

Pemodelan debit banjir sehubungan dengan prediksi perubahan tutupan lahan di daerah aliran Ci Leungsi Hulu menggunakan HEC-HMS

Kuswantoro Marko & Faris Zulkarnain

Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

Email: kuswantoro@sci.ui.ac.id

Abstrak. DAS Cileungsi Hulu adalah salah satu DAS yang memiliki peran penting dalam menyumbang limpasan air ke daerah hilir, yakni Kota Bekasi. Pertumbuhan penduduk yang tergolong tinggi telah mendorong perubahan pemanfaatan lahan secara signifikan. Salah satu penyebab banjir yang terjadi di Kota Bekasi adalah karena meningkatnya debit sungai di hulu Kali Bekasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi debit banjir yang akan terjadi sehubungan dengan prediksi perubahan tutupan lahan pada tahun 2020, 2025, dan 2030. Metode SCS CN digunakan untuk perhitungan volume limpasan dan hidrograf satuan sintesis dengan menggunakan HEC-HMS. Nilai CN yang diperoleh pada data eksisting yakni 72,5; 74,4; dan 75,4 pada tahun 2005, 2010, dan 2014 secara berurutan, sedangkan hasil prediksi nilai CN pada tahun 2020, 2025, dan 2030 mengalami peningkatan yakni 77,2; 78,4; dan 79,4 secara berurutan. Penelitian ini menyimpulkan prediksi debit banjir pada tahun 2020, 2025, dan 2030 mengalami peningkatan, yakni dari 2020 ke 2025 sebesar 28,4%, dan dari 2025 ke 2030 sebesar 26,8%. Untuk periode ulang 25 tahun dengan curah hujan rancangan sebesar 197mm menghasilkan debit banjir sebesar 624,6; 653,0; dan 679,8 m³/dt pada tahun 2020, 2025, dan 2030 secara berturut-turut. Penelitian ini dapat bermanfaat bagi perencanaan pembangunan wilayah perkotaan, khususnya dalam mengantisipasi kerugian akibat adanya banjir di masa mendatang.

Kata kunci: Pemodelan banjir, perubahan tutupan lahan, SCS-CN, HEC-HMS

Abstract. Upper Ci Leungsi catchment area is one of the catchments that has an important role in contributing water runoff to downstream areas i.e. Bekasi City. High population growth has led to significant changes in land use that impact in potentially increased surface runoff causing flooding. This study aims to estimate the flood discharge that will occur in relation to land cover change prediction in 2020, 2025, and 2030. The SCS-CN method is used for calculation of runoff volume and synthetic unit hydrograph using HEC-HMS. The CN value obtained on the existing data i.e. 72.5; 74.4; and 75.4 in 2005, 2010, and 2014 respectively, whereas the predicted CN values in 2020, 2025 and 2030 increased by 77.2; 78.4; and 79.4 respectively. This study concludes that the prediction of flood discharge in 2020, 2025, and 2030 has increased, from 2020 to 2025 by 28.4%, and from 2025 to 2030 by 26.8%. For a 25-year re-period with 197mm design rainfall resulted in flood discharge of 624.6, 653.0, and 679.8 m³ / dt in 2020, 2025, and 2030 respectively. This study is highly useful for urban development planning, particularly in anticipating the damages due to floods in future.

Keywords: Flood modelling, landcover changes, SCS-CN, HEC-HMS

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk suatu daerah akan meningkatkan aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Hal ini ditunjukkan oleh semakin meningkatnya lahan terbangun yang merupakan jenis tutupan lahan paling penting pada sebuah daerah aliran sungai (DAS). Lahan terbangun ini akan menyebabkan menurunnya kemampuan sebuah DAS dalam menyerap dan menampung air hujan. Dengan demikian, peningkatan lahan terbangun ini akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan debit sungai (Konrad, 2003).

DAS Cileungsi Hulu adalah salah satu DAS yang memiliki peran penting dalam menyumbang limpasan air ke daerah hilir, yakni Kota Bekasi. Pertumbuhan penduduk tergolong tinggi telah mendorong perubahan pemanfaatan lahan secara signifikan. Kadri *et al.* (2008) menyatakan bahwa bagian hulu dari DAS Bekasi mengalami perubahan yang cepat sampai dengan tahun 2008 dengan peningkatan luasan permukiman (lahan terbangun) dari semula sebesar 4,39% menjadi 23,6% dari luas DAS. Penelitian sebelumnya oleh Marko *et al.* (2016) yang memprediksi perubahan tutupan lahan di Daerah Aliran Ci Leungsi Hulu. Hasilnya, pada tahun 2030 diperkirakan terjadi peningkatan lahan terbangun sebesar hampir 100%.

Debit sungai di atas normal seringkali mengakibatkan terjadinya luapan air sungai sebagaimana yang dikenal dengan istilah banjir. Salah satu penyebab banjir yang terjadi di Kota Bekasi adalah karena meningkatnya debit sungai di hulu Kali Bekasi. Tercatat bahwa banjir terakhir yang terjadi pada 21 Februari 2017 telah menyebabkan korban jiwa dan ratusan penduduk diungsikan (Pratama, 2017). Untuk itu dalam rangka upaya mengurangi dampak atau kerugian akibat banjir tersebut perlu dilakukan upaya kajian hubungan peningkatan luasan lahan terbangun terhadap debit sungai di DAS Cileungsi Hulu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi debit banjir yang akan terjadi sehubungan dengan prediksi perubahan tutupan lahan pada tahun 2020, 2025, dan 2030. Penggunaan Hidrologic Modelling System (HEC-HMS) dalam mengestimasi debit banjir telah dilakukan oleh Oleyblo (2010) dan Zope *et al.* (2016). Dalam penelitian ini, pemanfaatan HEC-HMS yang diintegrasikan dengan Watershed Modelling System (WMS) menjadi sebuah pendekatan yang lebih praktis.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Data

Jenis Data	Data yang Digunakan	Sumber Data
Primer	Debit aliran dasar Ci Leungsi Hulu	Pengukuran langsung (survey)
Sekunder	Jaringan sungai, batas DAS	SRTM 90m, GDEM 30 meter, Peta Rupabumi skala 1:25.000
	Jaringan jalan, batas administrasi	Peta Rupabumi skala 1:25.000
	Curah hujan harian maksimum tahun 2005, 2010, dan 2015	BMKG Pos Curah Hujan Citeureup dan Klapanunggal Dirjen SDA, Kementerian Pekerjaan Umum
	Tutupan lahan	Hasil pemodelan tutupan lahan pada tahun 2020, 2025, dan 2030 oleh Marko <i>et al.</i> (2016)
	Kelompok hidrologi tanah (HSG)	Peta Jenis Tanah Puslitbang Dinas Pertanian

2.3. Metode

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak HEC-HMS yang terintegrasi dengan WMS untuk menghasilkan besaran estimasi debit banjir dengan satuan m³ per detik. Variabel yang digunakan yakni (i) karakteristik daerah aliran sungai (DAS) yang terdiri atas jaringan sungai dan batas DAS, tutupan lahan, dan jenis tanah; dan (ii) Curah hujan rencana. Gambar 1 menunjukkan metodologi penelitian ini dengan menggunakan WMS dan HEC-HMS.

Adapun tahapan-tahapan metode pengolahan data dijabarkan sebagai berikut:

- 1) **Penentuan batas daerah penelitian.** Geomer ini didasarkan pada batas DAS dan jaringan sungai. Kedua data ini diperoleh dari data *digital elevation model* (DEM) yang diolah menggunakan WMS.
- 2) **Penentuan nilai karakteristik permukaan DAS.** Data tutupan lahan ditampilkan dengan jenis tanah untuk mengetahui nilai *Curve Number* (CN), dimana jenis tanah dijadikan dasar penentuan kelompok hidrologi tanah (*Hydrologic Soil Group*, HSG). Nilai ini menunjukkan respon limpasan terhadap kondisi permukaan dalam sebuah (McCuen, 1998). Tabel 2 menunjukkan nilai CN pada tiap tutupan lahan dan HSG pada kondisi kelembaban tanah normal.

Tabel 2. Nilai CN berdasarkan tutupan lahan dan HSG (kondisi normal dan I_a=0.2 S)

Tutupan lahan	HSG			
	A	B	C	D
Hutan	25	55	70	77
Semak belukar, rumput	36	60	73	79
Tanah kosong	39	61	74	80
Kebun/Perkebunan	45	66	77	83
Permukiman	74	83	89	91
Sawah/Persawahan	61	73	81	84
Badan Air	100	100	100	100

Keterangan HSG:

- Grup A : potensi *run-off* rendah, tanah mempunyai laju transmisi air tinggi (laju infiltrasi akhir lebih besar 0,72 cm/jam), tekstur berpasir
- Grup B : tanah mempunyai laju transmisi air tergolong sedang (laju infiltrasi akhir antara 0,72 – 0.36 cm/jam), tekstur lempung berpasir
- Grup C : tanah mempunyai laju transmisi air tergolong lambat (laju infiltrasi akhir antara 0,36-0,12 cm/jam), lempung berliat, lempung berpasir dangkal, tanah berkadar bahan organik rendah, dan tanah-tanah berkadar liat tinggi
- Grup D : potensi *run-off* tinggi, tanah mempunyai laju transmisi air tergolong sangat rendah (laju infiltrasi final lebih kecil 0,12 cm/jam), tanah-tanah yang mengembang secara nyata jika basah, liat berat, dan plastis.

Nilai CN yang dihitung pada pemodelan debit banjir ini adalah CN rata-rata keseluruhan DAS. Pendekatan yang diterapkan adalah *lumped model* (Carpenter, 2006) yang mendeskripsikan DAS sebagai entitas tunggal. Adapun perhitungan CN rata-rata menggunakan rumus berikut:

$$CN_{composite} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- CN_{composite} : CN keseluruhan DAS
- A_i : luas wilayah setiap sub divisi DAS
- CN_i : nilai CN setiap sub divisi DAS

3) Analisis hidrograf banjir dengan HEC-HMS

Komponen analisis hidrograf banjir terdiri atas:

a. Volume limpasan (*runoff volume*)

Metode perhitungan volume limpasan dengan menggunakan berdasarkan metode *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS CN). Metode ini beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, penggunaan lahan, jenis tanah, serta kelembaban yang besarnya ditentukan pada tiap poligon yang mengacu pada *United States Department of Agriculture* (USDA-SCS, 1986). Perhitungan volume limpasan dengan menggunakan persamaan berikut ini (USACE-HEC, 2000):

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S_{max}} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- P_e = Hujan efektif kumulatif pada waktu t
- P = Kedalaman hujan kumulatif pada waktu t
- I_a = Kehilangan awal (*initial loss*)
- S_{max} = Potensi penyimpanan maksimum (*potential maximum retention*)

Besarnya kehilangan awal (I_a) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$I_a = 0.2S_{max} \dots\dots\dots(3)$$

Hubungan antara nilai potensi penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwakili oleh nilai CN adalah sebagai berikut :

$$S_{max} = \frac{25400 - 254CN}{CN} \dots\dots\dots(4)$$

Nilai dari CN bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi). Volume limpasan dipengaruhi pula oleh luas daerah kedap air (*impervious*) yang diperoleh dari luas lahan terbangun di daerah penelitian.

b. Limpasan langsung (*direct runoff*)

Metode SCS Unit Hidrograf (SCS UH) digunakan dalam perhitungan limpasan langsung. SCS UH adalah suatu unit hidrograf yang berdimensi, yang dicapai puncak tunggal Unit Hidrograf. Besarnya limpasan langsung tersebut dipengaruhi oleh waktu puncak (t_p) yakni waktu yang diperlukan oleh aliran untuk mencapai debit maksimum (Q_p). Persamaannya sebagai berikut:

$$Q_p = C \left(\frac{A}{t_p} \right) \dots\dots\dots(5)$$

di mana,

- A = luas DAS
- C = konversi tetap (208 di SI).

Waktu puncak (juga yang dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait kepada jangka waktu unit dari kelebihan hujan, seperti :

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

- Δt = jangka waktu kelebihan hujan

t_{lag} = perbedaan waktu antara pusat massa dari rejim curah hujan dan puncak dari unit hidrograf. Perlu dicatat bahwa untuk Δt yang kurang dari 29% dari t_{lag} harus digunakan (USACE-HEC, 2000).

Nilai t_{lag} dipengaruhi oleh karakteristik topografi berupa panjang sungai utama, kemiringan rata-rata DAS, dan karakteristik permukaan DAS (CN). Persamaannya sebagai berikut.

$$t_{lag} = L^{0.8} \frac{(2540 - 22.68CN)^{0.7}}{14104CN^{0.7}S^{0.5}} \dots\dots\dots (7)$$

dimana:

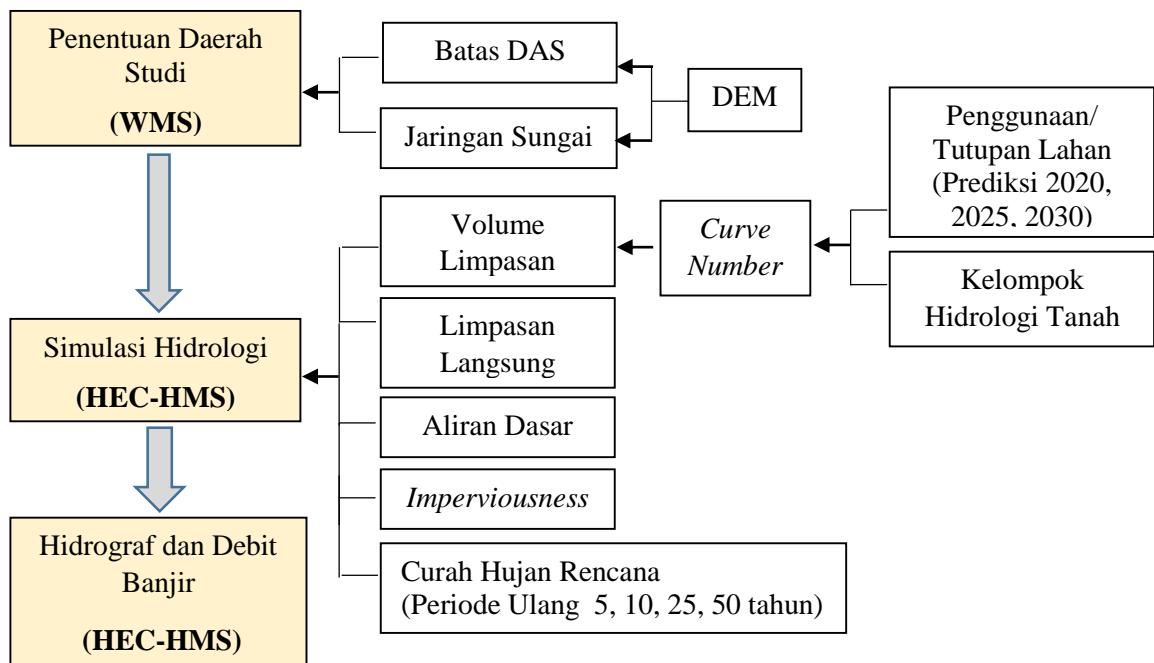
- t_{lag} : jeda waktu (jam atau menit)
- L : panjang sungai utama (meter)
- CN : nilai CN
- S : kemiringan rata-rata DAS (m/m)

c. Aliran dasar (baseflow)

Metode konstan bulanan (*monthly constant*) digunakan untuk perhitungan aliran dasar. Besarnya debit aliran dasar (Q_b) diperoleh dengan melakukan pengukuran di lapang pada kondisi musim kemarau.

d. Model curah hujan (*precipitation model*)

Model *SCS Storm* digunakan sebagai masukan hujan dalam pemodelan dengan menghitung curah hujan rencana pada periode ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun. Curah hujan rencana tersebut dihitung dengan model Gumbel yang didasarkan dari curah hujan harian maksimum dari 4 (empat) stasiun hujan yakni Cibinong (1983-2013), stasiun Bogor (1983-2013), stasiun Gadog (1995-2010), dan stasiun Katulampa (1986-2011). Curah hujan yang dimasukkan dalam pemodelan berupa curah hujan wilayah pada satu DAS Ci Leungsi Hulu dengan metode poligon Thiessen.



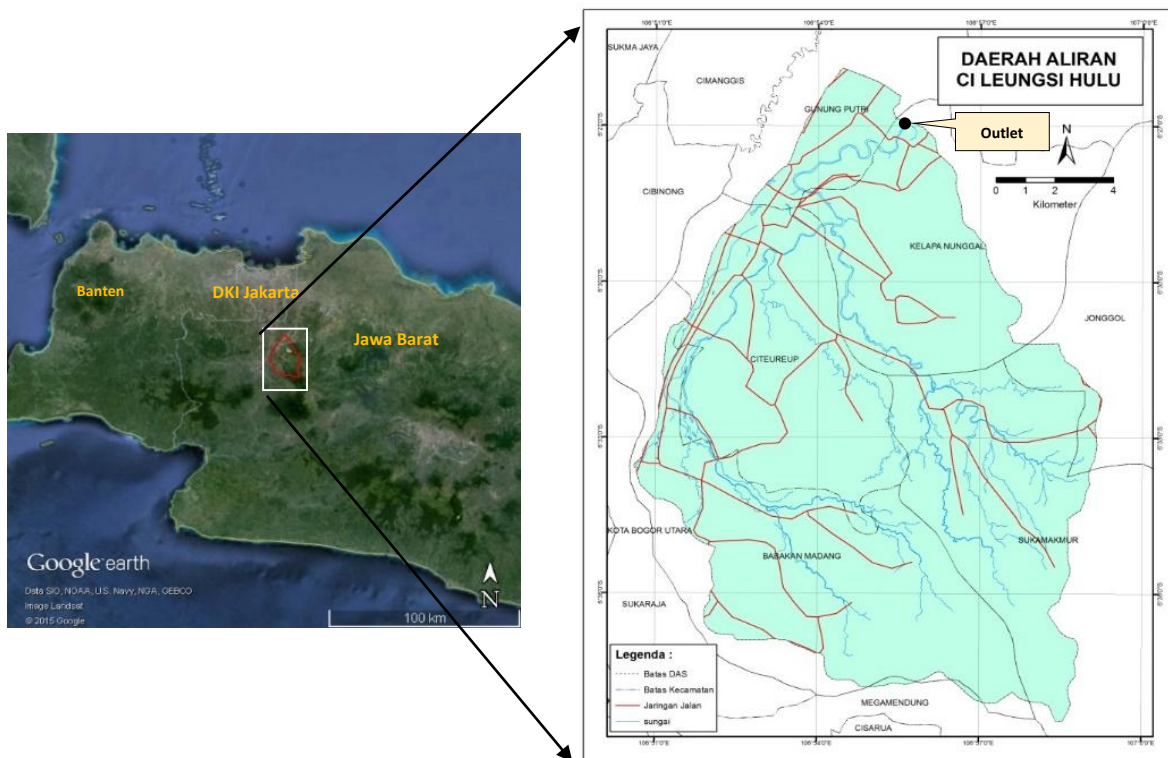
Gambar 1. Metodologi prediksi debit banjir menggunakan WMS dan HEC-HMS

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian ini terdapat di DA Ci Leungsi Hulu yang terletak pada $6^{\circ}25'53,49''$ - $6^{\circ}38'27,38''$ lintang selatan dan $106^{\circ}50'36,14''$ - $106^{\circ}59'15,63''$ bujur timur. Wilayahnya memiliki luas 206 km² yang meliputi 5 kecamatan yakni Gunung Putri, Citeureup, Klapanunggal, Babakan Madang, dan Sukamakmur (Gambar 2). DA Ci Leungsi Hulu berada pada ketinggian 72 mdpl hingga 1.617 mdpl. Bentuk medannya mulai dari landai yang berada di bagian utara, bergelombang di bagian tengah, dan bagian berbukit-bukit dengan lereng di atas 25-40% seperti yang terlihat di bagian selatan daerah penelitian.

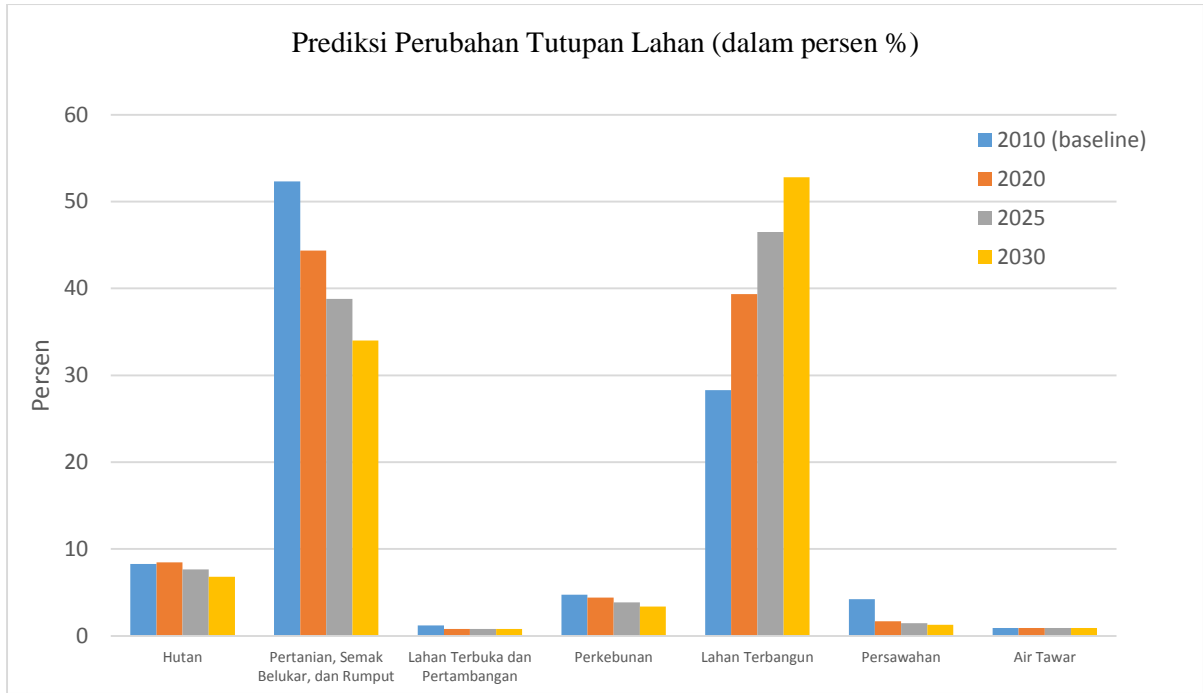
Aliran sungainya berhulu di wilayah tenggara, tepatnya di sekitar Desa Karang Tengah, Kecamatan Babakan Madang. Pada penelitian ini, aliran sungainya berakhir di bagian utara tepatnya di sekitar Desa Tlanjung Udik Kecamatan Gunung Putri, dan Desa Kembang Kuning Kecamatan Klapanunggal.



Gambar 2. Daerah Aliran Ci Leungsi Hulu

3.2. Penentuan Nilai *Curve Number*

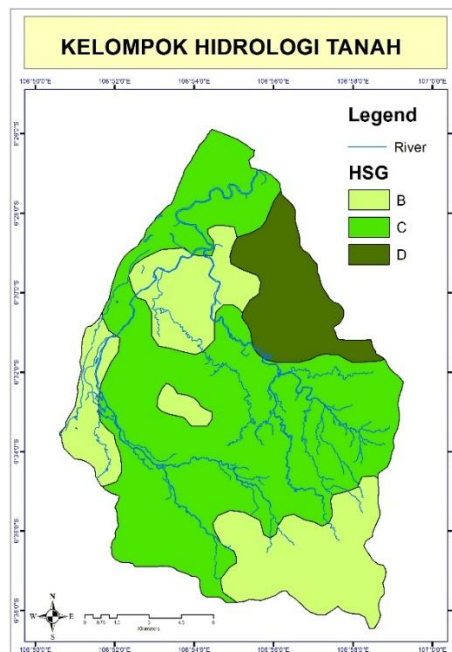
Nilai CN ditentukan dari hasil pertampalan kelompok tanah hidrologis atau *hydrologic soil group* (HSG) dan tutupan lahan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh USDA (1986). Dalam penelitian Marko *et al.* (2016) dihasilkan tutupan lahan tahun 2005, 2010, dan 2014 dan hasil prediksinya pada tahun 20120, 2025, dan 2030. Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa lahan terbangun meningkat cukup signifikan. Pada tahun 2014, lahan terbangun memiliki persentase 28%, kemudian pada tahun 2020 meningkat menjadi 39%, pada tahun tahun 2025 menjadi 46%, dan pada tahun 2030 menjadi lebih dari setengah total wilayah DA Ci Leungsi Hulu yaitu 53%. Selain lahan terbangun tidak terjadi kenaikan persentase dari kelas/objek tutupan lahan lainnya. Kelas hutan, pertanian, lahan terbuka, perkebunan, dan persawahan mengalami penurunan persentase tutupan. Namun dari keempat kelas/objek tutupan lahan tersebut pertanian memiliki penurunan persentase yang sangat besar yaitu sekitar 24% dari *baseline* (tahun 2014) menuju 2030.



Gambar 3. Grafik prediksi perubahan tutupan lahan DA Ci Leungsi Hulu

(Sumber: Marko *et al.*, 2016)

Adapun kelompok hidrologi tanah (HSG) ditunjukkan pada Gambar 4. Wilayah kelompok B memiliki tingkat infiltrasi yang sedang (*moderate*). Wilayah ini (28.8% dari luas total wilayah penelitian) terdapat di bagian utara yang merupakan daerah hulu DA Ci Leungsi Hulu yakni di sekitar Desa Sukamakmur dan sekitarnya. Selain itu juga terdapat di bagian tengah dan timur yakni di Desa Hambalang, Gunung Sari dan sekitarnya, dan Desa Kadungmangu dan sekitarnya. Wilayah kelompok C menunjukkan tingkat infiltrasinya lambat (*slow*), luas wilayahnya lebih dari 60% dari luas total daerah penelitian. Wilayahnya tersebar merata di wilayah penelitian. Terakhir adalah wilayah kelompok D sekitar 11 % dari luas total daerah penelitian yang menunjukkan tingkat infiltrasinya sangat lambat atau potensi limpasan airnya sangat tinggi. Wilayahnya mengelompok di bagian timur wilayah penelitian di sekitar Klapanunggal atau bagian barat hingga ke utara wilayah penelitian.

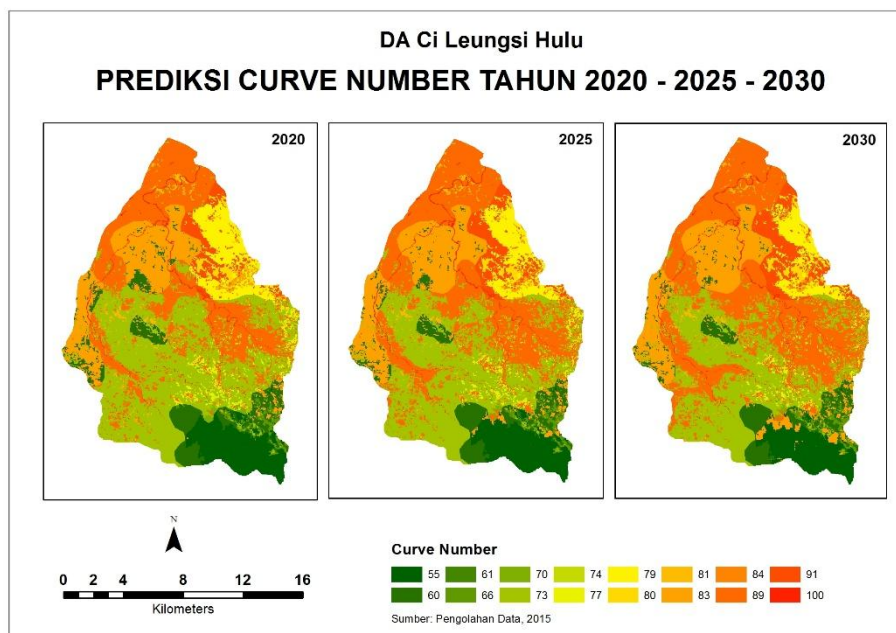
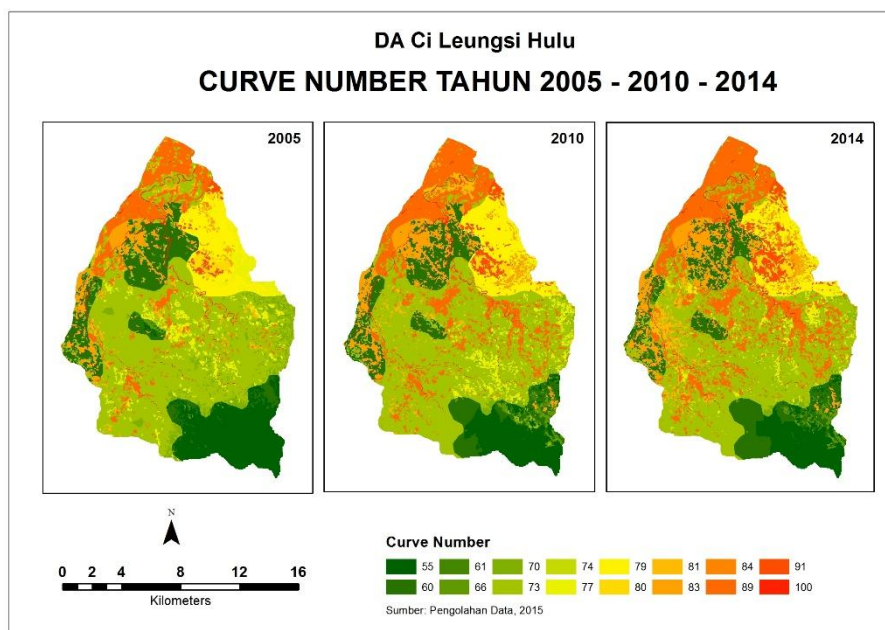


Gambar 4. Kelompok hidrologi tanah DA Ci Leungsi Hulu

Berdasarkan hasil pertampalan antara peta tutupan lahan dengan kelompok hidrologi tanah, maka diperoleh nilai CN pada tiap poligon. Dalam penelitian ini, nilai CN yang dihitung untuk pemodelan debit banjir adalah nilai CN rata-rata keseluruhan DA Ci Leungsi Hulu ($CN_{\text{composite}}$). Adapun besarnya CN DA Ci Leungsi Hulu yang telah diperoleh sebagaimana terlihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Nilai CN pada tahun yang berbeda

Tahun	2005	2010	2014	2020	2025	2030
CN	72,5	74,4	75,4	77,2	78,4	79,4



Gambar 5. Sebaran nilai: (a) CN aktual, (b) CN prediksi

Pada Tabel 3 terlihat bahwa nilai CN rata-rata yang aktual (2005 – 2010) mengalami peningkatan dari 72,5 hingga 75,4. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan luasan daerah terbangun seperti

permukiman dan gedung-gedung dari tiap periodenya (Marko *et al.*, 2016). Secara spasial nilai CN yang ada di dalam DA Ci Leungsi Hulu dapat ditampilkan pada Gambar 5-a untuk kondisi yang aktual yakni pada tahun 2005, 2010, dan 2014, sedangkan untuk kondisi yang diprediksi yakni tahun 2020, 2025, dan 2030 dapat terlihat pada Gambar 5-b.

Nilai CN yang rendah ditunjukkan oleh warna yang semakin hijau. Rendahnya nilai CN pada daerah tersebut mengindikasikan semakin tingginya proses infiltrasi yang berlangsung di wilayah tersebut. Sebaliknya, tingginya nilai CN yang ditunjukkan dengan warna yang semakin merah mengindikasikan semakin tingginya air limpasan dan semakin rendahnya air yang terserap oleh tanah. Dengan kata lain, nilai CN dapat diartikan sebagai potensi limpasan (*runoff*) di suatu wilayah.

Bila ditinjau secara temporal, pada tahun 2005 wilayah di sekitar Perumahan Gunung Sari *Indogreen* yang terletak di bagian tengah-utara daerah penelitian memiliki potensi limpasan rendah yang ditandai oleh warna hijau. Kemudian pada tahun 2010, luasan wilayahnya dengan potensi limpasan rendah berkurang, dan hingga pada tahun 2014 luasan wilayahnya semakin berkurang lagi dan luasan wilayah CN yang lebih tinggi semakin bertambah, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6, sebaran nilai CN (potensi limpasan) prediksi pada tahun 2020, 2025, dan 2030 secara berurutan. Sebagaimana yang telah diulas pada bagian terdahulu bahwa meningkatkan nilai CN tersebut dikarenakan meningkatkan luasan daerah terbangun seperti yang terlihat pada bagian tengah daerah penelitian yakni di sepanjang Jalan Tajur maupun Jalan Siliwangi pada barat laut. Meningkatnya daerah potensi limpasan pun terjadi hingga di bagian hulu yakni di sekitar Desa Karang Tengah.

3.3. Analisis Debit Banjir dengan HEC-HMS

Besarnya debit banjir sangat dipengaruhi oleh kondisi karakteristik fisik DAS yakni tutupan lahan, kelompok hidrologi tanah, panjang sungai utama, kemiringan DAS, juga curah hujan yang terjadi. Berdasarkan perhitungan nilai CN pada tahun eksisting dan prediksinya dijabarkan bahwa nilai CN yang diperoleh pada data eksisting yakni 72,5; 74,4; dan 75,4 pada tahun 2005, 2010, dan 2014 secara berurutan, sedangkan hasil prediksi nilai CN pada tahun 2020, 2025, dan 2030 yakni 77,2; 78,4; dan 79,4 secara berurutan. Nilai CN tersebut tiap tahunnya meningkat seiring dengan meningkatnya luasan lahan terbangun seperti permukiman.

Nilai CN akan mempengaruhi besarnya volume air hujan yang hilang di awal kejadian hujan (I_a) sehingga semakin besar nilai CN, maka besarnya I_a semakin kecil. Namun meningkatnya nilai CN tersebut mengakibatkan meningkatnya pula persentase kemampuan lahan dalam menahan meresapnya air hujan di permukaan tanah (*impervious*) yakni dari 15% (tahun 2005) hingga mencapai 54% (tahun 2030). Adapun untuk parameter Lag digunakan angka 276.6 menit atau 4.61 jam yang merupakan hasil perhitungan dari rumus t_{lag} dengan menggunakan perangkat lunak WMS. Parameter terakhir adalah Konstan bulanan (*monthly constant*) untuk menentukan besarnya aliran dasar (*base flow*) DA Ci Leungsi Hulu yang diperoleh dari pengukuran di lapang pada saat musim kemarau yakni sebesar 4 m³/dt, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 6.



Gambar 6. Kegiatan observasi aliran Ci Leungsi

Tabel 4. Parameter hidrologi DA Ci Leungsi Hulu

Model	Parameter	2005	2010	2014	2020	2025	2030
Volume Limpasan (SCS Loss)	CN	72,5	74,4	75,4	77,2	78,4	79,4
	S _{max} (mm)	96,3	87,4	82,9	75,0	70,0	65,9
	I _a (mm)	19,3	17,5	16,6	15,0	14,0	13,2
	Impervious (%)	15	24	29,4	40,5	47,7	54
Limpasan Langsung (SCS UH)	Lag (menit)	276,6	276,6	276,6	276,6	276,6	276,6
Aliran Dasar (Baseflow)	Konstan bulanan (m ³ /dt)	4	4	4	4	4	4

Karakteristik curah hujan berdasarkan 4 stasiun hujan selama 30 tahunan (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika tahun 2014) di DA Ci Leungsi Hulu ditandai dengan curah hujan harian maksimum terbesar 229 mm pada stasiun Gadog (Tabel 5). Keempat stasiun hujan tersebut tersebar di luar DA Ci Leungsi Hulu, tepatnya di bagian barat atau di sekitar perbatasan dengan DA Ci Liwung. Hal ini dikarenakan kurang lengkapnya data hujan yang tersedia pada stasiun hujan yang berada di dalam DA Ci Leungsi Hulu.

Tabel 5. Curah hujan maksimum harian dan rata-rata DA Ci Leungsi Hulu

Stasiun	Tahun data	Harian maks (mm)	Rata-rata harian maks (mm)
Bogor	1983-2013	155,5	113,4
Cibinong	1983-2013	220	105,8
Gadog	1995-2010	229	118,4
Katulampa	1986-2011	155	113,3

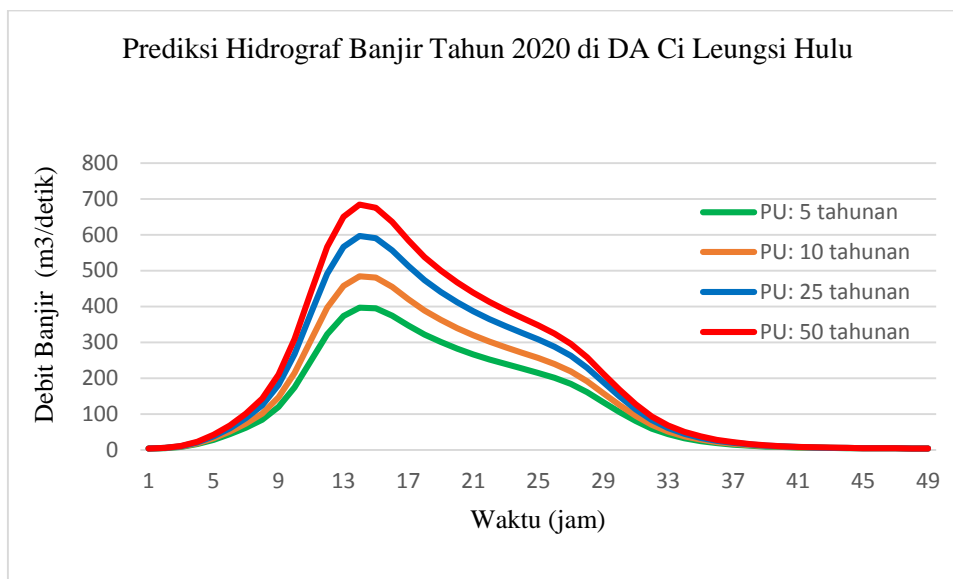
Curah hujan wilayah rata-rata di daerah penelitian dihitung dengan menggunakan metode poligon thiessen, di mana pada tiap-tiap stasiun hujan memiliki daerah pengaruh hujan dengan luasan yang berbeda sehingga tiap-tiap stasiun memiliki bobot pengali 0.53, 0.04, 0.10, dan 0.33 pada stasiun Cibinong, Bogor, Katulampa, dan Gadog secara berurutan. Dua kejadian hujan yakni pada 20 Februari 2005 dan 3 Februari 2009 dijadikan sampel perhitungan debit yang didasarkan dari curah hujan wilayah yang dihitung berdasarkan poligon thiessen tersebut.

Analisis frekuensi dilakukan untuk menghitung curah hujan rancangan periode ulang 5, 10, 25 dan 50 tahunan. Penghitungan curah hujan wilayah rata-rata pun dilakukan sehingga didapat sebesar 143 mm, 167mm, 197mm, dan 220mm pada periode ulang 5, 10, 25, dan 50 tahunan secara berurutan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Curah hujan wilayah rancangan tiap periode ulang

Stasiun	Bobot (dalam persen)	Periode Ulang			
		5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun
Katulampa	10	135	151	172	188
Gadog	33	157	186	222	249
Cibinong	53	134	157	185	206
Bogor	4	135	151	172	187
Curah Hujan Wilayah Rancangan DA Ci Leungsi Hulu		143	167	197	220

Dengan menggunakan permodelan HEC-HMS debit banjir untuk tahun 2020, 2025, dan 2030 dapat diprediksi dengan menggunakan model meteorologis *SCS Storm* tipe 1A dengan durasi tiap 1 (satu) jam, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Pola hidrograf yang terbentuk pada tahun-tahun prediksi tersebut memiliki pola yang sama, hanya saja besar debit banjirnya berbeda. Secara rinci besarnya debit banjir pada tahun-tahun prediksi dan tiap periode ulang ditunjukkan pada Tabel 7. Besar debit banjir yang dihasilkan meningkat sesuai dengan semakin tingginya periode ulang. Nilainya berkisar mulai dari 415,2 m³/dt (periode ulang 5 tahunan pada 2020) hingga 772,3 m³/dt (periode ulang 50 tahunan pada 2030), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7.



Gambar 7. Prediksi hidrograf banjir tahun 2020 di DA Ci Leungsi Hulu

Tabel 7. Prediksi debit Banjir pada tiap periode ulang

Periode Ulang	Curah hujan rancangan (mm)	Debit (m ³ /dt)		
		Tahun 2020	Tahun 2025	Tahun 2030
5	143	415.2	441.2	465.7
10	167	507.2	534.3	560.2
25	197	624.6	653.0	679.8
50	220	715.8	745.1	772.3

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan keluaran penting yang diperlukan baik oleh para akademisi, pemerintah, maupun kalangan swasta, terutama dalam pengelolaan DAS dan pembangunan wilayah perkotaan. Prediksi debit banjir ini adalah langkah awal untuk menentukan wilayah genangan banjir di wilayah sekitar Bekasi sebagai dampak dari semakin meningkatnya lahan terbangun di DA Ci Leungsi Hulu. Penelitian ini menyimpulkan prediksi debit banjir pada tahun 2020, 2025, dan 2030 mengalami peningkatan, yakni dari 2020 ke 2025 sebesar 28.4%, dan dari 2025 ke 2030 sebesar 26.8%. Untuk periode ulang 25 tahun dengan curah hujan rancangan sebesar 197mm menghasilkan debit banjir sebesar 624.6, 653.0, dan 679.8 m³/dt pada tahun 2020, 2025, dan 2030 secara berturut-turut.

Daftar Pustaka

- Carpenter, T.M. & Georgakakos, K.P. (2006). Intercomparison of lumped versus distributed hydrologic model ensemble simulations on operational forecast scales. *Journal of Hydrology*, *329*(1–2), 174-185.
- Kadri, T. (2011). Flood defense in Bekasi City, Indonesia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 118.
- Pratama, A. M. (2017). Dua Orang Meninggal Dunia karena Banjir di Bekasi. Kompas <https://megapolitan.kompas.com/read/2017/02/22/08150041/dua.orang.meninggal.dunia.karena.banjir.di.bekasi>
- Konrad, C. P. (2003). *Effects of Urban Developments on Floods*. U.S. Geological Survey Fact Sheets 076-03.
- Marko, K., Zulkarnain, F., & Kusratmoko, E. (2016). Coupling of Markov chains and cellular automata spatial models to predict land cover changes (case study: upper Ci Leungsi catchment area). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *47*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/47/1/012032>
- McCuen, R.H. (1998). *Hydrologic Analysis and Design*. 2nd edition. USA: Prentice Hall. Ney Jersey.
- Oleyiblo, J.O., & Li, Z. 2010. Application of HEC-HMS for flood forecasting in Misai and Wan'an catchments in China. *Water Science and Engineering*, *3*(1), 14-22. <https://doi.org/10.3882/j.issn.1674-2370.2010.01.002>
- Ponce, V.M. & Hawkins, R.H. (1996). Runoff curve number: Has it reached maturity? *Journal of Hydrologic Engineering*, *1*(1), 11-19.
- USACE-HEC. (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical Release Manual*. Davis, California: US Army Corps of Engineers
- USDA-SCS. (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Technical Release-55.
- Zope, P.E., Eldho, T.I., Jothiprakash, V. 2016. Impacts of land use–land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India. *CATENA*, *145*, 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.06.009>