

**PREDIKSI TUTUPAN LAHAN
DAN DEBIT LIMPASAN PERMUKAAN
DI SUB DAS BATANGHARI HILIR TAHUN 2030**

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian
Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S1)



Oleh
Anissa Zuhrita
NIM 17136127

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI
JURUSAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI

Judul : **Prediksi Tutupan Lahan dan Debit Limpasan Permukaan di Sub DAS Batanghari Hilir Tahun 2030**

Nama : **Anissa Zuhrita**

NIM / TM : **17136127/2017**

Program Studi : **Geografi**

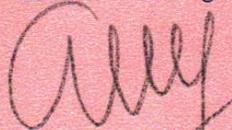
Jurusan : **Geografi**

Fakultas : **Ilmu Sosial**

Padang, September 2021

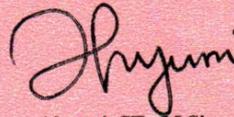
Disetujui Oleh:

Ketua Jurusan Geografi,



Dr. Arie Yulfa, ST, M.Sc
NIP. 19800618 200604 1 003

Pembimbing,



Ahvuni, ST, M.Si
NIP.19690323 200604 2 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

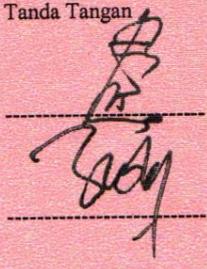
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi
Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Padang
Pada hari Rabu, tanggal ujian 18 Agustus 2021 Pukul 15.40 WIB

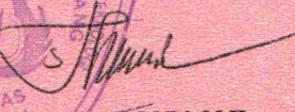
**PREDIKSI TUTUPAN LAHAN
DAN DEBIT LIMPASAN PERMUKAAN
DI SUB DAS BATANGHARI HILIR TAHUN 2030**

Nama : Anissa Zuhrita
TM/NIM : 2017/17136127
Program Studi : Geografi
Jurusan : Geografi
Fakultas : Ilmu Sosial

Padang, September 2020

Tim Penguji :

	Nama	Tanda Tangan
Ketua Tim Penguji	: Dra. Endah Purwaningsih, M.Sc	
Anggota Penguji	: Drs. Helfia Edial, MT	

Mengesahkan:
Dekan FIS UNP

Dr. Siti Fatimah, M.Pd, M.Hum
NIP. 19610218 198403 2 001



UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS ILMU SOSIAL
JURUSAN GEOGRAFI

Jalan. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang – 25131 Telp 0751-7875159

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anissa Zuhrita
NIM/BP : 17136127/2017
Program Studi : Geografi
Jurusan : Geografi
Fakultas : Ilmu Sosial

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul :

“Prediksi Tutupan Lahan dan Debit Limpasan Permukaan di Sub DAS Batanghari Hilir Tahun 2030” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat dari karya orang lain maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan syarat hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di instansi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui Oleh,
Ketua Jurusan Geografi



Dr. Arie Yulfa, M.Sc
NIP. 19800618 200604 1 003

Padang, September 2020
Saya yang menyatakan



Anissa Zuhrita
NIM. 17136127/2017

ABSTRAK

Anissa Zuhrita, 2021. “Prediksi Tutupan Lahan dan Debit Limpasan Permukaan di Sub Das Batanghari Hilir Tahun 2030”

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Mengetahui tutupan lahan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2013, 2016, 2019. 2) Mengetahui debit limpasan permukaan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2013, 2016, 2019. 3) Mengetahui prediksi tutupan lahan dan prediksi debit limpasan permukaan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2030.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian kuantitatif. Teknik pengumpulan data yaitu studi literatur, wawancara, dan kuesioner. Teknik analisis data menggunakan interpretasi citra, analisis hasil pengukuran, metode rasional, metode *cellular automata* (CA), analisis debit periode ulang.

Hasil penelitian menunjukkan perubahan tutupan lahan mengalami perkembangan yang signifikan, perkebunan pada tahun 2013 memiliki luas 633.872,46 ha bertambah menjadi 657.127,74 ha pada tahun 2019. Permukiman pada tahun 2013 memiliki luas 17.075,02 ha bertambah menjadi 17.215 ha, sedangkan hutan pada tahun 2013 memiliki luas 42.936,22 ha berkurang menjadi 32.237,56 ha pada tahun 2019. Debit limpasan permukaan berdasarkan metode rasional pada tahun 2013 yaitu 1.568,13 m³/dt, pada tahun 2016 yaitu 1.073,16 m³/dt dan pada tahun 2019 yaitu 1.205,36 m³/dt sedangkan debit limpasan permukaan hasil pengukuran tahun 2013, 2016, 2019 yakni 4.133,95 m³/dt, yaitu 3.959,74 m³/det dan 4169,31 m³/dt. Prediksi tutupan lahan tahun 2030 menunjukkan lahan pertanian memiliki penambahan luas yang signifikan menjadi 715.661,35 ha dengan debit limpasan permukaan periode ulang yakni 4.369,10 m³/dt serta debit limpasan permukaan berdasarkan metode rasional yakni 2.301,121 m³/dt.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas segala nikmat dan karunia Allah *Subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan kekuatan dan kesehatan kepada penulis. Shalawat beriringkan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan umat yaitu Nabi Muhammad *Shallallahu'alaihi wasallam* sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menuju Program Strata I (S1) Jurusan Geografi Universitas Negeri Padang. Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penelitian ini, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Penulis menyadari bahwa berhasilnya studi dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan do'a kepada penulis dalam menghadapi setiap tantangan dan rintangan, sehingga sepatutnya pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
2. Ibu Ahyuni, ST., M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan masukan dan motivasi hingga selesainya penelitian ini.
3. Bapak Dr. Arie Yulfa, M.Sc selaku Ketua Jurusan Geografi, Sekretaris Jurusan beserta staf pengajar yang telah memberikan kemudahan dalam proses skripsi ini.

4. Ibu Dra. Endah Purwaningsih, M.Sc. dan Bapak Drs. Helfia Edial, MT sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis.
5. Teman-teman seperjuangan dan pihak lainnya yang telah memberikan semangat, membantu, dan mendo'akan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun para pembaca dan pihak yang berkepentingan.

Padang, 31 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Rumusan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Kajian Teori	8
1. Pendekatan Wilayah.....	8
2. DAS.....	8
3. Tutupan Lahan	9
4. Limpasan Permukaan.....	13
5. Banjir.....	23
6. Model Cellular Automata (CA).....	23
B. Penelitian Relevan.....	24

C. Kerangka Konseptual	35
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
A. Jenis Penelitian	36
B. Tempat dan Waktu Penelitian	36
C. Populasi dan Sampel Penelitian	39
D. Jenis Data dan Sumber Data	39
E. Teknik Analisis Data	40
1. Tutupan Lahan Tahun 2013, 2016, 2019	40
2. Debit Limpasan Permukaan Tahun 2013, 2016, 2019.....	44
3. Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2030	44
4. Prediksi Debit Limpasan Permukaan Tahun 2030	47
F. Diagram Alir	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
A. Gambaran Umum Wilayah Sub DAS Batanghari Hilir.....	50
B. Hasil Penelitian	51
1. Tutupan Lahan Tahun 2013, 2016, 2019	51
2. Debit Limpasan Permukaan Tahun 2013, 2016, 2019.....	57
3. Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2030	60
4. Prediksi Debit Limpasan Permukaan Tahun 2030	64
C. Pembahasan.....	69
BAB V PENUTUP	80
A. Kesimpulan	80
B. Saran	82

DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	86

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Penutup Lahan Skala 1:1.000.000	11
Tabel 2. Klasifikasi Penutup Lahan Skala 1:250.000.....	12
Tabel 3. Koefisien Limpasan (C) untuk Persamaan Rasional.....	18
Tabel 4. Harga Koefisien Masing-Masing Metode	22
Tabel 5. Penelitian Relevan.....	25
Tabel 6. Jenis Data dan Sumber Data	40
Tabel 7. Klasifikasi Kelas Tutupan Lahan Dimodifikasi.....	42
Tabel 8. <i>Confusion Matrix</i>	43
Tabel 9. Luas Tutupan Lahan Tahun 2013	53
Tabel 10. Luas Tutupan Lahan Tahun 2016	55
Tabel 11. Luas Tutupan Lahan Tahun 2019	57
Tabel 13. Debit Limpasan Permukaan Pengukuran Tahun 2013, 2016, 2019.....	58
Tabel 14. Koefisien Limpasan (C) Rata - Rata Tahun 2013, 2016, 2019.....	58
Tabel 15. Intensitas Curah Hujan Tahun 2013, 2016, 2019.....	59
Tabel 16. Debit Limpasan Permukaan Metode Rasional 2013,2016, 2019.....	59
Tabel 17. Luas Tutupan Lahan Tahun 2030	64
Tabel 18. Debit Limpasan Permukaan Hasil Pengukuran Tahun 2011 - 2019.....	64
Tabel 19. Parameter Uji Distribusi Statistik Debit Limpasan Permukaan Hasil Pengukuran Tahun 2011 - 2019.....	65
Tabel 20. Debit Limpasan Permukaan Metode Log Person Type III.....	65
Tabel 21. Koefisien Limpasan (C) Rata-Rata Tahun 2030.....	67

Tabel 23. Luasan Masing Masing Kelas Perubahan 2013 - 2016	69
Tabel 25. Luasan Masing Masing Kelas Perubahan 2016 - 2019	70
Tabel 27. Luasan Masing Masing Kelas Perubahan 2019 - 2030	71
Tabel 28. Koefisien Limpasan (C) Rata-Rata Tahun 2013, 2016, 2019,2030.....	72
Tabel 29. Intensitas Curah Hujan Tahun 2013, 2016, 2019, 2030.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka Konseptual.....	35
Gambar 2. Peta DAS Batanghari	37
Gambar 3. Peta Sub DAS Batanghari Hilir	38
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian	49
Gambar 5. Peta Tutupan Lahan Tahun 2013.....	52
Gambar 6. Peta Tutupan Lahan Tahun 2016.....	54
Gambar 7. Peta Tutupan Lahan Tahun 2019.....	56
Gambar 8. Peta Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2030	63
Gambar 9. Grafik perubahan tutupan lahan 2013, 2016, 2019, 2030.....	69
Gambar 10. Grafik Nilai C Tahun 2013, 2016, 2019	73
Gambar 11. Grafik Perubahan Intensitas Curah Hujan	75
Gambar 12. Grafik Debit Limpasan Permukaan Tahun 2013, 2016, 2019,2030...	76

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah merupakan satu kesatuan geografis beserta segenap unsur yang terkandung di dalamnya. Wilayah dibedakan menjadi wilayah formal dan wilayah fungsional. Wilayah formal merupakan suatu wilayah yang memiliki beberapa persamaan dalam kriteria tertentu. Pada awalnya klasifikasi wilayah formal didasarkan atas persamaan fisik, seperti topografi, iklim atau vegetasi kemudian mengalami perkembangan dengan menggunakan kriteria ekonomi, seperti adanya wilayah industri dan wilayah pertanian. Wilayah fungsional merupakan wilayah yang memperlihatkan adanya suatu kekompakan fungsional yang saling tergantung dalam kriteria tertentu (Suharyono, 2005 dalam Hardati, 2016).

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah yang diklasifikasikan sebagai wilayah fungsional. Secara teknis DAS memiliki batas yang tidak sama dengan batas administrasi sehingga dibutuhkan koordinasi antardaerah administrasi yang berada dalam satu wilayah DAS (Mustikasari, 2013). DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Setiap DAS terbagi habis ke dalam Sub DAS – Sub

DAS (Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor :P. 32/MENHUT-II/2009). DAS memiliki karakteristik yang tersusun dari faktor-faktor yang bersifat sulit berubah antara lain hujan sebagai masukan utama, morfometri, dan geologi serta terdapat pula faktor-faktor yang mudah berubah yaitu tutupan lahan yang mencakup pengelolaan vegetasi, tanah, dan relief, secara menyeluruh dari hulu sampai hilir (Antoko & Sukmana, 2007).

Jumlah penduduk yang selalu bertambah dari waktu ke waktu mendorong peningkatan aktivitas permukiman, industri, dan pertanian yang menyebabkan perubahan tutupan lahan yang dikelola secara tidak terkontrol dan tidak disertai dengan daya dukung (*carrying capacity*) lahan yang memadai (Jayadi, Christiawan, & Sarmita, 2017). Pertambahan jumlah penduduk tersebut memberikan tekanan terhadap lahan. Tutupan lahan merupakan suatu faktor yang sangat berperan dalam menentukan kondisi hidrologi suatu DAS. Berubahnya tutupan lahan disuatu DAS akan menyebabkan berubah pula kondisi hidrologis dalam DAS tersebut (Saputri, Ridwan, Amin, & Asmara, 2018). Perubahan jenis tutupan lahan, seperti perubahan vegetasi menjadi jenis vegetasi lain serta perubahan vegetasi menjadi non vegetasi mengakibatkan saat terjadi hujan, air hujan yang jatuh tidak banyak meresap ke dalam tanah dan berubah menjadi limpasan permukaan yang kemudian mengalir menjadi debit sungai, jika peningkatan limpasan permukaan terjadi dengan cepat dan cukup besar maka mengakibatkan debit sungai berada pada kondisi puncak atau maksimum dengan kapasitas sungai yang tidak mampu menampung debit puncak atau maksimum tersebut maka akan berpotensi terjadinya banjir. Banjir merupakan genangan air

atau aliran air yang menyebabkan kerugian material atau kehilangan jiwa (Asdak, 2010). Banjir merupakan genangan air yang terjadi akibat luapan-luapan pada sisi kiri atau kanan sungai dikarenakan kapasitas sungai yang tidak cukup menampung debit aliran yang lewat (Sudjarwadi, 1987 dalam Asdak, 2010).

DAS Batanghari terletak antara $0^{\circ}43'$ - $2^{\circ}46'$ LS dan $100^{\circ}45'$ - $104^{\circ}25'$ BT. DAS Batanghari merupakan DAS terbesar di Pulau Sumatra yang sebagian besar berada di Provinsi Jambi dan sebagian kecil berada di Provinsi Sumatra Barat. DAS Batanghari memiliki wilayah dengan luas sekitar 4,5 juta hektar. DAS Batanghari terdiri dari empat belas kabupaten/kota yaitu Batanghari, Kota Jambi, Merangin, Bungo, Tebo, Sarolangun, Muaro Jambi, Tanjung Jabung Timur, Kerinci, Kota Sungai Penuh, Dharmasraya, Sijunjung, Solok, Solok Selatan. Sungai utama yang mengalir di DAS Batanghari yakni Sungai Batanghari. Sungai Batanghari berhulu di Solok Selatan Provinsi Sumatera Barat dan di Kerinci Provinsi Jambi yang mengalir menuju timur hingga berakhir di Selat Berhala pada wilayah Tanjung Jabung Timur. DAS Batanghari terdiri atas lima sub DAS yaitu Batanghari Hulu, Batang Tebo, Batang Tabir, Batang Merangin Tembesi, dan Batanghari Hilir. Berdasarkan penelitian Utami, Sapei, & Apip (2017) konversi lahan terbesar di DAS Batanghari adalah kawasan hutan menjadi kawasan pertanian. Luas hutan diperkirakan akan terus menurun hingga tiga puluh tahun mendatang, sedangkan lahan pertanian selalu berkembang seiring dengan penambahan penduduk. Semak dan lahan terbuka sebagian besar ikut dialihfungsikan menjadi lahan pertanian. Kawasan pemukiman juga mengalami perluasan umumnya dari kawasan semak dan hutan. Berdasarkan kebutuhan

lahan, permukiman, lahan terbuka dan area pertanian selalu bertambah sedangkan luas semak dan hutan selalu berkurang.

Sub DAS Batanghari Hilir merupakan sub DAS paling akhir di DAS Batanghari. Berada di bagian paling bawah DAS Batanghari, Sub DAS Batanghari hilir menjadi muara tempat bersatunya seluruh sumber aliran yang berasal dari bagian atas atau bagian hulu DAS Batanghari. Oleh karena itu fluktuasi debit yang terjadi sangat dipengaruhi oleh sub DAS-sub DAS di atasnya (Tikno, 2000). Sub DAS Batanghari Hilir dipilih sebagai studi kasus karena Sub DAS Batanghari Hilir termasuk Sub DAS yang sangat rentan. Bagian hilir menjadi daerah yang paling tinggi kerentanannya dibandingkan daerah tengah dan hulu disebabkan banyak faktor. Salah satunya karena aktivitas antropogenik di daerah hilir yang paling dominan. Aktivitas antropogenik dapat mengubah sistem hidrologi di kawasan hilir DAS (Isik et al., 2008 dalam Utami et al., 2017).

Konversi tutupan lahan untuk aktivitas pertanian telah berlangsung sejak lama di Sub DAS Batanghari Hilir. Berdasarkan penelitian Ramadhan (2016) konversi hutan menjadi kebun kelapa sawit dari tahun 1990—2010 di Sub DAS Batanghari Hilir telah terjadi dengan luas 54.225 ha. Bagian dari Sub DAS Batanghari Hilir yang mengkhawatirkan salah satunya yakni Kota Jambi. Dilihat dari frekuensi dan intensitas terjadinya peristiwa banjir di Kota Jambi pada sepuluh tahun terakhir telah terjadi peningkatan yang signifikan (Rusli, Hidayah, & Doddi Yudianto, 2016). Berdasarkan data dari BWS Sumatera VI Provinsi Jambi, pada tanggal 31 Desember 2020 terjadi luapan air pada beberapa ruas sungai di Kota Jambi dan genangan air di beberapa lokasi yang tersebar di tujuh

kecamatan yakni Kecamatan Jelutung, Pasar Jambi, Danau Teluk, Pelayangan, Alam Barajo, Kota Baru dan Telanaipura.

Mengingat kemungkinan perubahan tutupan lahan yang akan terjadi dan mempertimbangkan dampaknya terhadap peningkatan debit limpasan permukaan, maka diperlukan suatu model yang terintegrasi dengan sistem informasi geografis (SIG). Analisis perubahan tutupan lahan dapat memberikan wawasan dalam proses pengambilan keputusan terkait dengan pengelolaan lingkungan dan perencanaan masa depan (Utami et al., 2017). Model *Celluar Automata* (CA) dapat digunakan untuk memprediksi tutupan lahan pada masa yang akan datang. CA pertama kali dicetuskan oleh Ulan dan Von Neumann pada akhir 1940-an. CA mengadopsi konsep pemodelan spasial dengan kapasitas komputasi yang baik sehingga mampu secara efektif mensimulasikan perubahan spasial dengan berfokus pada interaksi *cell* atau *pixel* (Yang, Chen, Xi, Xie, & Li, 2014). Prediksi debit limpasan permukaan pada masa yang akan datang dapat diketahui menggunakan perhitungan debit limpasan permukaan periode ulang dan menggunakan debit limpasan permukaan metode rasional.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Prediksi Tutupan Lahan dan Debit Limpasan Permukaan di Sub Das Batanghari Hilir Tahun 2030.”**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Perubahan tutupan lahan berlangsung dari waktu ke waktu di Sub DAS Batanghari Hilir.
2. Perubahan debit limpasan permukaan terjadi dari waktu ke waktu di Sub DAS Batanghari Hilir.
3. Perubahan tutupan lahan kemungkinan akan terjadi hingga masa yang akan datang yang dapat memicu terjadinya perubahan debit limpasan permukaan.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan diatas dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tutupan lahan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2013, 2016, 2019?
2. Bagaimana debit limpasan permukaan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2013, 2016, 2019?
3. Bagaimana prediksi tutupan lahan dan prediksi debit limpasan permukaan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2030?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas adapun tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui tutupan lahan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2013, 2016, 2019.
2. Mengetahui debit limpasan permukaan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2013, 2016, 2019.

3. Mengetahui prediksi tutupan lahan dan prediksi debit limpasan permukaan di Sub DAS Batanghari Hilir pada tahun 2030.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pendidikan pada Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial UNP.
2. Sebagai informasi serta masukkan kepada *stakeholder* untuk dijadikan dasar dalam mengambil kebijakan untuk meminimalisir terjadinya banjir.
3. Sebagai referensi untuk peneliti selanjutnya dalam melakukan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pendekatan Wilayah

Penentuan batas wilayah ditetapkan berdasarkan konsep wilayah. Dalam kaitan ini konsep wilayah lebih menekankan wilayah sebagai suatu alat (*means*) untuk mencapai suatu tujuan. Konsep wilayah mengklasifikasikan wilayah menjadi dua kelompok. Pertama, wilayah formal yang menyangkut uniformitas dan homogenitas. Kedua, wilayah fungsional menyangkut hubungan ketergantungan dan hubungan timbal balik (Kawik Sugiana, 2003 dalam Stefano, 2017).

Wilayah formal memiliki karakteristik yang sama yang ditemukan pada seluruh area. Wilayah formal juga dikenal sebagai daerah seragam (*uniform*) dan homogen, wilayah homogen memiliki batas yang lebih jelas (zona transisi yang lebih sempit) dari pada wilayah fungsional (Lew, Hall, & Timothy, 2008). Wilayah fungsional adalah wilayah yang memperlihatkan adanya suatu kekompakan fungsional yang saling tergantung dalam kriteria tertentu (Suharyono, 2005 dalam Hardati, 2016).

2. DAS

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami,

yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. DAS adalah daerah yang dibatasi oleh punggung- punggung gunung di mana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut akan dialirkan melalui sungai- sungai kecil menuju sungai utama (Asdak, 2010). DAS merupakan satuan wilayah alami yang memberikan manfaat produksi serta memberikan pasokan air melalui sungai, air tanah, dan atau mata air untuk memenuhi berbagai kepentingan hidup baik untuk manusia, flora, dan fauna (Paimin, Pramono, Purwanto, & Indrawati, 2012). Pemanfaatan sumber daya alam di dalam DAS harus dilakukan secara berkelanjutan dan tidak membahayakan lingkungan (Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, 2015).

3. Tutupan Lahan

Lahan merupakan suatu lingkungan fisik di mana di dalamnya terdapat iklim, relief, tanah, hidrologi dan flora yang pada kadar tertentu dapat mempengaruhi kemampuan penggunaannya (Purwowidodo, 1983 dalam Susanti, Syarifudin, & Helmi, 2020). Menurut Lillesand dan Kiefer (1979) istilah penutupan lahan berkaitan dengan jenis wujud kenampakan yang ada di permukaan bumi, seperti ladang, danau, dan jalan raya. Pembaharuan informasi mengenai tutupan lahan dan penggunaan lahan sangat penting untuk banyak bidang sosial-ekonomi dan lingkungan, termasuk perencanaan kota dan wilayah, konservasi dan pengelolaan sumber daya alam, dan lain-lain (J, S, B, & KKG, 2020).

Klasifikasi tutupan lahan salah satunya dapat menggunakan acuan berdasarkan SNI 7645-1:2010 yang memiliki ruang lingkup standar yang menetapkan klasifikasi dan hierarki penutup lahan diantaranya yaitu pada skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Standar ini mengacu pada *Land Cover Classification System United Nation - Food and Agriculture Organization (LCCS-UNFAO)* dan *ISO 19144-1 Geographic information - Classification Systems - Part 1:Classification system structure*, dan dikembangkan sesuai dengan fenomena yang ada di Indonesia. Standar ini disusun berdasarkan Pedoman Standardisasi Nasional Nomor 8 tahun 2007, tentang Penulisan Standar Nasional Indonesia. Berikut klasifikasi tutupan lahan yang digunakan berdasarkan skala 1:1.000.000 dan 1:250.000.

Tabel 1. Klasifikasi Penutup Lahan Skala 1:1.000.000

Kelas Penutup Lahan
Daerah vegetasi
Daerah pertanian
Sawah
Ladang, tegal atau huma
Perkebunan
Daerah bukan pertanian
Hutan lahan kering
Hutan lahan basah
Semak dan belukar
Padang rumput alang – alang dan sabana
Rumput rawa
Daerah tak bervegetasi
Lahan terbuka
Pemukiman dan lahan bukan pertanian
Lahan terbangun
Permukiman
Jaringan Jalan
Jalan Arteri
Jalan Kolektor
Jaringan jalan kereta api
Bandar udara domestik / internasional
Pelabuhan Laut
Lahan tidak terbangun
Perairan
Danau atau waduk
Rawa
Sungai
Anjir pelayaran
Terumbu Karang

Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2010

Tabel 2. Klasifikasi Penutup Lahan Skala 1:250.000

Kelas Penutup Lahan
Daerah vegetasi
Daerah pertanian
Sawah
Sawah pasang surut
Ladang
Perkebunan
Perkebunan campuran
Tanaman campuran
Daerah bukan pertanian
Hutan lahan kering
Hutan lahan kering primer
Hutan lahan kering sekunder
Hutan lahan basah
Hutan lahan basah primer
Hutan lahan basah sekunder
Semak dan belukar
Padang rumput alang – alang dan sabana
Rumput rawa
Daerah Tak Bervegetasi
Lahan Terbuka
Lahar dan Lava
Hamparan pasir pantai
Beting Pantai
Gumuk Pasir
Pemukiman dan lahan bukan pertanian
Lahan terbangun
Permukiman
Bangunan Industri
Jaringan Jalan
- Jalan arteri
- Jalan kolektor
- Jalan lokal
Jaringan jalan kereta api
Bandar udara domestik / internasional
Pelabuhan Laut
Lahan tidak terbangun
Perairan
Danau atau waduk
Rawa
Sungai
Anjir pelayaran
Anjir Pelayaran
Terumbu Karang
Gosong Pantai

Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2010

4. Limpasan Permukaan

a. Pengertian

Ketika air hujan jatuh ke permukaan tanah sebagian air tersebut langsung masuk ke dalam tanah atau yang disebut infiltrasi, dan air yang sebagian lagi tidak sempat masuk kedalam tanah sehingga mengalir diatas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah, namun ada juga air yang telah masuk ke dalam tanah terutama pada tanah yang hampir jenuh dan tidak dapat terserap lagi kemudian kembali lagi ke permukaan tanah dan mengalir ke bagian yang lebih rendah kedua fenomena ini disebut limpasan permukaan. Limpasan permukaan merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan laut. Terdapat limpasan permukaan yang berlangsung cepat yang selanjutnya membentuk debit sungai, sedangkan terdapat pula limpasan permukaan yang membutuhkan waktu lama untuk membentuk debit sungai hal tersebut dikarenakan limpasan permukaan tersebut memerlukan waktu beberapa hari hingga beberapa minggu sebelum akhirnya menjadi debit sungai (Asdak, 2010). Limpasan permukaan berasal dari bagian dari curah hujan yang tidak masuk ke dalam tanah sehingga mengalir di permukaan, atau dari bagian curah hujan yang masuk ke dalam tanah yang jenuh air sehingga air tersebut ke luar ke permukaan dan mengalir di permukaan menuju tempat yang lebih rendah (Chow 1964, Seyhan 1977 dalam Sofan, Febrianti, & Prasasti, 2014).

Aliran air yang memberikan sumbangan paling cepat terhadap pembentukan debit adalah air hujan yang langsung jatuh di atas permukaan saluran air atau dikenal dengan sebagai intersepsi saluran (*channel interception*)

(Asdak, 2010:152). Intersepsi saluran ini yang pertama kali menyebabkan hidrograf aliran dan berhenti setelah hujan berakhir. Air limpasan permukaan adalah aliran air di atas permukaan tanah yang terjadi karena laju curah hujan melampaui laju infiltrasi. Air limpasan permukaan adalah pembentuk aliran debit tercepat kedua setelah intersepsi saluran. Gabungan Intersepsi saluran, air larian, dan air bawah permukaan dikenal sebagai debit aliran (*stormflow*). *Stormflow* ini menjadi komponen hidrograf yang paling diperhatikan dalam analisis banjir terutama dalam kaitannya dengan karakteristik DAS.

b. Faktor Penentu Limpasan Permukaan

Menurut Asdak (2010) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan diantaranya sebagai berikut:

(1) Lama Waktu Hujan

Limpasan permukaan berhubungan dengan lama waktu hujan untuk intensitas tertentu. Infiltrasi akan berkurang pada waktu awal terjadinya hujan. Oleh karena itu hujan dengan waktu singkat tidak menghasilkan limpasan permukaan. Hujan dengan intensitas yang sama dengan waktu yang lebih lama akan menghasilkan limpasan permukaan yang lebih besar.

(2) Intensitas Hujan

Intensitas hujan akan mempengaruhi debit limpasan permukaan. Debit limpasan permukaan akan lebih besar pada hujan intensif dibandingkan hujan kurang intensif meskipun curah hujan total untuk kedua hujan tersebut sama besarnya.

(3) Persebaran Hujan

Debit limpasan permukaan dipengaruhi persebaran dan intensitas curah hujan pada suatu DAS. Debit limpasan permukaan terbesar akan terjadi ketika seluruh DAS memiliki curah hujan yang sama.

(4) Bentuk dan Ukuran DAS

Semakin besar ukuran DAS, semakin besar limpasan permukaan, tetapi debit limpasan permukaan persatuan wilayah DAS tersebut turun apabila luas daerah tangkapan air (*catchment area*) bertambah besar.

(5) Topografi DAS

Semakin besar kemiringan lereng suatu DAS, semakin cepat laju limpasan permukaan dengan demikian, mempercepat respons DAS tersebut oleh adanya curah hujan. Bentuk topografi seperti kemiringan lereng, keadaan parit dan bentuk cekungan permukaan tanah lainnya akan mempengaruhi debit limpasan permukaan. DAS dengan sebagian besar bentang lahan datar akan menghasilkan limpasan permukaan yang lebih kecil dibandingkan daerah DAS dengan kemiringan lereng lebih besar.

(6) Bentuk DAS

Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju limpasan permukaan daripada DAS berbentuk melebar walaupun luas keseluruhan dari dua DAS tersebut sama. Hal ini terjadi karena limpasan pada bentuk DAS memanjang tidak terkonsentrasi secepat pada DAS dengan bentuk melebar.

(7) Kerapatan daerah aliran (drainase)

Kerapatan daerah aliran (drainase) juga merupakan faktor penting dalam menentukan kecepatan limpasan permukaan. Kerapatan drainase adalah jumlah dari semua saluran air/sungai (km) dibagi luas DAS (km^2). Semakin tinggi kerapatan daerah aliran, semakin besar laju limpasan permukaan untuk curah hujan yang sama. Oleh karena itu dengan kerapatan daerah aliran tinggi, debit puncak akan tercapai dalam waktu yang lebih cepat.

(8) Vegetasi dan Bercocok Tanam

Pengaruh vegetasi dan cara bercocok tanam terhadap limpasan permukaan dapat diterangkan bahwa vegetasi dapat memperlambat jalannya limpasan permukaan dan memperbesar jumlah air yang tertahan di atas permukaan tanah (*surface detention*), dan dengan demikian, menurunkan limpasan permukaan. Berkurangnya debit limpasan permukaan berkaitan dengan perubahan (penurunan) nilai koefisien limpasan permukaan.

c. Prakiraan Debit Limpasan Permukaan

Metode perhitungan limpasan permukaan dapat dilakukan melalui cara pengukuran di lapangan atau menggunakan prakiraan. Pada analisis spasial yang meliputi wilayah yang cukup luas dengan karakteristik fisik, biologis, dan iklim yang bervariasi, maka penggunaan cara prakiraan mudah dilakukan dan efisien dalam waktu. Metode prakiraan untuk menghitung limpasan permukaan yang umum digunakan yaitu metode rasional U.S. Soil Conservation Service (1973) untuk mengestimasi besarnya limpasan permukaan puncak. Menurut Asdak

(2010) dalam Goldman et al., (1986) metode rasional merupakan salah satu metode yang dianggap memadai untuk memprakirakan besarnya debit puncak atau debit maksimum yang berasal dari limpasan permukaan (*peak runoff*) dapat menggunakan metode rasional (Asdak, 2010).

$$Q = 0,0028 C i A$$

Keterangan:

Q = debit limpasan permukaan puncak atau maksimum (m^3/dt)

A = luas wilayah DAS (ha)

C = koefisien limpasan

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

Angka koefisien limpasan (C) ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 - 1. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa semua air terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Pada DAS yang masih baik harga C mendekati nol, semakin rusak suatu DAS, harga C mendekati satu. Nilai koefisien C dapat dihitung seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Koefisien Limpasan (C) untuk Persamaan Rasional

No	Tutupan Lahan	Nilai C
1	Hutan Tropis	0,003
2	Hutan Produksi	0,005
3	Semak Belukar	0,007
4	Sawah-Sawah	0,001
5	Daerah Pertanian, Perkebunan	0,40
6	Daerah Pemukiman	0,25
7	Jalan Aspal	0,95
8	Sungai Besar	0,75
9	Bangunan Terpecah	0,30-0,70
10	Atap Rumah	0,70-0,90
11	Jalan Tanah	0,13-0,50
12	Lapis Keras Kerikil Batu Pecah	0,35-0,70
13	Lapis Keras Beton	0,70-0,90
14	Taman, Halaman	0,10-0,25
15	Tanah Lapang	0,10-0,30
16	Kebun, Ladang	0-0,50
17	Bangunan Padat	0,70-0,90

Sumber: Soewano,2000

Koefisien limpasan (C) adalah persentase jumlah air yang dapat mengalir melalui permukaan tanah dari keseluruhan air hujan yang jatuh pada suatu daerah. Semakin kedap suatu permukaan tanah, maka semakin tinggi nilai koefisien limpasannya.

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan:

A_i = luas lahan dengan jenis tutupan lahan i

C_i = koefisien limpasan dengan jenis tutupan lahan i

n = jumlah jenis tutupan lahan

Intensitas curah hujan terbesar ditentukan dengan memprakirakan waktu konsentrasi t_c (*time of concentration*) untuk DAS bersangkutan. Waktu konsentrasi t_c (*time of concentration*) adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai titik pengamatan aliran air (*outlet*).

Salah satu metode untuk menghitung t_c yang paling umum dilakukan adalah persamaan matematik yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) sebagai berikut :

$$t_c = 0,0133 \times L \times s^{-0,6}$$

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai (km)

S = kemiringan sungai

Intensitas curah hujan merupakan ukuran kuantitas hujan yang jatuh pada satu satuan waktu, dinyatakan dalam mm/jam. Intensitas curah hujan setiap waktu berdasarkan data curah hujan harian memakai rumus mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R24 = curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

tc = lama hujan (jam)

d. Debit Limpasan Permukaan Periode Ulang

Debit limpasan permukaan periode ulang merupakan debit limpasan permukaan dengan besaran debit dengan kala ulang tertentu, misal periode ulang sepuluh tahun, merupakan besaran debit dengan kala ulang lima tahun dengan pengertian bahwa debit sebesar itu atau lebih akan terjadi sekali selama kurun waktu sepuluh tahun. Untuk mengetahui prediksi debit limpasan permukaan dilakukan dengan tahapan analisis frekuensi dan uji distribusi frekuensi.

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim (maksimum atau minimum) dengan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas. Data yang digunakan adalah data debit maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun (Bambang Triatmodjo,2008). Tahapan analisis frekuensi debit meliputi penentuan tipe distribusi debit. Distribusi debit dilakukan dengan menghitung besarnya debit berdasarkan kala ulang menggunakan persamaan yang sesuai dengan tipe distribusi. Penentuan tipe distribusi debit bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata-rata hitung atau mean (\bar{X}), standar deviasi (S) koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck).

(1) Rata – rata (\bar{X}) :

$$\bar{X} = \frac{\sum(X_i)}{n}$$

(2) Standar Deviasi (S) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

(3) Koefisien Skewness (CS) :

$$CS = \frac{n}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

(4) Koefisien Keseragaman Sampel (Cv) :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

(5) Koefisien Kurtosis (CK) :

$$CK = \frac{n^2}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot (n - 3) \cdot S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik Cs, Cv dan Ck dengan syarat untuk tiap tipe distribusi. Beberapa jenis distribusi antara lain yakni distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel, distribusi Log Pearson Type III.

Tabel 4. Harga Koefisien Masing-Masing Metode

Metode	CS	CK
Normal	0	3
Log normal	CS/CV = 3	
Gumbel	1,4	5,4
Log Person III	Jika tidak ada nilai yang sesuai	

Sumber: Haerussalam, 2005

Untuk mengetahui apakah data tersebut benar sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih maka perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Untuk keperluan analisis uji kesesuaian dipakai uji chi kuadrat digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan berikut :

$$X_{hit}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{k}{i-1} \frac{(EF - OF)^2}{EF}$$

Keterangan :

k = 1 + 3.22 log n

OF = nilai yang diamati

EF = nilai yang diharapkan.

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima. Maka harga $X^2_{hit} < X^2_{cr}$. Harga X^2_{cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikan α dengan derajat kebebasan. Batas kritis X^2 tergantung pada derajat kebebasan dan α . Untuk kasus ini derajat kebebasan mempunyai nilai yang didapat dari perhitungan sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$DK = JK - (P+1)$$

Keterangan :

DK = Derajat Kebebasan

JK = Jumlah Kelas

P = Faktor Keterkaitan

5. Banjir

Banjir merupakan suatu fenomena meluapnya air dari sungai ke daratan sekitarnya. Banjir juga terjadi ketika ketinggian air danau, kolam, waduk, akuifer, dan muara melebihi ketinggian normalnya dan menggenangi daratan sekitarnya, atau ketika gelombang pantai melebihi tinggi permukaan laut dalam kondisi normal. Banjir merupakan bencana alam yang paling merusak dan menyebabkan jumlah kematian terbesar (Sen, 2018). Terdapat dua faktor besar yang menyebabkan terjadinya banjir. Pertama, faktor fisik yang terkait erat dengan peristiwa atmosfer yakni peningkatan frekuensi dan besarnya curah hujan. Kedua, faktor manusia sebagai akibat dari perkembangan permukiman yang intensif di wilayah dataran banjir (Smith, 1992 dalam Sen, 2018).

6. Model Cellular Automata (CA)

Prediksi tutupan lahan pada masa yang akan datang dapat menggunakan pemodelan *Cellular Automata* (CA). CA pertama kali dicetuskan oleh Ulan dan Von Neumann pada akhir 1940-an. CA memiliki kapasitas komputasi yang baik sehingga mampu secara efektif mensimulasikan perubahan spasial dengan berfokus pada interaksi *cell* atau *pixel* (Yang et al., 2014). CA berisi sejumlah *cell* yang memiliki nilai tertentu, setiap sel dapat berubah mengikuti suatu prinsip

transisi tertentu (*transition rule*). CA melakukan proses komputasi berdasarkan prinsip ketetanggaan sel (*neighbourhood*). CA merupakan pendekatan komputasi berbasis keruangan yang memiliki keunggulan dalam mengakomodasi dimensi ruang, waktu dan atributnya (Lestari & Salim, 2020). Terdapat beberapa *software* yang dapat digunakan untuk memodelkan perubahan tutupan lahan dengan teknik CA diantaranya adalah IDRISI, LandChange Modeller, Metronamica, LanduseSim, dan lainnya. Diantara *software* tersebut LanduseSim merupakan *software* yang menghasilkan tingkat akurasi yang sangat tinggi (Wicaksono & Pratomoatmojo, 2019).

B. Penelitian Relevan

Kajian hasil penelitian relevan merupakan bagian yang menguraikan tentang beberapa hasil penelitian terdahulu berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti. Berikut penelitian relevan yang digunakan:

Tabel 5. Penelitian Relevan

No	Nama	Judul	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
1.	Leilei Li, Jintao Yang, Jin Wu (2020)	<i>Future Flood Risk Assessment under the Effects of Land Use and Climate Change in the Tiaoxi Basin</i>	Kuantitatif	Penggunaan lahan didominasi oleh kawasan budidaya dan hutan. Pada masa yang akan datang lahan terbangun akan bertambah menjadi 1,5 kali lipat dari luas saat ini. Rata-rata curah hujan dan suhu tahunan akan meningkat masing-masing sebesar 1,2% dan 1,5 derajat dari tahun 2020 hingga 2050. Limpasan ekstrim pada periode ulang akan meningkat 10%-25% di bawah delapan model iklim pada tahun 2050. Secara umum, risiko banjir akan meningkat pada iklim yang telah diskenariokan.	Adanya prediksi penggunaan lahan pada masa yang akan datang serta risikonya terhadap terjadinya risiko banjir.	Penelitian referensi memprediksi iklim pada masa yang akan datang serta risikonya terhadap terjadinya banjir dimasa yang akan datang. Sementara penelitian skripsi ini, tidak memprediksi iklim pada masa yang akan datang.

2.	Jinkang Du, Li Qian, Hanyi Rui, Tianhui Zuo, Dapeng Zheng, Youpeng Xu a, C.-Y.Xu (2012)	<i>Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China</i>	Kuantitatif	DAS mengalami konversi sekitar 17% dari kawasan non-perkotaan menjadi kawasan perkotaan antara tahun 1988 dan 2009. Hasil simulasi model HECHMS untuk berbagai skenario urbanisasi menunjukkan bahwa limpasan tahunan, aliran puncak harian, dan volume banjir telah meningkat akibat koversi menjadi kawasan perkotaan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mengintegrasikan model perubahan penggunaan lahan dan model hidrologi dapat menjadi pendekatan yang baik untuk mengevaluasi daur hidrologi akibat urbanisasi yang penting untuk pengelolaan DAS, perencanaan sumber daya air, dan pengelolaan banjir untuk pembangunan berkelanjutan.	Adanya analisis perubahan penggunaan lahan dari waktu ke waktu yang berdampak terhadap limpasan permukaan puncak.	Penelitian referensi difokuskan pada dampak perubahan penggunaan lahan untuk kawasan perkotaan saja. Sedangkan penelitian skripsi ini, melihat dampak perubahan penggunaan lahan tidak pada kawasan perkotaan saja.
----	---	--	-------------	---	---	--

3.	Jatin Anand, A.K. Gosain, R. Khosa (2018)	<i>Prediction of land use changes based on Land Change Modeler and attribution of changes in the water balance of Ganga basin to land use change using the SWAT model</i>	Kuantitatif	Penelitian ini menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap komponen hidrologi di DAS Gangga. Hasil penelitian ini menunjukkan urbanisasi telah menjadi penyumbang terbesar peningkatan limpasan permukaan. Studi ini dapat menjadi alat penting dalam mengukur perubahan komponen hidrologi sebagai respons terhadap perubahan penggunaan lahan terutama DAS yang mengalami urbanisasi dengan cepat.	Adanya analisis mengenai dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan permukaan.	<p>Penelitian referensi menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap komponen hidrologi tidak hanya limpasan permukaan melainkan juga menganalisis dampaknya terhadap evapotranspirasi.</p> <p>Sementara dalam penelitian skripsi ini, peneliti tidak menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap evapotranspirasi.</p>
----	---	---	-------------	--	---	--

4.	Antonio Jodar-Abellan, Javier Valdes-Abellan, Concepcion Pla , Francisco Gomariz-Castillo (2019)	<i>Impact of land use changes on flash flood prediction using a sub-daily SWAT model in five Mediterranean ungauged watersheds (SE Spain)</i>	Kuantitatif	Lima skenario penggunaan lahan tahun 1990, 2000, 2006 dan 2012 dievaluasi dengan menggunakan alat berbasis GIS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko banjir bandang telah meningkat di daerah tangkapan air yang mengalami perubahan penggunaan lahan menjadi kawasan perkotaan. Beberapa dari lima DAS yang diteliti sekitar 70% penggunaan lahannya berubah menjadi kawasan perkotaan dengan kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga laju aliran puncak yang lebih tinggi dan waktu konsentrasi yang lebih pendek terjadi.	Penelitian referensi menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap laju aliran puncak.	Penelitian referensi tidak menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap laju aliran puncak pada masa yang akan datang. Sedangkan penelitian skripsi ini, menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap laju aliran puncak yang akan terjadi pada masa yang akan datang.
----	--	---	-------------	--	--	---

5.	Fengping Guangxin Zhang, Hongyan Wenxi Lu	Li, Li, <i>Land Use Change Impacts on Hydrology in the Nenjiang River Basin, Northeast China</i>	Kuantitatif	<p>Penelitian ini menganalisis perubahan penggunaan lahan dan dampak yang ditimbulkan terhadap komponen hidrologisnya di Nenjiang River Basin. Model <i>Cellular Automata-Markov</i> digunakan untuk memprediksi penggunaan lahan pada tahun 2038. Aliran sungai pada setiap penggunaan lahan disimulasikan dengan model SWAT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perluasan kawasan pertanian dengan berkurangnya lahan padang rumput, lahan basah, dan hutan yang luas selama tahun 1975–2000. Setiap kelas penggunaan lahan memiliki aliran sungai yang bervariasi dalam rata-rata tahunan dan bulanan.</p>	<p>Penelitian referensi menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap komponen hidrologi.</p>	<p>Penelitian referensi menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap komponen hidrologi tidak hanya limpasan permukaan melainkan juga menganalisis dampaknya terhadap evapotranspirasi, <i>baseflow</i>, dan <i>water yield</i>.</p> <p>Sementara dalam penelitian skripsi ini, peneliti tidak menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap evapotranspirasi, <i>baseflow</i>, dan <i>water yield</i>.</p>
----	---	--	-------------	---	---	--

6.	Mulatu Liyew Berihun, Atsushi Tsunekawa, Nigussie Haregeweynd, Yihun Taddele Dile, Mitsuru Tsubo, Ayele Almaw Fenta, Derege Tsegaye Meshesha, Kindiye Ebabu, Dagnenet Sultan, Raghavan Srinivasan (2020)	<i>Evaluating runoff and sediment responses to soil and water conservation practices by employing alternative modeling approaches</i>	Kuantitatif	Hasil studi mengevaluasi dampak dari konservasi tanah dan air serta penggunaan lahan dan variabilitas iklim terhadap limpasan dan hasil sedimen, menggunakan dua pendekatan. Pada pendekatan pertama limpasan dan hasil sedimen dari DAS Kecha (terolah) dan Laguna (tak terolah) dibandingkan. Pada pendekatan kedua, membandingkan data sebelum dan sesudah penerapan praktik konservasi tanah dan air di DAS Kecha. Metode SWAT digunakan untuk mengevaluasi limpasan dan hasil sedimen. Hasil pendekatan pertama menunjukkan bahwa konservasi mengurangi limpasan permukaan di DAS Kecha sekitar 28-36% dan hasil sedimen sekitar 51-68% dibandingkan dengan di DAS Laguna. Hasil Pendekatan kedua menunjukkan, praktik konservasi di DAS Kecha mengurangi aliran permukaan dan hasil sedimen masing-masing sekitar 40% dan 43%.	Adanya analisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan.	Penelitian referensi menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan dan konservasi tanah dan air terhadap limpasan dan hasil sedimen menggunakan dua pendekatan, pertama membandingkan DAS yang terolah dan tak terolah, kedua membandingkan salah satu DAS saat sebelum dan sesudah konservasi. Sedangkan penelitian skripsi ini hanya menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan di satu sub DAS saja.
----	--	---	-------------	--	--	--

7.	Chao Xu, Mohammad Rahman, Dagmar Haase, Yiping Wu, Meirong Su, Stephan Pauleit (2020)	<i>Surface runoff in urban areas: The role of residential cover and urban growth form</i>	Kuantitatif	Studi ini menganalisis dampak tutupan lahan pada tipe pemukiman yang berbeda (yaitu, permukiman dengan kepadatan rendah dan tinggi) terhadap limpasan air permukaan di kota Munich, Jerman. Karakteristik tutupan lahan berdasarkan tipe permukiman dihitung menggunakan metode <i>i-Tree Canopy</i> berdasarkan citra udara resolusi tinggi. Limpasan permukaan disimulasikan dengan model SWAT. Hasilnya menunjukkan bahwa, dibandingkan dengan pemukiman dengan kepadatan rendah, wilayah pemukiman dengan kepadatan tinggi cenderung menghasilkan lebih banyak limpasan permukaan di karena memiliki permukaan vegetatif yang jauh lebih sedikit dan lebih banyak yang dibangun.	Penelitian referensi menganalisis dampak tutupan lahan terhadap limpasan permukaan.	Penelitian referensi menganalisis dampak tutupan lahan menghususkan pada tutupan lahan permukiman pada beberapa tipe kepadatan yakni rendah dan tinggi terhadap limpasan permukaan. Sedangkan penelitian skripsi ini, menganalisis dampak perubahan tutupan lahan terhadap limpasan tidak hanya pada kelas permukiman saja, dan tidak mendetail berdasarkan tipe kepadatan permukiman.
----	--	---	-------------	--	---	---

8.	Chunlin Li, Miao Liu, Yuanman Hu, Tuo Shi, Min Zong, M. Todd Walter (2018)	<i>Assessing the Impact of Urbanization on Direct Runoff Using Improved Composite CN Method in a Large Urban Area</i>	Kuantitatif	Studi ini menggunakan sistem informasi geografis dan teknologi penginderaan jauh dengan model SWAT untuk mengevaluasi efek perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan permukaan. Melalui analisis tren limpasan dari 1984 hingga 2015, urbanisasi dan faktor potensial lainnya memengaruhi perubahan limpasan permukaan. Total limpasan permukaan meningkat dari waktu ke waktu, dan tren bervariasi dari daerah pusat perkotaan sampai daerah pinggiran kota. Pengaruh paling signifikan pada perubahan limpasan permukaan adalah perubahan kawasan perkotaan yang disebabkan oleh urbanisasi.	Penelitian referensi menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan permukaan.	Penelitian referensi menganalisis dampak penggunaan lahan khususnya pada kawasan perkotaan (disebabkan oleh urbanisasi) terhadap aliran limpasan. Sedangkan penelitian skripsi ini, menganalisis dampak perubahan tutupan lahan terhadap limpasan tidak mengkhususkan pada kawasan perkotaan saja.
----	--	---	-------------	---	--	---

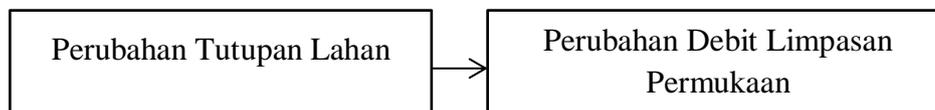
9.	Malbonis Salma Rofi (2018)	Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak Sub Das Kali Premulung Tahun 2006 Dan 2014	Kuantitatif	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap koefisien limpasan serta debit puncak atau maksimu di Sub DAS Kali Premulung pada tahun 2006 dan 2014. Hasil menunjukkan bahwa ada pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap peningkatan koefisien limpasan. Hasil perhitungan debit puncak menggunakan metode rasional pada tahun 2006 dengan intensitas curah hujan sebesar 7,08mm/jam memberikan nilai debit puncak sejumlah 64,52 m³ /detik, sementara pada tahun 2014 dengan intensitas curah hujan sebesar 5,05 mm/jam memberikan nilai debit puncak sejumlah 46,38 m³ /detik.</p>	<p>Penelitian referensi menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap koefisien limpasan dan debit puncak atau maksimum.</p>	<p>Pada penelitian referensi menggunakan dua tahun yang berbeda untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan serta pengaruhnya terhadap koefisien limpasan dan debit maksimum.</p> <p>Sedangkan penelitian skripsi ini, mengetahui perubahan penggunaan lahan serta pengaruhnya terhadap koefisien limpasan dan debit maksimum pada empat tahun yang berbeda.</p>
----	----------------------------	---	-------------	--	--	--

10.	Heldi Suherman (2017)	Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di Wilayah Hilir Aliran Kali Angke	Kuantitatif	Studi ini bertujuan untuk mengetahui besar curah hujan dan debit yang ada pada DAS hilir Kali Angke sesuai dengan periode ulang, debit maksimum existing dan perubahan tata guna lahan. Hasil menunjukkan terjadi perubahan debit maksimum pada DAS Angke dari periode 2009 sampai dengan 2015 untuk kala ulang 5 tahun adalah sebesar 42.83%, sedangkan untuk kala ulang 10 tahun perubahan debit yang ada sebesar 42.82% dan pada daerah pengamatan debit maksimum pada daerah pengamatan yang mampu ditampung adalah sebesar 122.96 m ³ /dtk.	Penelitian referensi menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap debit maksimum.	Penelitian referensi menganalisis dampak penggunaan lahan terhadap debit maksimum serta besarnya debit yang dapat ditampung pada daerah tersebut. Dalam penelitian skripsi ini, peneliti tidak menghitung besarnya debit yang dapat ditampung.
-----	-----------------------	--	-------------	---	--	---

Sumber: Peneliti, 2021

C. Kerangka Konseptual

Pertambahan jumlah penduduk dari tahun ketahun mendorong bertambahnya kebutuhan lahan untuk aktivitas permukiman, industri, dan pertanian yang menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan di Sub DAS Batanghari Hilir. Perubahan tutupan lahan khususnya perubahan tutupan lahan dari vegetasi ke jenis vegetasi lain atau vegetasi menjadi nonvegetasi menyebabkan air hujan yang jatuh tidak banyak meresap ke dalam tanah dan berubah menjadi limpasan permukaan yang kemudian mengalir menjadi debit sungai, jika peningkatan limpasan permukaan terjadi dengan cepat dan cukup besar maka mengakibatkan debit sungai dalam kondisi puncak atau maksimum yang berpotensi terjadinya banjir.



Gambar 1. Kerangka Konseptual

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Perubahan tutupan lahan yang terjadi di Sub DAS Batanghari Hilir dalam waktu 2013 – 2019, menunjukkan perkembangan yang signifikan pada tutupan lahan perkebunan yang pada tahun 2013 seluas 633. 872,46 ha menjadi 657.127,74 ha pada tahun 2019. Untuk tutupan lahan permukiman pada tahun 2013 memiliki luas 17.075,02 bertambah menjadi 17.215 ha, sedangkan untuk tutupan lahan hutan tahun 2013 memiliki luas 42.936,22 ha berkurang menjadi 32.237,56 ha pada tahun 2019.

2. Perubahan debit limpasan permukaan disebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan yang meningkatkan koefisien limpasan (C) tahun 2013 nilai koefisien (C) yaitu 0,298, untuk tahun 2016 koefisien limpasan (C) yaitu 0,301 dan untuk tahun 2019 koefisien limpasan (C) yaitu 0,306. Metode Rasional menghasilkan nilai debit limpasan permukaan pada tahun 2013 yaitu 1.568,13 m³ /dt, sedangkan pada tahun 2016 yaitu 1.073,16 m³/dt dan pada tahun 2019 yaitu 1.205,36 m³/dt. Debit limpasan permukaan hasil pengukuran yang diperoleh dari BWS Sumatera VI Provinsi Jambi pada tahun 2013 yaitu 4.133,95 m³ /dt, sedangkan pada tahun 2016 yaitu 3.959,74 m³/dt dan pada tahun 2019 yaitu 4.169,31 m³/det. Hasil analisis pengukuran data dari BWS Sumatera VI menghasilkan nilai debit limpasan permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan metode

rasional, namun kedua hasil debit tersebut memiliki pola yang sama yakni dari tahun 2013 ke tahun 2016 menurun dan kembali naik pada tahun 2019, hal tersebut disebabkan oleh perubahan intensitas curah hujan yang mana yang mana dari tahun 2013 sebesar 1,87 mm/jam menurun menjadi 1,24 mm/jam pada tahun 2016 dan kembali naik pada tahun 2019 menjadi 1,37 mm/jam.

3. Hasil klasifikasi tutupan lahan prediksi tutupan lahan tahun 2030 menunjukkan bahwa pada tahun 2030 kelas tutupan lahan perkebunan merupakan kelas tutupan lahan dengan luasan terbesar yaitu 715.661,35 ha yang mana pada tahun 2019 tutupan lahan perkebunan hanya memiliki luas 657.127,74 ha. Pada tahun 2030 debit limpasan permukaan mengalami peningkatan jika dibandingkan dari tahun 2019 baik debit limpasan permukaan hasil periode ulang maupun hasil analisis metode rasional. Pada tahun 2030 debit limpasan permukaan hasil periode ulang yakni 4.369,10 m³/dt dan debit limpasan permukaan hasil analisis metode rasional yakni 2.301,121 m³/dt. Peningkatan koefisien limpasan (C) akibat perubahan tutupan lahan dan peningkatan intensitas curah hujan dapat menyebabkan debit limpasan permukaan meningkat secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa tutupan lahan dan intensitas curah hujan memiliki dampak terhadap debit limpasan permukaan yang terjadi di Sub DAS Batanghari Hilir.

B. Saran

1. Perubahan tutupan lahan permukiman dan perkebunan mengalami penambahan yang pesat yang menyebabkan peningkatan koefisien limpasan (C). Nilai koefisien limpasan (C) yang tinggi menunjukkan bahwa semakin banyak air hujan yang berubah menjadi limpasan permukaan. Sehingga perlu adanya pengelolaan pengembangan tutupan lahan yang sesuai agar jenis tutupan lahan yang banyak merubah air hujan menjadi limpasan permukaan atau tutupan lahan yang memiliki koefisien limpasan (C) besar tidak terus bertambah. Serta untuk jenis tutupan lahan seperti permukiman yang tidak memungkinkan untuk diubah untuk mengurangi limpasan permukaan dapat dilakukan dengan menyediakan sumur resapan air hujan yang dapat mengacu pada SNI 03-2453-2002 sehingga limpasan permukaan pada kawasan permukiman dapat dikendalikan.
2. Untuk peneliti selanjutnya untuk mengetahui debit limpasan permukaan dapat menggunakan metode lain untuk melihat perbandingan debit limpasan permukaan yang dihasilkan.
3. Prediksi tutupan lahan dan debit limpasan permukaan tahun 2030 dapat menjadi arahan baik pemerintah atau masyarakat untuk mengelola pengembangan tutupan lahan yang sesuai agar debit limpasan permukaan yang terjadi pada tahun 2030 dapat diberkurang nilainya dengan debit limpasan permukaan hasil prediksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoko, B. S., & Sukmana, A. (2007). Karakteristik fisik sub daerah aliran sungai batang gadis, mandailing natal, sumatera utara. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 4(5), 485–497.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- BWS Sumatera VI. (2021). Penanganan Banjir Kota Jambi oleh Jaringan BWS Sumatera VI. Retrieved from Kementrian PUPR Direktorat Sumber Daya Air BWS Sumatera VI website:
<http://sda.pu.go.id/balai/bwssumatera6/penanganan-banjir-kota-jambi/>
- Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. (2015). *Panduan Pengelolaan DAS Mikro Berbasis Masyarakat*. Jakarta: Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengelolaan DAS Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial Kementerian Kehutanan.
- Hardati, P. (2016). Hierarki Pusat Pelayanan Di Kecamatan Ungaran Barat dan Ungaran Timur Kabupaten Semarang. *Jurnal Geografi*, 13(2), 205–224.
- J, M., S, W., B, G., & KKG, C. (2020). Assessment of Land Use and Land Cover Change Using GIS and Remote Sensing: A Case Study of Kieni, Central Kenya. *Journal of Remote Sensing & GIS*, 09(01), 1–5.
- Jayadi, I. M. Y., Christiawan, P. I., & Sarmita, I. M. (2017). Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Daya Dukung Lahan Pertanian Di Desa Sambangan. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 5(2).
- Lestari, D. A., & Salim, H. (2020). Efektivitas Pemodelan Automata Seluler Untuk Prediksi Area Yang Dibangun Di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 1(1), 15–24.
- Lew, A. A., Hall, C. M., & Timothy, D. J. (2008). *World Geography of Travel and Tourism A Regional Approach*. Burlington: Elsevier Inc.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1979). *Remote Sensing And Image Interpretation*. New York: John Wiley & Sons. Inc.
- Mustikasari, R. (2013). *Kelembagaan Air di Indonesia Sebuah Panduan untuk Para Penggiat Air* (S. Soedomo & Y. Magiantara, Eds.). Telapak.
- Paimin, Pramono, I. B., Purwanto, & Indrawati, D. R. (2012). *Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* (Vol. 53; H. Santoso & Pratiwi, Eds.). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi (P3KR).
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P. 32/MENHUT-II/2009.*

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012.

Ramadhan, S. (2016). Kajian pengaruh perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Batanghari Hilir (DAS Batanghari). *Seminar Nasional FKPTPI Universitas Gadjah Mada.*

Rofi, M. S. (2018). *Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak Sub Das Kali Premulung Tahun 2006 dan 2014.* Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Rusli, S. R., Hidayah, A., & Doddi Yudianto. (2016). Efektivitas Alternatif Pengendalian Banjir Secara Struktural Di Sungai Tembuku, Kota Jambi. In S. R. Rusli & O. Triputera (Eds.), *Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air* (pp. 317–327). Cimahi: Universitas Jenderal Achmad Yani: Jurusan Teknik Sipil.

Salihin, L. O. M. I., Saleh, F., Fitriani, Hidayat, A., Sastrawati, Y., & El-Mi'Raj, A. M. (2019). Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Kota Baubau Menggunakan Citra Resolusi Menengah. *Seminar Nasional Teknologi Terapan Inovasi Dan Rekayasa (SNT2IR)*, 126–134.

Saputri, D. A., Ridwan, R., Amin, M., & Asmara, S. (2018). Analisis Koefisien Aliran Permukaan Pada Berbagai Bentuk Penggunaan Lahan Dengan Swat. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 7(1), 1–8.

Sen, Z. (2018). *Flood modeling, prediction and mitigation.* Istanbul: Springer.

Sofan, P., Febrianti, N., & Prasasti, I. (2014). Estimasi Limpasan Permukaan Dari Data Satelit Untuk Di Wilayah Jabodetabek (Satellite Based Surface Runoff Estimation for Supporting the Flood Early Warning System in Jabodetabek). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 11(1), 43–62.

Stefano, A. (2017). Perencanaan Pengembangan Kawasan Pesisir (Planning The Development Of Coastal Areas). *Buletin Loupe*, 13(1), 68–77.

Suherman, H., & Firmansyah, A. (2017). Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di Wilayah Hilir Aliran Kali Angke. *Jurnal Konstruksia*, 8(2), 79–95.

Susanti, Y., Syarifudin, & Helmi, M. (2020). Analisa Perubahan Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Serayu Hulu Dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 23–30.

Tikno, S. (2000). Analisis Debit Di Daerah Aliran Sungai Batanghari. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 1(1), 101–108.

Utami, N., Sapei, A., & Apip. (2017). Land Use Change Assessment and Its

Demand Projection In Batanghari River Basin, Sumatera, Indonesia.
LIMNOTEK Perairan Darat Tropis Di Indonesia, 24(2), 52–60.

Wicaksono, D. S., & Pratomoatmojo, N. A. (2019). Prediksi Perkembangan Permukiman Berbasis Cellular Automata dengan Batasan Kawasan Rawan Banjir di Perkotaan Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 131–137.

Yang, J., Chen, F., Xi, J., Xie, P., & Li, C. (2014). A multitarget land use change simulation model based on cellular automata and its application. *Hindawi Publishing Corporation*, 1–11.