesuai aturan yang diberikan.

Aplikasi CA untuk perubahan penggunaan lahan dan perkembangan perkotaan telah dilakukan oleh berbagai peneliti. Dubos-Paillard et al (2003) melakukan simulasi pertumbuhan perkotaan berdasarkan pengetahuan empiris dengan gagasan bahwa simulasi tersebut dapat

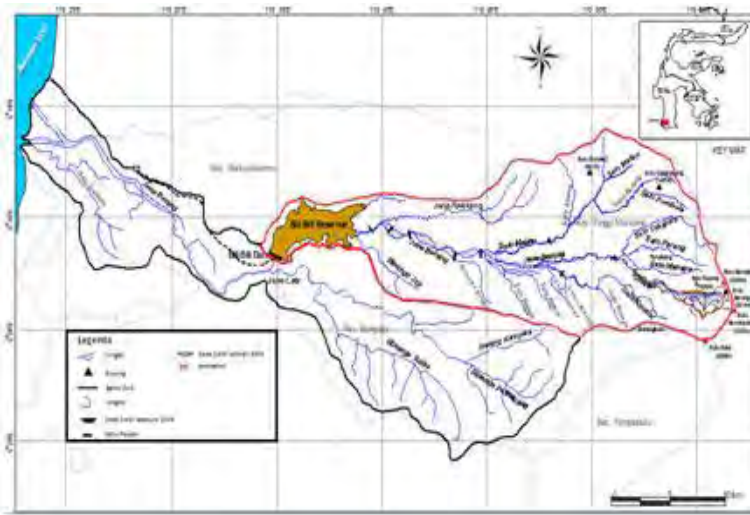
mengikuti aturan tata ruang sederhana. Verburg et al (2004) memperkenalkan sebuah metode untuk menganalisis karakteristik ketetangaan pada penggunaan lahan. Hegde et al (2008) menggunakan Neural Network dan CA guna mengetahui pertumbuhan pemukiman. Jenerette and Wu (2001) melakukan simulasi perubahan penggunaan lahan dengan mengembangkan model Markov-Cellular Automata. Ahmed Bayes and Ahmed Raquib (2012) memprediksi pertumbuhan perkotaan menggunakan citra satelit landsat dengan membandingkan 3 model yaitu: St Markov, CA Markov, dan MLP Markov. Okwuashi et al (2012) memperkenalkan SVC (Support Vector Machine) berbasis GIS cellular automata untuk perubahan penggunaan lahan.

Dinamika perubahan penggunaan lahan setiap saat dan di lokasi manapun akan selalu berlangsung, hal ini diakibatkan oleh faktor driving forces seperti pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan juga dipengaruhi oleh faktor fisik seperti topografi, jenis tanah dan iklim Skole dan Tucker (1993). Karena itu penelitian ini akan menggunakan model CA untuk mensimulasikan perubahan penggunaan lahan yang merupakan salah satu faktor penentu erosi, sehingga kelas erosi di Sub-DAS Jeneberanghulu dapat ditentukan.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Basis data

Penelitian ini dilakukan di DAS Jeneberang hulu (Usman, 2010) yang merupakan bagian dari DAS Jeneberang seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber : Yachiyo Engineering (2009) dengan perubahan

Gambar 1. Lokasi penelitian

Bahan dan peralatan yang digunakan adalah: Citra Landsat TM7 daerah DAS Jeneberang hulumulti temporal (Tahun 2000 - 2012) dan hasil interpretasi landsat ETM7+ dari Departemen Kehutanan yang dapat diperoleh melalui fasilitas WMS (Web Map Services) di Quantum GIS.

Untuk penutupan lahan tahun 2012, dihasilkan melalui interpretasi citra (Lillesand et al., 1994; Schowengerdt, 2007) dan cek lapangan tahun 2012. Data SRTM, data dan peta-peta penunjang: Curah hujan (Yachiyo Engineering, 2009), peta Rupa Bumiskala 1:50.000, peta land system dari RePPPProT. Perangkat lunak (Software): ArcGis versi 9.3 dan Arcview 3.3 beserta ekstensi yang diperlukan, SpaCelle untuk simulasi CA perubahan penggunaan lahan (Dubos-Paillard et al., 2003; Langlois, 2008; Langlois, 2009; Langlois., 2011), ILWIS Open Source untuk pengolahan citra (Steinigera et al., 2009), dan Map Comparison Kit (MCK), versi 3.2.2, untuk validasi peta (Hagen et al, 2005; Visser et al., 2006).

B. Metode

Tahapan-tahapan penelitian dimulai dengan pembuatan peta-peta faktor fisik lahan yaitu isohyet dianalisis dengan SIG (Aronoff., 1989; Burrough et al., 1998) menurut data curah hujan pada beberapa stasiun penakar curah hujan di sekitar Sub DASJeneberang, aksesibilitas jalan dan kriteria kawasan lindung berdasarkan pada Kepres No. 32 Tahun 1990 untuk menghasilkan peta buffer jalan dan sungai, peta lereng dan elevasi dihasilkan dari data SRTM, jenis tanah dihasilkan dari peta land system, penggunaan lahan hasil interpretasi yang merupakan landuse existing dari tahun 2000 s.d 2012, dibuat dalam bentuk grid dengan ukuran sel (30x30) m² (McHaney, 2009).

Peta-peta yang telah dihasilkan merupakan faktor fisik lahan dijadikan sebagai lapisan ganda (multi layers) dalam program simulasi. Seluruh data spasial ini dikonversi dari format grid ke format ASCII untuk digunakan dalam program simulasi CA. Salah satu program aplikasi untuk melakukan simulasi geospasial berbasis CA adalah program komputer yang dikembangkan oleh Langlois (1999) di Laboratoire MTG, Université de Rouen yang bernama SpaCelle (Système de Production d'Automate CELLulaire Environnemental).

Program tersebut telah menyediakan lebih dari 20 fungsi aturan transisi yang ditulis dalam bentuk simbol. Fungsi transisi adalah kemungkinan suatu sel dapat berubah dari satu keadaan X ke keadaan Z, dalam program ditulis sebagai: $X > Z$.

Berdasarkan deskripsi program di atas, maka dirumuskan aturan perubahan penggunaan lahan menurut kecenderungan perubahan penggunaan lahan pada periode 3 tahunan (2000, 2003, 2006, 2009, dan 2012) dengan memperhatikan faktor fisik lahan dan asumsi-asumsi berikut:

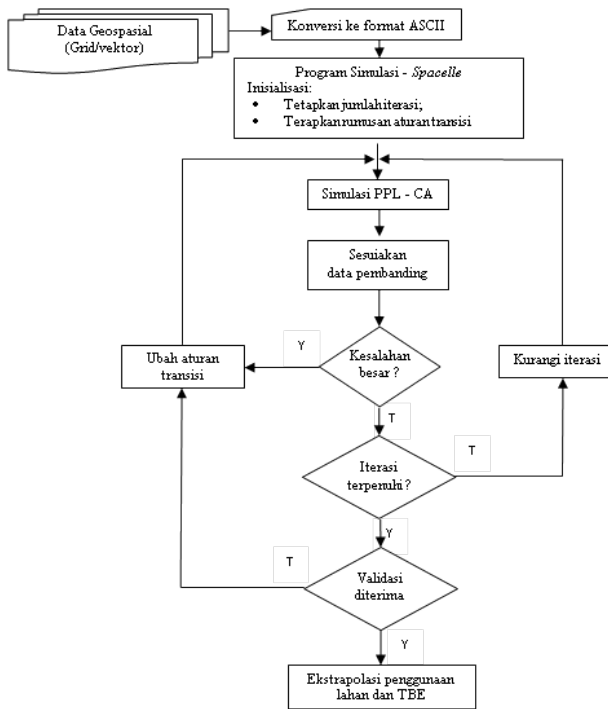
- a. Kondisi wilayah kajian tanpa kejadian bencana alam.
- b. Tanpa ada intervensi kebijakan.
- c. Faktor penduduk sudah tersirat dalam penggunaan lahan. Arsyad (2010) mengartikan penggunaan lahan sebagai setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam

- rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual.
- d. Kondisi faktor fisik lahan (curah hujan, elevasi, lereng, jenis tanah, zona penyangga dan aksesibilitas) di masa mendatang menyerupai kondisi saat sekarang (saat simulasi dilakukan).
 - e. Perubahan dari satu jenis penggunaan lahan ke penggunaan lahan lainnya memperhatikan nilai manfaat secara ekonomis.
 - f. Penggunaan lahan jenis hutan tidak mengalami perubahan
 - g. Atribut di luar batas Sub-DAS berisi “No data”.
 - h. Ukuran grid untuk setiap layer : 30 m x 30 m dan dimensi: 1368 kolom dan 580 baris
 - i. Model tetangga Moore 8x8 sel.
 - j. Skala waktu perubahan penggunaan lahan dengan iterasi setiap tahun, sedangkan skala waktu perubahan setiap sel dengan iterasi secara diskrit mengikuti model tetangga. Perubahan penggunaan lahan mengikuti rencana pembangunan jangka menengah (RPJM) yang perencanaannya setiap 5 tahun dan rencana pembangunan jangka panjang (RPJP) yaitu 25 tahun mendatang.

Langkah berikutnya adalah Menyusun skenario simulasi perubahan penggunaan lahan dengan model CA. Rumusan aturan yang diperoleh pada setiap skenario kemudian disimulasikan dan hasilnya divalidasi menggunakan algoritma Fuzzy Kappa.

Uji validasi dilakukan dengan membandingkan peta-peta penggunaan lahan existing sebagai referensi dengan peta hasil simulasi. Untuk melakukan hal ini, digunakan program aplikasi MCK, program ini dapat didownload secara gratis pada website dengan alamat <http://riks.nl/mck>. (Hagen et al, 2005; Visser and Nijs, 2006). Nilai Fuzzy Kappa dari proses ini haruslah di atas 0,7 (70 %) sehingga hasil simulasi berada pada kategori baik, sangat baik atau sempurna sebagaimana tingkat ketepatan nilai Kappa yang dikelaskan oleh Monserud and Leemans (1992). Hasil simulasi yang telah dinyatakan baik hingga sempurna dilanjutkan dengan simulasi untuk mendapatkan ekstrapolasi peta perubahan penggunaan lahan periode 5 tahunan (2012, 2017, 2022, 2027, 2032, dan 2037) dengan asumsi rencana

pembangunan jangka menengah dilakukan setiap 5 tahun. Skema pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aturan Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan

Gambar 3a menunjukkan zonasi berdasarkan informasi perubahan penggunaan lahan yang dijadikan sebagai lapisan pembatas (layer barrier). Informasi tersebut kemudian dijadikan acuan dalam merumuskan aturan perubahan pada program Spacelle, di samping memperhatikan faktor fisik lahan (Amien, 2001; Baja, 2012; Paharuddin, 2000) yang direpresentasikan oleh lapisan ganda (multi layers) seperti: curah hujan, lereng, elevasi, jenis tanah, zona penyangga dan aksesibilitas jalan menurut kondisi pada periode I, II, III, dan IV. Lapisan ganda yang dimaksud, ditunjukkan pada Gambar 3a s.d Gambar 3h.



Gambar 3. Lapisan ganda faktor fisik lahan

Dengan memasukkan lapisan ganda tersebut ke dalam program SpaCelle, maka aturan transisi perubahan penggunaan lahan dirumuskan menjadi:

1. $Sb > Kc = PV(Kc; 8; 0.01; 1) * EV(Cho; 2) * ZV(Ch1; 1) * ZV(SbT; 1) * ZV(Lsr; 10)$
2. $Sb > Kc = PV(Kc; 6; 0.05; 1) * EV(SbU; 1) * EV(Elv1 + Elv2; 5) * EV(jt0 + jt5; 3) * ZV(jt1; 2) * ZV(SbT; 1) * ZV(jt6; 10) * ZV(Lsr; 20)$

Baris pertama pada rumusan periode I dapat diartikan sebagai: Data spasial yang saat ini berupa semak belukar (Sb) dapat berubah menjadi kebun campuran (Kc) apabila proporsi keberadaan Kc pada jarak 8 km melingkar di sekitar sel dengan radius dari 0,01 – 1 km, DAN sejauh 2 km dari Cho, DAN tidak terjadi perubahan sejauh 1 km di sekitar Ch1, DAN tidak ada perubahan sejauh 1 km di sekitar SbT DAN juga tidak ada perubahan sejauh 10 km disekitar Lsr.

Pada baris kedua dapat diartikan bahwa: Data geospasial yang saat ini berupa semak belukar (Sb) dapat berubah menjadi kebun campuran (Kc) apabila proporsi keberadaan Kc pada jarak 6 km melingkar di sekitar sel dengan radius dari 0,05 – 1 km, DAN sejauh 1 km dari SbU, DAN sejauh 5 km dari Elv1 ATAU Elv2, DAN sejauh 3 km dari jto ATAU jt5 DAN tidak terjadi perubahan sejauh 2 km di sekitar jt1, DAN tidak ada perubahan sejauh 1 km di sekitar SbT, DAN tidak ada perubahan sejauh 10 km disekitar jt6, DAN juga tidak ada perubahan sejauh 20 km di sekitar Lsr.

B. Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan

Luas dan persentase penggunaan lahan hasil simulasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas dan persentase simulasi penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012

Kode	Luas dan Persentase Simulasi Penggunaan Lahan									
	2000 (Referensi)		2003		2006		2009		2012	
	Luas [Ha]	%	Luas [Ha]	%	Luas [Ha]	%	Luas [Ha]	%	Luas [Ha]	%
Ht	8011,71	21,20	8011,71	21,20	8011,71	21,20	8011,53	21,20	8011,53	21,20
Sb	7767,54	20,55	5597,10	14,81	5509,80	14,58	3354,48	8,88	3354,48	8,88
Kb	173,25	0,46	173,25	0,46	173,25	0,46	173,25	0,46	568,89	1,51
Pr	183,69	0,49	183,69	0,49	183,69	0,49	183,69	0,49	183,69	0,49
Kc	13018,23	34,45	15188,67	40,19	15045,57	39,81	16742,61	44,30	16282,35	43,09
Sw	6944,76	18,38	6944,76	18,38	6944,76	18,38	6810,66	18,02	6796,26	17,98
Pm	238,41	0,63	238,41	0,63	468,81	1,24	557,82	1,48	636,84	1,69
Wd	1452,24	3,84	1452,24	3,84	1452,24	3,84	1452,24	3,84	1452,24	3,84
Lt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	503,55	1,33	503,55	1,33
Total	37789,83	100,00	37789,83	100,00	37789,83	100,00	37789,83	100,00	37789,83	100,00
Keterangan:										
Ht : Hutan			Kb : Kebun hortikultura		Kc: Kebun Campuran		Pm : Pemukiman		Lt: Lahan	
Sb: Semak/Belukar			Pr : Padang Rumput		Sw :Sawah		Wd: Waduk Bili -Bili		Terbuka	

Jika dibandingkan dengan hasil analisis penggunaan lahan existing untuk periode dan jenis penggunaan lahan yang sama, maka diperoleh selisih sebesar 6,03 ha untuk semak belukar dan -6,03 ha bagi kebun campuran. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil simulasi tidak terlampau jauh dari penggunaan lahan existing.

C. Uji Validasi Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan

Uji validasi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kepercayaan terhadap hasil yang diperoleh dari simulasi. Proses simulasi menggunakan peta referensi tahun 2000, namun dalam pengujian validasi dilakukan berdasarkan peta referensi tahun 2003 hingga tahun 2012. Hasil analisis MCK (Map Comparison Kit) baik dengan algoritma Kappa maupun Fuzzy Kappa disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Nilai Kappa simulasi perubahan penggunaan lahan

Statistik	Perbandingan peta referensi dengan simulasi			
	2003	2006	2009	2002
Kappa	0,99902	0,97147	0,99026	0,98467
KLocation	0,99924	0,99533	0,99761	0,99476
KHisto	0,99978	0,97602	0,99263	0,98986
Fraction correct	0,99928	0,97888	0,99303	0,98888

Nilai Kappa yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa program menghitung secara keseluruhan sel yang memuat 9 kategori penggunaan lahan. Namun demikian, program juga dapat menghasilkan Nilai statistik menurut kategori sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Fuzzy Kappa simulasi perubahan penggunaan lahan menurut kategori

Penggunaan Lahan	Tahun			
	2003	2006	2009	2012
Hutan (Ht)	1	0,99999	1	1
Kebun Hortikultura (Kb)	1	1	1	0,92853
Kebun campuran (Kc)	0,99646	0,98463	0,98645	0,97132
Lahan terbuka (Lt)	1	0	1	1
Pemukiman (Pm)	1	0,81145	0,90879	0,8781
Padang rumput (Pr)	1	1	1	1
Semak Belukar (Sb)	0,99362	0,85774	0,98264	0,98264
Sawah (Sw)	1	0,99148	0,99449	0,99318
Waduk (Wd)	1	1	1	1

Fuzzy Kappa dengan nilai 1 yang tertera pada Tabel 3, merupakan jenis penggunaan lahan yang tidak mengalami perubahan, sehingga hasil perbandingan peta memberikan tingkatan sempurna. Sedangkan lahan terbuka (Lt) bernilai 0 pada perbandingan peta referensi dengan hasil simulasi untuk tahun 2006. Hal ini menunjukkan bahwa pada peta referensi tahun 2006 dibandingkan dengan peta simulasi tahun 2006 yang berasal dari peta referensi 2000 belum terdapat lahan terbuka. Berdasarkan tabel tersebut, maka tingkat ketelitian dinyatakan baik hingga sangat baik.

D. Ekstrapolasi Perubahan Penggunaan Lahan

Luas dan persentase simulasi penggunaan lahan tahun 2012 s.d 2037 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas dan persentase ekstrapolasi perubahan penggunaan lahan Tahun 2012 s.d 2037

Kode	Luas dan Persentase Simulasi Penggunaan Lahan											
	2012		2017		2022		2027		2032		2037	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Luas [Ha]	%
Ht	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2	8.011,5	21,2
Sb	3.282,6	8,7	3.270,0	8,7	3.240,3	8,6	3.240,3	8,6	3.240,3	8,6	3.240,3	8,6
Kb	638,1	1,7	708,8	1,9	797,3	2,1	831,5	2,2	841,8	2,2	849,4	2,2
Pr	183,7	0,5	183,7	0,5	183,7	0,5	183,7	0,5	183,7	0,5	183,7	0,5
Kc	16.318,0	43,2	16.208,4	42,9	16.135,3	42,7	16.101,1	42,6	16.090,8	42,6	16.083,2	42,6
Sw	6.811,2	18,0	6.878,3	18,2	6.793,4	18,0	6.793,4	18,0	6.793,4	18,0	6.793,4	18,0
Pm	589,0	1,6	573,4	1,5	672,6	1,8	672,6	1,8	672,6	1,8	672,6	1,8
Wd	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8	1.452,2	3,8
Lt	503,6	1,3	503,6	1,3	503,6	1,3	503,6	1,3	503,6	1,3	503,6	1,3
Jumlah	37.789,8	100	37.789,8	100	37.789,8	100	37.789,8	100	37.789,8	100	37.789,8	100

Keterangan:

Ht : Hutan

Kb : Kebun hortikultura

Kc: Kebun Campuran

Pm : Pemukiman

Lt: Lahan Terbuka

Sb: Semak/Belukar

Pr : Padang Rumput

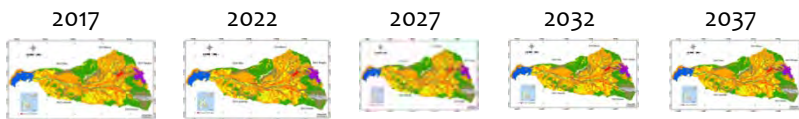
Sw :Sawah

Wd: Waduk Bili-Bili

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa jenis penggunaan lahan yang mengalami penurunan adalah kebun campuran sementara pemukiman dan kebun hortikultura mengalami peningkatan dan yang lainnya tetap.

Peningkatan pemukiman terkait dengan perkembangan wilayah yang didukung sarana dan prasarana termasuk aksesibilitas jalan semakin membaik. Selain itu, pertumbuhan jumlah penduduk turut mempercepat peningkatan pemukiman. Hal ini diperkuat dengan hasil sensus Kabupaten Gowa (2010) yang menyebutkan bahwa laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Gowa per tahun selama sepuluh tahun terakhir yakni dari tahun 2000-2010 sebesar 2,10 persen (BPS. Kabupaten Gowa, 2010).

Hasil ekstrapolasi penggunaan lahan tahun 2017 s.d tahun 2037 secara spasial ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ekstrapolasi penggunaan lahan Tahun 2017 s.d 2037

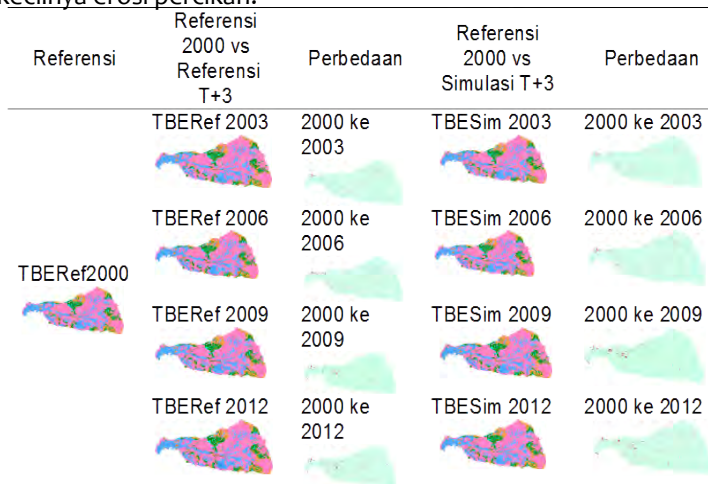
E. TBE Simulasi

TBE simulasi dengan faktor CP yang berasal dari peta penggunaan lahan hasil simulasi tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 menunjukkan bahwa antara TBE sebelum dan setelah simulasi tidak memiliki perbedaan yang besar sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, sehingga proses ekstrapolasi TBE dilanjutkan dari tahun 2017 hingga 2037 dengan durasi waktu tiap 5 tahun yang hasilnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. TBE setelah simulasi

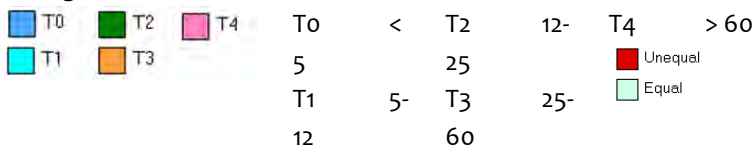
Tahun	< 5	05-Des	Des-25	25 - 60	> 60
2017	8.634,42	1.006,74	3.654,81	3.547,53	20.891,88
2022	8.544,33	1.006,92	3.663,18	3.538,98	20.981,97
2027	8.544,51	1.006,56	3.663,18	3.539,07	20.982,06
2032	8.544,51	1.006,83	3.663,36	3.538,89	20.981,79
2037	8.544,42	1.006,83	3.663,36	3.538,89	20.981,88

Pada Tabel 3 terlihat bahwa TBE tetap didominasi oleh kelas sangat tinggi yaitu di atas 60 ton/ha/th. Dari segi penggunaan lahan, berdasarkan hasil simulasi tahun 2017 s.d 2037 menunjukkan bahwa penggunaan lahan terbesar adalah kebun campuran dengan luas rata-rata 16.123,75 (42,57%). Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Asdak (2010) bahwa vegetasi yang memiliki tumbuhan tinggi kurang berperan terhadap penurunan erosi bila dibandingkan dengan vegetasi yang rendah. Tumbuhan yang lebih berperan dalam menurunkan erosi adalah tumbuhan bawah karena merupakan stratum vegetasi terakhir yang akan menentukan besar kecilnya erosi percikan.



Gambar 5. Perbedaan TBE sebelum dengan setelah Simulasi

Keterangan:



Hasil simulasi menunjukkan bahwa aturan perubahan penggunaan lahan bergantung pada kecenderungan perubahan kondisi awal (existing land use) dan faktor fisik lahan yang direpresentasikan oleh lapisan ganda (multi layer) seperti : curah hujan, lereng, elevasi, jenis tanah, zona penyangga dan aksesibilitas jalan. Faktor fisik lahan turut menentukan tingkat laju erosi. Semakin mengabaikan faktor fisik lahan, semakin besar laju tingkat erosi.

Penggunaan lahan degradatif disebabkan oleh penggunaan lahan yang tidak memperhatikan faktor fisik lahan. Walaupun telah memperhatikan faktor fisik lahan, namun ternyata hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan lahan tetap mengalami degradasi. Secara alamiah, peristiwa erosi lahan tetap berlangsung, sekalipun telah memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh faktor fisik lahan. Sehingga tidak sepenuhnya peristiwa erosi akibat dari pengabaian faktor fisik lahan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan di atas, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

- Aturan-aturan yang dirumuskan telah berhasil mensimulasikan perubahan penggunaan lahan dengan hasil mendekati dengan kondisi awal, hal ini dibuktikan dengan uji validasi yang memberikan nilai Kappa dan Fuzzy Kappa di atas 90 % dengan tingkat ketepatan sangat baik.
- Berdasarkan aturan-aturan yang dirumuskan, telah berhasil menyusun model CA untuk ekstrapolasi perubahan penggunaan lahan hingga tahun 2037.
- Peta TBE yang diperoleh berdasarkan penggunaan lahan existing 2000 s.d 2012 mendekati hasil simulasi. Berdasarkan peta hasil simulasi, maka dapat diekstrapolasi peta TBE dengan periode lima tahunan yaitu 2012 sampai dengan 2037.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed B and Ahmed R, 2012. Modeling Urban Land Cover Growth Dynamics Using Multi-Temporal Satellite Images: A Case Study of Dhaka, Bangladesh. *ISPRS Int. Journal of Geo-Information*. 1: 3-31.
- Amien,A.M., 2005. Kemandirian Lokal. Konsepsi Pembangunan, Organisasi, dan Pendidikan dari Perpektif Sains Baru, PTGramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Aronoff, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Canada.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Institut Pertanian Bogor. IPB Press.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. GadjahMada University Press, Yogyakarta.
- Baja, S. (2012). *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah, Pendekatan Spasial dan Aplikasinya*., Yogyakarta: Cv. Andi Offset.
- Bandini S, Manzoni S, Naimzada A, and Pavesi G.2004. A CA Approach to Study Complex Dynamics in Asset Markets. *Proceedings 6th International Conference on Cellular Automata for Research and Industry, ACRI 2004, Amsterdam, The Netherlands, October 25-27, 2004* : 608.
- Barredo J.I, Kasanko M, McCormick N, and Lavalle C. 2003. Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *ELSEVIER. Landscape and Urban Palnning*64 : 145-160.
- Basuki A, Santoso T.B, dan Huda M, 2004. *ModelingdanSimulasi*, IPTAQ Mulia Media, Jakarta.
- Bergsma E. 1984. Aspects of mapping units in the rain erosion hazard catchment survey., in : *Land evaluation for land-use planning and conservation in sloping areas*, International Workshop, Enschede, The Netherlands, 17-21 December 1984.Siderius ed.: 84-105.
- BPS KabupatenGowa. 2011. *GowadalamAngka* 2011. BadanPusatStatistikKabupatenGowaPropinsi Sulawesi Selatan.
- Burrough, P. A and McDonell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press., New York.
- Carletta, J. (1996). Assessing agreement on classification tasks: the kappa statistic. *Computational linguistics*, 22(2).

- Daels L and Antrop, M., 1977. The extraction of soil information from remote sensing documents, *pedologie*, 27 (2) : 123-190.
- Dubos-Paillard E., Guermond Y, Langlois P, 2003. Analyse de l'évolution urbaine par automate cellulaire. *Le modèle SpaCelle, L'espace géographique*, 32 (4) : 357-380.
- Gardner, M. 1970. Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game life. *Scientific American* 223 : 120 – 123.
- Hagen-Zanker, A., 2009. An improved Fuzzy Kappa statistic that accounts for spatial autocorrelation. *International Journal of Geographic Information Science* 23 (1) : 61-73.
- Karafyllidis, I and Thanailakis A. 1997. A model for predicting forest fire spreading using cellular automata, *ELSEVIER, Ecological Modelling*, 99: 87-97.
- Karsidi, A., 2004. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dinamis dengan Sistem Informasi Geografis Berbasis Markov Cellular Automata. Dalam *Buku: Menata Ruang Laut Terpadu*, Cetakan Pertama, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Langlois P. 2011., *Simulation of Complex System in GIS*. First Published, ISTE, Ltd. UK and John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Langlois P. 2009. *De Fonctionnement De L'automate Cellulaire simulation, Automate Cellulaire SpaCelle version 5.18*. Laboratoire MTG, Université de Rouen.
- Lastoria. B, Miserocchi. F, Lanciani. A, and Monacelli. G., 2008. An Estimated Erosion Map for the Aterno-Pescara River Basin, *European Water*, 21(22): 29-39.
- Lombardi Neto, F. 1977. Rainfall erosivity: Its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. West Lafayette: Purdue University, M.Sc. Dissertation: 53.
- McHaney, R, 2009., *Understanding Computer Simulation*, Roger McHaney & Ventus Publishing ApS.
- Monserud, R. A., and Leemans, R. 1992. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological Modelling*, 62: 275-293.
- Morgan, R. P. C, 2005. *Soil erosion and Conservation.*, Blackwell Publishing Ltd. 3rd ed. USA.
- Munir, A., Suripin. 1997. Study of landuse risks to sediment yields at the Wonogiri Catchment Area, Indonesia from 1980 until 1994.

- International Workshop "Experience with Soil Erosion Models", 1997 October 6-8, Prague, Czech Republic.
- Paharuddin, 2000. Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pemanfaatan Ruang. *Teknosains*, 13(2): 205-217. Berkala Penelitian Pascasarjana Ilmu-Ilmu Teknik dan Sains, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pontius Jr., R.G., Huffaker, D., and Denman, K., 2004. Useful techniques of validation for spatially explicit land-change models. *Ecological Modelling*, 179 (4): 445-461.
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agriculture Handbook No. 703*, US Department of Agriculture, Washington, DC
- Shannon R.E., 1998. Introduction To The Art And Science Of Simulation. *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference* D.J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, eds.
- Sipper M and Tomassini M, 1999. Computation in artificially evolved, non-uniform cellular automata. *ELSEVIER, Theoretical Computer Science* 217: 81-98.
- Skole, D and Tucker, C. 1993. Tropical deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Sattelite Data from 1978 to 1998. *Science*, 260: 1905-1910.
- Solle, M.S. 1994. Erosion Hazard Mapping At Mae Sa Watershed, Thesis, For The Degree Of Master Of Science, In Environmental Risk Assessment For Troptcal Ecosystems.
- Suripin, 2004. *Pelestarian SumberDaya Tanah dan air*. Penerbit Andi: Yogyakarta.
- Toffoli T., Margolus N. 1987., *Cellular Automata Machines: A New Environment for Modeling*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Torres, A.S, Vojinovic Z, Price, R. 2010. Planning Urban Water Systems: Modeling Using Cellular Automata And Numerical Models. 9th International Conference on Hydroinformatics. Tianjin China.
- Usman Arsyad. 2010. Analisis Erosi pada berbagai Kemiringan Lereng dan Penggunaan Lahan di DAS Jeneberang Hulu. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

- Visser, H., & de Nijs, T. 2006 The Map Comparison Kit. *Environmental Modelling & Software* 21 : 346-358.
- Weisstein, Eric W. 2002. *CRC Concise Encyclopedia of Mathematics*. Chapman & Hall/CRC, 2nd edition.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1965. Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains – Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation. *Agriculture Handbook No. 282*, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses – Guide to Conservation Planning. *Agriculture Handbook No. 537*, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Wolfram, S. 2002. *A New Kind of Science*. Champaign, Illinois: Wolfram Media, Inc.
- Wolfram, S. 1994. *Cellular automata and complexity: collected papers*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Yachiyo Engineering Co. Ltd. And Associate. 2011. *Environmental Monitoring Urgent Disaster Reduction Sediment Project for Mt. Bawakaraeng*. Makassar.
- Yachiyo Engineering Co. Ltd. And Associate. 2009. *Necessity of Comprehensive Sediment Control In Jeneberang River Basin*. Workshop Natural Disaster of Caldera Wall Collapse of Mt. Bawakaraeng in South Sulawesi, January 29, 2009. Jakarta.



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENGELOLAAN DAS TERPADU UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT

Terbit Tahun 2014

Tim Penyunting :

Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo
Dr. Agung Budi Supangat, MT,M.Sc
Dr. Ir. Rini Dwi Astuti, MS.
Dr. Ir. Sudarto, MS.
Dr. Ir. Tyas Mutiara Basuki, M. Sc
Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D
Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D
Ir. Widiyanto, M.Sc.
Drs. Irfan Budi Pramono, M. Sc
Ir. Purwanto, M. Si
Ir. Dewi Retna Indrawati, M.P

Penyelenggara :

Mitra Utama :



Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPTKPDAS)

Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Po Box 295 Surakarta, Indonesia

Telp : (0271) 716709 Fax : (0271) 716959

E-mail: bpt.kpdas@fardas-mof.org Website: <http://bptk-solo.litbang.dephut.go.id/>