

Pemodelan Banjir akibat Perubahan Tata Guna Lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung

Sarah Helena Abighail^(*)

Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung, E-mail: sarahabighail@gmail.com

Iwan Kridasantausa (alm.)

Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung, E-mail: iwanhadihardaja@gmail.com

Mohammad Farid

Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung, E-mail: mfarid_si99@yahoo.com

Idham Riyando Moe

Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jalan Pattimura No. 20, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan Email idham.moe@gmail.com

Abstrak

Salah satu variabel berubah yang dapat memengaruhi karakteristik DAS dan hidrologi DAS tersebut adalah perubahan tata guna lahan. Pertumbuhan wilayah hulu, tengah, dan hilir DAS Ciliwung di berbagai sektor baik dari Bogor, Depok, hingga Jakarta sangat memengaruhi kondisi tata guna lahan DAS Ciliwung. Jakarta sebagai ibukota Negara Indonesia sekaligus wilayah hilir DAS Ciliwung terpapar pertumbuhan perekonomian yang paling signifikan. Pertumbuhan ekonomi tersebut menjadi daya tarik urban dan investor sehingga terjadi peningkatan kebutuhan infrastruktur seperti permukiman dan perkantoran. Peningkatan kebutuhan ini yang melatarbelakangi perubahan fungsi lahan dari lahan kosong menjadi permukiman, atau contoh lainnya hutan menjadi perkantoran. Perubahan tata guna lahan tersebut membuat kemampuan daya resap air limpasan menurun dan meningkatkan kemungkinan terjadinya banjir atau kenaikan debit limpasan. Pemodelan rainfall run off menggunakan MIKE SHE akan merepresentasikan pengaruh tutupan lahan terhadap limpasan di DAS Ciliwung wilayah hilir pada tahun 2002 yang hasilnya dikalibrasi dan divalidasi dengan debit di Stasiun Pengamatan Pintu Air Manggarai. Luas tutupan lahan, koefisien aliran, koefisien Manning, dan indeks infiltrasi menjadi tiga parameter utama dalam pemodelan rainfall run off. Setelah dimodelkan, ketiga parameter menunjukkan sifat dependent terhadap variabel lain. Perubahan persentase nomenklatur tata guna lahan menjadi penyebab utama perubahan debit limpasan terhadap waktu.

Kata-kata Kunci: Debit, infiltrasi, koefisien, limpasan, model, tutupan.

Abstract

One of the changing variables that can affect the characteristics of the watershed and the hydrology of the watershed is land use change. The growth of the upstream, middle and downstream areas of the Ciliwung watershed in various sectors from Bogor, Depok to Jakarta greatly affects the land use conditions of the Ciliwung watershed. Jakarta as the capital city of Indonesia as well as the downstream area of the Ciliwung watershed is exposed to the most significant economic growth. This economic growth has become an attraction for urban and investors, resulting in an increase in the need for infrastructure such as settlements and offices. This increasing need is the background for changing the function of land from vacant land to settlements, or other examples of forests being offices. These land use changes reduce the ability of runoff to absorb water and increase the possibility of flooding or an increase in runoff discharge. Rainfall run off modeling using MIKE SHE will represent the effect of land cover on runoff in the downstream Ciliwung watershed in 2002, the results of which are calibrated and validated with discharge at the Manggarai Shuice Observation Station. Land cover area, flow coefficient, Manning coefficient, and infiltration index are the three main parameters in modeling rainfall run off. After being modeled, the three parameters show the nature of being dependent on other variables. Changes in the percentage of land use nomenclature are the main cause of changes in runoff discharge over time.

Keywords: Coefficient, coverage, discharges, infiltration, model, overflow.

* Penulis Korespondensi

1. Pendahuluan

Sungai Ciliwung adalah salah satu sungai yang melintasi wilayah administrasi provinsi melalui Provinsi Jawa Barat dan Jakarta. Sungai ini berasal dari Telaga Warna Pangrango di kaki Gunung Pangrango di Puncak, Bogor, dan mengalir ke utara melalui kota Bogor, Depok, Jakarta dan Teluk Jakarta di muara. Bentuk DAS Ciliwung panjang dan sempit. Panjang sungai Ciliwung adalah sekitar 119 km, dengan luas lembah sekitar 476,2 km² dan dihuni oleh sekitar 3,5 juta orang. Bagian hulu didominasi oleh topografi berbukit dan pegunungan dengan kemiringan lereng 16%. Ketinggian hulu terletak antara 370 meter hingga 3.010 meter di atas permukaan laut. Ketinggian di tengah sungai ini terletak antara 51 meter hingga 370 meter di atas permukaan air laut. Sedangkan untuk daerah hilir umumnya didominasi oleh topografi datar dengan kemiringan lereng 0-2%. Ketinggian hilir terletak antara 0 meter hingga 51 meter di atas permukaan laut. Menurut Kontrol Manual Pemanfaatan Ruang di Daerah Rawan Banjir Bencana, Direktorat Jenderal Penataan Ruang Republik Indonesia, dataran banjir adalah tanah di kedua sisi bagian sungai di sepanjang tepi sungai yang diukur dari tepian sungai hingga bagian dalam timbunan. Kaki. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 63 tahun 1993 tentang Garis Dataran Banjir, Wilayah Pemanfaatan Sungai, Wilayah Pengontrolan Sungai, dan Bekas Sungai, fungsi dataran banjir adalah suatu wilayah di mana sebagian debit sungai dapat mengalir selama banjir / air tinggi. /meluap.

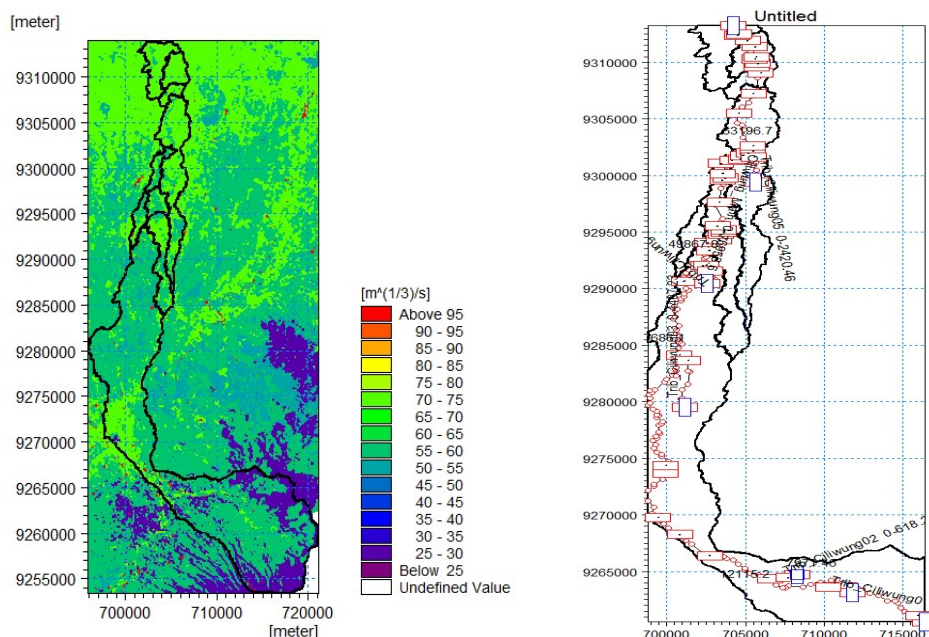
Mengingat tahun 1964, Jakarta terpilih sebagai ibu kota di Indonesia. Ada banyak perubahan dan peningkatan sejak Jakarta lahir sebagai wilayah metropolitan yang besar. Efek yang paling signifikan dan berpengaruh adalah pertumbuhan populasi. Apakah populasinya meningkat menjelang

perkembangan dan sebaliknya. Pada 2018, Worldometer menyatakan populasi Jakarta adalah sekitar 8 juta orang. Oleh karena itu, Jakarta dibebankan untuk memenuhi kebutuhan penduduk dari bidang sosial, ekonomi, kesehatan dan lainnya melalui sarana dan prasarana seperti infrastruktur. Tidak hanya itu, pemenuhan kebutuhan primer seperti air juga meningkat. Eksploitasi implisit memiliki dampak besar pada Jakarta itu sendiri seperti perubahan tata guna lahan atau lebih khusus mengurangi tanah resapan yang meningkatkan risiko banjir.

Karya tulis ini akan membahas pemodelan banjir Jakarta dengan peta tata guna lahan historis dan peta tata guna lahan masa depan dalam periode 1996-2025. Peta tata guna lahan eksisting diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, di samping itu, perubahan tata guna lahan di masa mendatang akan diperoleh dari hasil proyeksi Bapak Idham Riyando Moe dan kawan-kawan yang telah dipublikasi sebagai paper dengan judul *"Future projection of flood inundation considering land-use changes and land subsidence in Jakarta, Indonesia"*. Menggunakan beberapa analisis hidrologi dan menyusun perubahan tata guna lahan oleh software MIKE (coupling system: MIKE SHE dan MIKE 11). Untuk menunjukkan kalibrasi, validasi, dan skenario dari data-data yang dimodelkan, saya akan menggunakan MIKE SHE sebagai alat analisis hidrologi untuk daerah aliran sungai *fully distributed*.

2. Metodologi

Secara garis besar, tahap pemodelan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian, yaitu: pemodelan *overland flow*, pemodelan *channel flow*, dan mengkombinasikan keduanya. Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pemodelan tahap kalibrasi pada kejadian hujan di tahun 2002 kemudian dilakukan pemodelan

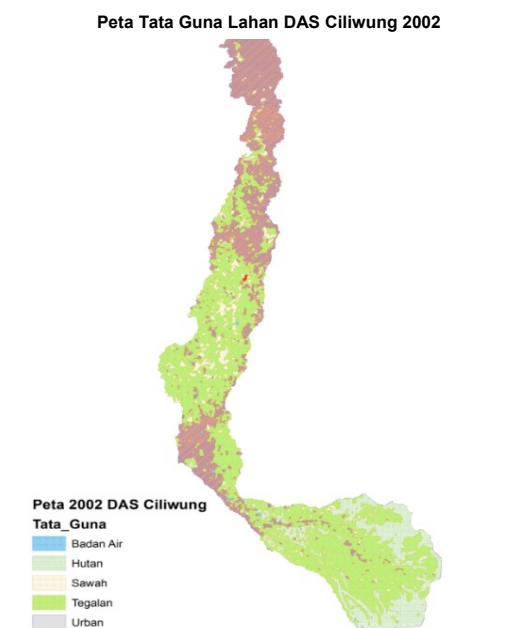


Gambar 1. Sebaran koefisien manning M (kiri) dan river network (kanan) DAS Ciliwung

dengan parameter yang sama untuk tahap validasi dengan event hujan yang berbeda. Setelah itu, tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisis hidrologi di DAS Ciliwung hilir untuk mengetahui kapan kondisi ekstrim terjadi dengan menentukan debit 2, 5, dan 25 tahunan. Kemudian masing-masing periode ulang dimodelkan pada MIKE SHE dan MIKE 11.

3. Analisis

Penentuan periode simulasi pada tahap kalibrasi dilakukan dengan melihat waktu (hari, tanggal, tahun) kejadian banjir yang paling besar. Penentuan periode simulasi untuk tahap validasi dilakukan dengan melihat curah hujan yang relatif rendah pada waktu (hari, tanggal, tahun) tertentu di DAS Ciliwung.



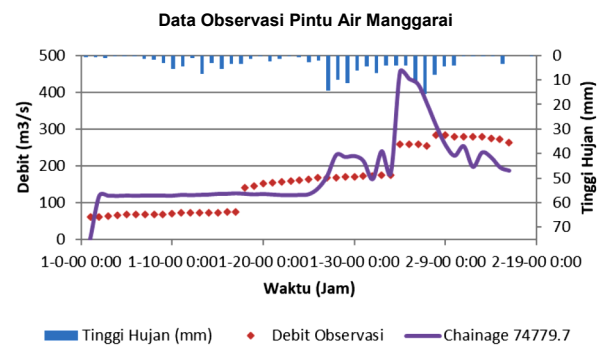
Gambar 2. Peta tata guna lahan DAS Ciliwung 2002

3.1 Pemodelan tahap kalibrasi

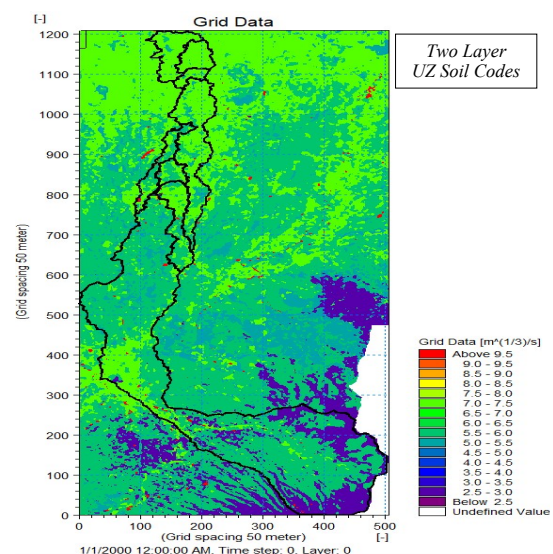
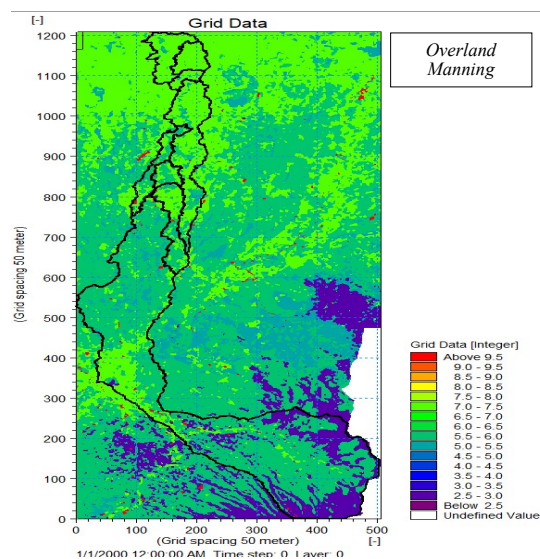
DAS Ciliwung hilir memiliki 5 jenis tutupan lahan yang mempengaruhi jumlah limpasan, yaitu urban (pemukiman, industri, atau bangunan lainnya), hutan, badan air (sungai, danau, laut, dan sebagainya), sawah, dan tegalan.

Pemodelan menggunakan data hujan dari 3 stasiun hujan yaitu Stasiun Hujan Citeko, Stasiun Hujan Darmaga, dan Stasiun Hujan Kemayoran. Ketiganya ditentukan dengan menggunakan bantuan *software* ArcGIS metode polygon thiesen dengan luas pengaruh dan persentase nya telah dilampirkan pada **Gambar 3** dan **Tabel 1**. Ketiga stasiun hujan menghasilkan total tinggi hujan 227,6 mm dan volume air hujan sebesar 65.055.941 atau 65 x 106 m3 pada simulasi periode tanggal 29 Januari 2002 00:00:00 sampai dengan 31 Januari 2002 10:00:00 (tahap kalibrasi).

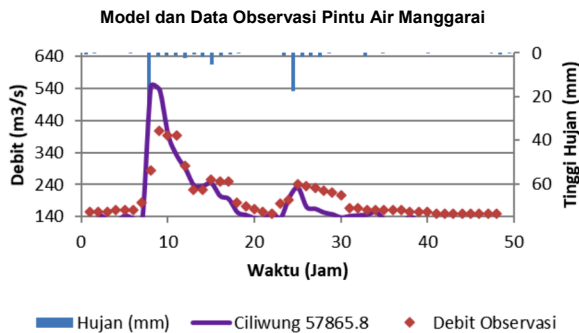
Sementara, pada simulasi periode tanggal Kalibrasi data debit simulasi periode tanggal 02 Februari 2002 00:00:00 sampai dengan 03 Februari 2002 23:00:00 (tahap validasi). Pemodelan dilakukan dengan durasi skenario 58 jam yaitu tanggal 29 Januari 2002 jam 00:00 sampai dengan 31 Januari 2002 jam 10:00.



Gambar 4. Perbandingan hasil model vs debit observasi tahap kalibrasi.



Gambar 3. Peta sebaran koefisien manning dan two layer UZ soil codes tahap kalibrasi.



Gambar 5. Perbandingan hasil model vs debit observasi tahap validasi.

Diambil waktu pada periode tersebut karena memiliki debit observasi yang paling tinggi dan *event* banjir paling besar. Data yang digunakan untuk kalibrasi hasil pemodelan adalah data pengamatan debit di Pintu Air Manggarai dari tanggal 29 Januari 2002 hingga 31 Januari 2002.

Setelah dilakukan berbagai justifikasi seperti skenario Manning awal yang terdapat pada **Tabel 1**, skenario 4% dari Manning awal, 8% dari Manning awal, 10% dari Manning awal, dan skenario lainnya, diperoleh skenario 10% dari Manning awal yang memiliki hasil simulasi model yang paling mendekati dengan debit observasi dari Pos Pengamatan Pintu Air Manggarai.

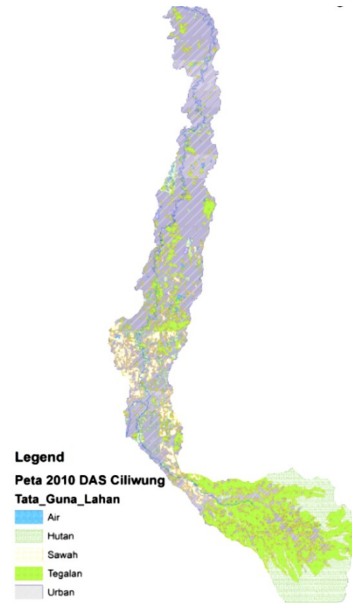
3.2 Pemodelan tahap validasi

Pemodelan dilakukan selama 48 jam yaitu pada tanggal 2 Februari 2002 sampai dengan 3 Februari 2002. Diambil waktu pada periode tersebut karena memiliki debit observasi cenderung rendah dibandingkan debit observasi lainnya dalam tahun yang sama. Data yang digunakan untuk kalibrasi hasil pemodelan adalah data pengamatan debit di Pintu Air Manggarai dari tanggal 2 Februari 2002 hingga 3 Februari 2002.

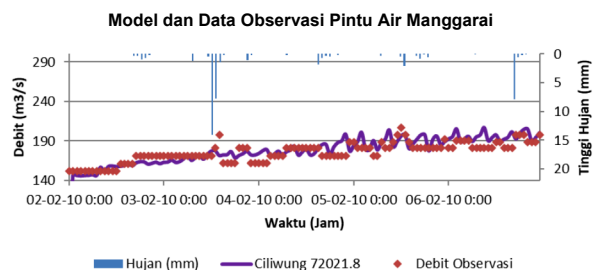
Setelah dilakukan berbagai justifikasi seperti skenario Manning awal, skenario 4% dari Manning awal, 8% dari Manning awal, 10% dari Manning awal, dan skenario lainnya, diperoleh skenario 10% dari Manning awal yang memiliki hasil simulasi model yang paling mendekati dengan debit observasi dari Pos Pengamatan Pintu Air Manggarai.

Hasil parameter model diatas bila merujuk pada classification of goodness of fit, sesuai dengan Moriasi et al. (2007) dan Cabrera (2009) mengindikasikan nilai NSE pada kelas Very Good ($NSE > 0.6$). Pola fluktuasi yang ditampilkan tahap validasi diatas menunjukkan tingkat keselarasan antara debit observasi dengan model lebih baik dibandingkan gambar tahap kalibrasi yang cenderung konstan pada observasi dan fluktuatif pada model. Perubahan intensitas hujan juga berbanding lurus dengan debit limpasan baik debit model dan observasi. Walaupun memang masih terjadi penyimpangan pada jam-jam tertentu. Sama seperti tahap kalibrasi, penyimpangan dapat dikarenakan tidak dapat dikontrolnya kapasitas

Peta Tata Guna Lahan DAS Ciliwung 2010



Gambar 6. Perbandingan hasil model vs debit observasi tahap validasi



Gambar 7. Perbandingan hasil model vs debit observasi model tahun 2010.

maksimum desain pada model, dan uncontrollable situation akibat operasi pintu yang dibuka setiap saat, serta minimnya ketersediaan data hujan spasial dalam bentuk jam-jam an.

3.3 Pemodelan tata guna lahan tahun 2010

Pemodelan dilakukan selama 143 jam yaitu pada tanggal 2 Februari 2010 jam 00:00 sampai dengan 6 Februari 2010 jam 23:00 dengan tujuan melihat dan menganalisis akibat perubahan tata guna lahan pada ilmu hidrologi. Perubahan yang menjadi fokus utama adalah perubahan intensitas infiltrasi yang didasari intensitas hujan, koefisien run off per luas nomenklatur, debit observasi, dan luas DAS Ciliwung. Pemodelan melibatkan dua data stasiun hujan yaitu Stasiun Citeko dan Stasiun Kemayoran. Seiring berjalannya waktu, DAS Ciliwung juga mengalami perubahan struktur tata guna lahan dari tahun 2002 menuju 2010. Oleh karena itu, peta tata guna lahan yang digunakan adalah peta tata guna lahan yang komprehensif pada tahun 2010. Setelah dilakukan berbagai justifikasi, diperoleh skenario 10%M bernilai sama dengan tahap kalibrasi dan validasi untuk hasil simulasi model yang paling mendekati dengan debit

observasi dari Pos Pengamatan Pintu Air Manggarai. Koefisien aliran bernilai tetap atau sama nilainya baik tahap kalibrasi, validasi, dan model tahun 2010.

Hasil parameter model diatas bila merujuk pada Classification of goodness of fit, according to Moriasi et al. (2007) dan Cabrera (2009) mengindikasikan nilai NSE pada kelas Good ($0.4 < NSE < 0.6$). Sensitivitas model terhadap fluktuasi lebih besar dibandingkan debit observasi. Penyimpangan yang terjadi pada model 2010 secara numerik tidak lebih besar dan tidak lebih variatif dibandingkan tahap kalibrasi dan validasi. Namun, mampu merepresentasikan parameter kalibrasi dan validasi yang inklusif.

4. Pembahasan

Koefisien *run off*, Manning, dan infiltrasi menjadi salah tiga variabel yang membangun model MIKE SHE. Ketiga variabel akan dilihat perubahannya dari tahap kalibrasi, validasi, dan model 2010. Variabel Manning akan mengalami perubahan sesuai justifikasi saat terjadi perubahan struktural tata guna lahan. Koefisien *run off* akan bernilai sama per nomenklatur karena mengacu pada tabel koefisien *run off* yang telah berlaku. Perubahan infiltrasi akan dielaborasi untuk melihat variabel independen yang memengaruhi besarnya infiltrasi yaitu debit observasi, hujan wilayah, dan koefisien *run off* per luas nomenklatur. Sebagai perhatian bahwa analisis tidak mempertimbangkan hujan pada jam sebelum periode simulasi yang dapat menjadi tambahan beban yang seharusnya.

Ketiga periode simulasi terdiri dari kalibrasi, validasi, model 2010 memiliki situasi yang berbeda. Periode waktu kalibrasi dan validasi terhitung sebagai kejadian banjir terbesar pada tahun 2002 dan menyusul kejadian banjir ekstrim yang terjadi pada tahun 2007 dan 2010. Berkebalikan dengan periode banjir terbesar 2002, model 2010 merepresentasikan salah satu model debit limpasan DAS Ciliwung hilir saat non-eksesif atau moderat.

Perbedaan kondisi tersebut tidak dapat menjadi bahan analisis yang seimbang antara satu sama lain. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemodelan lanjutan berdasarkan hujan desain periode ulang pada tahun 2002 dan 2010. Pemodelan bertujuan melihat perbedaan debit limpasan yang dihasilkan dengan hujan yang sama namun struktur tata guna lahan yang berbeda.

Berdasarkan **Tabel 2**, fluktuasi hujan wilayah DAS Ciliwung (Pusat Litbang Sumber Daya Air) dapat dilihat bahwa tahap kalibrasi dan validasi yang memiliki intensitas hujan yang sama dengan hujan kumulatif yang berbeda menghasilkan beda debit observasi sebesar 181.5 m³/s. Sementara, tahap validasi dan model 2010 yang memiliki hujan kumulatif yang mendekati sama yaitu 41.13 mm dan 45.9 mm memperoleh beda debit observasi sebesar 50.5 m³/s. Disisi lain, tahap validasi dan model 2010 menghasilkan beda debit model sebesar 2.6 m³/s. Sebagai hasil akhir dapat dikatakan bahwa data debit observasi kurang konsisten terhadap waktu dengan jumlah kumulatif hujan yang mendekati sama, salah satu penyebab utama hasil yang inkonsistensi adalah perubahan tata guna lahan yang signifikan dari tegalan (2002) menjadi urban atau permukiman perkotaan menjadi nomenklatur utama (2010). Pemodelan MIKE She selanjutnya melibatkan hujan rencana periode ulang yang telah dielaborasi menjadi hujan 6 jam-an dan peta tata guna lahan 2002, serta peta tata guna lahan 2010. Berikut hidrograf desain tahun 2002 berdasarkan periode ulang.

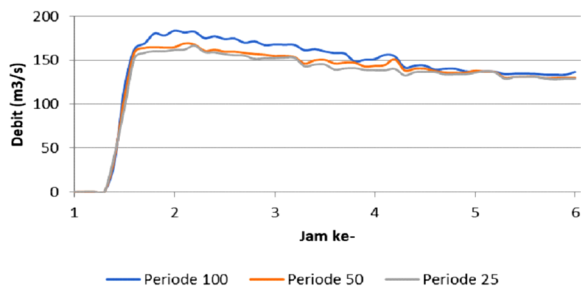
Gambar 8 menunjukkan gap antar hidrograf periode ulang 25, 50, dan 100 tahun. Pembacaan gambar menyimpulkan bahwa gap terbesar terdapat antara hidrograf periode ulang 100 tahun dengan periode ulang 25 tahun. Sisi lain menyimpulkan, gap terkecil terdapat antara hidrograf periode ulang 50 tahun dengan periode ulang 25 tahun. Bila hasil diimplementasikan ke dalam praktik pengambilan keputusan kebijakan publik upaya pengelolaan DAS Ciliwung, kapasitas desain dengan

Tabel 1. Hasil kalibrasi, validasi, dan model tahun 2010.

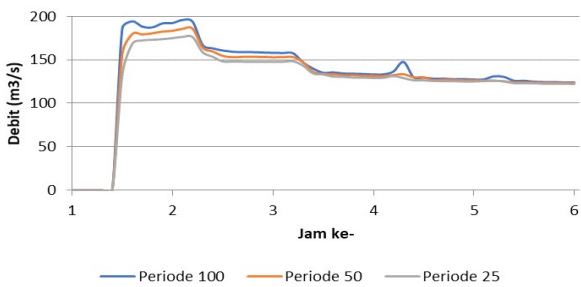
Nomenklatur		Manning	Saturated Hydraulic Conductivity	Koefisien RO
Urban		Kalibrasi = Validasi; Kalibrasi < Model 2010	Kalibrasi > Model 2010 > Validasi	Kalibrasi = Validasi = Model 2010
Hutan		Kalibrasi = Validasi; Kalibrasi < Model 2010	Kalibrasi > Model 2010 > Validasi	Kalibrasi = Validasi = Model 2010
Air		Kalibrasi = Validasi; Kalibrasi < Model 2010	Kalibrasi = Validasi = Model 2010	Kalibrasi = Validasi = Model 2010
Sawah		Kalibrasi = Validasi; Kalibrasi < Model 2010	Kalibrasi > Model 2010 > Validasi	Kalibrasi = Validasi = Model 2010
Tegalan		Kalibrasi = Validasi; Kalibrasi < Model 2010	Kalibrasi > Model 2010 > Validasi	Kalibrasi = Validasi = Model 2010

Tabel 2. Fluktuasi hujan wilayah DAS Ciliwung

Periode	Tahap	Fluktuasi Hujan			Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit Observasi (m ³ /s)	Debit Model (m ³ /s)
		Perubahan	Gap	Kumulatif (mm/jam)			
1/29/02 16:00	Kalibrasi	Positif	0.49	58.61	0.58	67.00	118.75
2/2/02 16:00	Validasi	Negatif	0.67	41.13	0.58	248.50	195.68
2/6/2010 17:00	Model 2010	Negatif	7.40	45.88	0.55	198.00	193.07



Gambar 8. Hidrograf desain tahun 2002 Ccomposite = 0.55.

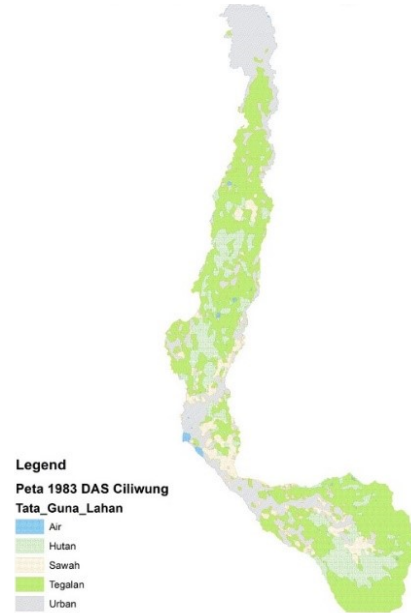


Gambar 9. Hidrograf desain tahun 2002 Ccomposite = 0.587.

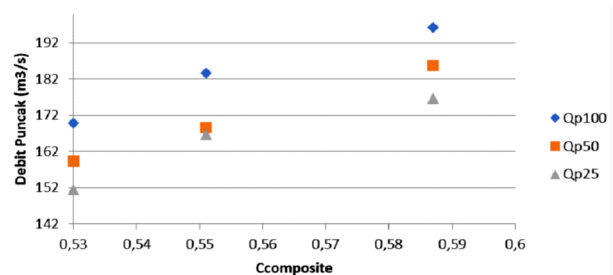
periode ulang 25 tahun tidak efektif dan inefisien dikarenakan tidak mampu menampung beban periode ulang 50 tahun yang memiliki gap terendah dengan periode ulang 25 tahun, terlebih jauh dari kata dapat menampung beban periode ulang 100 tahun. Sementara, pemilihan periode ulang 50 tahun sebagai kapasitas desain dinilai relatif efektif dan efisien dikarenakan mampu menampung beban periode ulang 25 tahun, namun belum mampu menampung beban periode ulang 100 tahun yang memiliki gap lebih besar dibanding periode ulang 50 tahun dengan periode ulang dibawahnya. Lebih luas dari analisis sebelumnya, perubahan debit limpasan akan berbanding lurus terhadap waktu sebagai bukti eksistensi perubahan ekstrim tata guna lahan sehingga keputusan periode ulang 50 tahun sebagai kapasitas desain relevan hanya pada tahun 2002.

Perubahan tata guna lahan secara absolut memengaruhi debit limpasan sebagai beban untuk saluran dengan kapasitas yang telah dibatasi. Gambar hidrograf desain tahun 2010 memberi kesimpulan terjadi perubahan gap yang sebelumnya telah dilihat pada gambar hidrograf desain tahun 2002. Gap antara hidrograf periode ulang 100 tahun dengan hidrograf periode ulang 50 tahun dan 25 tahun sangat insignifikan. Begitu pun antara hidrograf periode ulang 50 tahun dengan hidrograf periode ulang 25 tahun. Kapasitas desain periode ulang 50 tahun yang sebelumnya relevan pada tahun 2002 dinilai tidak efektif lagi di tahun 2010. Bila diimplementasikan kembali dalam pengambilan keputusan kebijakan publik upaya pengelolaan DAS Ciliwung hilir, periode ulang 100 tahun dinilai efektif dan efisien sebagai kapasitas desain saluran Sungai Ciliwung hilir. Selain tahun 2002 dan 2010, tahun 1983 juga dimodelkan menggunakan hujan rencana dengan peta tata guna lahan sebagai berikut.

Peta Tata Guna Lahan DAS Ciliwung 1983



Gambar 10. Peta tata guna lahan Tahun 1983.



Gambar 11. Perubahan debit puncak terhadap perubahan C

Melihat kondisi tahun 1983 yang memiliki persentase urban paling rendah dan tegalan paling tinggi bila dibandingkan tahun 2002 dan 2010, jarak antara debit periode ulang 25 dan 50 tahun cenderung sama dengan gap antara debit periode ulang 50 dan 100 tahun. Pada tahun ini lebih terlihat perbedaan hidrograf nya dalam menentukan kebijakan mengenai kapasitas saluran yang direncanakan.

Sejalan dengan daerah Ciliwung hilir merupakan daerah perkotaan yang sangat dinamis, kebijakan standar bankfull periode ulang 100 tahun telah ditetapkan sebagai kapasitas desain oleh Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta dalam "Review Masterplan Pengendalian Banjir dan Drainase", terkhusus pada Kanal Banjir Barat dan Kanal Banjir Timur. Perubahan debit puncak terhadap perubahan C telah disajikan dalam bentuk gambar untuk mempermudah dan memperkuat analisis periode ulang desain yang paling efektif. Saat C sebesar 0.551 (starting point) pada tahun 2002 gap antara debit puncak desain periode ulang 25 tahun dengan 50 tahun sangat kecil namun, semakin bergeser ke kanan hingga menuju C = 0.58 pada tahun 2010 gap tersebut semakin terlihat dan cenderung sama dengan gap antara debit puncak desain

periode ulang 50 tahun dengan 100 tahun. Sementara 1983, gap antara debit periode ulang 25 dan 50 tahun lebih besar dibanding gap 50 dengan 100 tahun yang hampir sama.

Kesimpulan

Berdasarkan studi ini, didapatkan bahwa:

1. debit model dipengaruhi oleh intensitas hujan yang berbeda setiap periode simulasi, Tinggi Muka Air, Manning, koefisien run off, intensitas infiltrasi.
2. Variabel bebas atau variabel yang dapat diatur (variable independent) adalah Manning, koefisien run off, dan saturated hydraulic conductivity.
3. Jika keadaan steady sudah ada tampungan pengkalibrasian sulit dilakukan sebagai bahan pertimbangan pemodelan kurang valid. Model dilakukan tanpa mempertimbangkan tampungan eksisting pada wilayah model.
4. Justifikasi angka Manning lebih berpengaruh dibandingkan justifikasi koefisien run off terhadap debit model. Pengaturan angka Manning yang semakin besar akan memperoleh debit yang semakin kecil dan sebaliknya.
5. Perubahan tata guna lahan memengaruhi debit limpasan yang mana evaluasi kapasitas desain menjadi tindakan rutin agar tetap relevan terhadap waktu.

Daftar Pustaka

- ArcGIS Resources 1966, Esri Geographic Information System Company, accessed 15 January 2019, http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisdesktop/com/gp_toolref/coverage_toolbox/creating_thiessen_polygons.htm.
- Bryan, T.M. (2002). Mape-R: A Rescaled Measure of Accuracy for Cross-Sectional Forecasts. Retrieved from <https://cssd.ucr.edu/Papers>.
- Environmental Protection Agency (2002). Guidance on Environmental Data Verification and Data Validation EPA QA/G-8. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/g8-final.pdf>.
- Farid, Mohammad & Mano, Akira & Udo, Keiko: Flood Runoff Characteristics Due To Land Cover Change in Upper Ciliwung River Basin Indonesia Using 2D Distributed Model Coupled With NCF Tank Model, Tohoku University, Japan, 2010.
- Formánek, A., Silasari, Kusuma, M.S.B., & Kardhana, H., 2013, Two-Dimensional Model of Ciliwung River Flood in DKI Jakarta for Development of the Regional Flood Index Map, J. Eng. Technol. Sci., 45, No: 3, 307-325.
- Hydrologic Engineering Centre 2012, US Army Corps of Engineers, accessed 16 January 2019, <http://www.hec.usace.army.mil/software/hech-hms/features.aspx>.
- Kuntoro, A.A., Putro, A.W., Kusuma, M.S.B., and Natasaputra, S., 2017, The effect of land use change to maximum and minimum discharge in Cikapundung River Basin, AIP Conference Proceedings 1903 (1), 100011.
- Kusuma, M.S.B., Rahayu, H.P., Farid, M., Adityawan, M.B., Setiawati, T., dan Silasari, R., 2010, Studi Pengembangan peta indeks resiko banjir pada kelurahan Bukit Duri Jakarta, Jurnal Teknik Sipil ITB 17 (2), 123-134.
- MIKE DHI, DHI Water and Environment, accessed 14 January 2019, <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-she>.
- Moe, I. R., Kure, S., Januriyadi, N. F., & Farid, M., 2017, Future projection of flood inundation considering land-use changes and land subsidence in Jakarta, Indonesia, Hydrological Research Letters, 11, No: 2, 99-105.
- Mishra, B. K., Emam, A. R.; Masago, Y., 2018, Assessment of future flood inundations under climate and land use change scenarios in the Ciliwung River Basin, Jakarta. Journal of Flood Risk Management, 11, S1105-S1115.
- Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe (1970) River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. Journal of Hydrology, 10 (3), 282–290.
- National Program on Technology Enhanced Learning, accessed 15 January 2019, <https://nptel.ac.in/courses/105107129/module3/lecture4/lecture4.pdf>.
- Sangjun, Im., Hyeonjun, Kim., Chulgyum, Kim. and Cheolhee, Jang. : Assessing The Impacts of Land Use Changes on Cacthment Hydrology using MIKE SHE. Environmental Geology Journal 09 (57):pp. 231–239, 2007.
- Stochastic Hydrology by P.Jayarami Reddy (1997), Laxmi Publications, New Delhi.

