

Analisis Kondisi Hidrologi Daerah Aliran Sungai Kedurus untuk Mengurangi Banjir Menggunakan Model Hidrologi SWAT

Santika Purwitaningsih dan Adjie Pamungkas

Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: adjie@urplan.its.ac.id

Abstrak—Fenomena urbanisasi yang terjadi di kota-kota besar mengakibatkan peningkatan kebutuhan ruang kota, sehingga menyebabkan keterbatasan sumber daya lahan yang berakibat pada alih fungsi lahan dari yang tak terbangun menjadi terbangun. Hal ini berdampak pada peningkatan aliran permukaan sehingga dapat menyebabkan banjir. Untuk mendapatkan langkah-langkah yang tepat dalam mengatasi banjir di perkotaan, perlu adanya identifikasi sifat-sifat DAS di perkotaan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi hidrologi DAS Kedurus. Metode analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut adalah analisis hidrologi menggunakan model SWAT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DAS Kedurus yang terbagi menjadi 27 sub-DAS, mengalami banjir pada 12 Sub-DAS. Debit simulasi tertinggi terjadi pada 15 Maret 2016 yaitu sebesar 15,59 m³/s. Volume luapan yang terjadi di DAS Kedurus adalah sebesar 546.797,53 m³.

Kata Kunci—banjir, daerah aliran sungai, hidrologi, SWAT, *Water Sensitive City*

I. PENDAHULUAN

WATER Sensitive City adalah suatu konsep dimana sebuah kota menjadi lebih berkelanjutan tentang sumber daya air di dalamnya termasuk di dalamnya adalah perlindungan terhadap banjir. Perlindungan terhadap banjir dalam WSC salah satunya adalah melalui pengaturan tata guna lahan yang mampu mengurangi angka limpasan permukaan [1].

Fenomena urbanisasi yang terjadi di kota-kota besar di Indonesia menyebabkan peningkatan kebutuhan ruang kota akan permukiman dan alih fungsi lahan yang tinggi [2]. Alih fungsi lahan dari lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun menyebabkan peningkatan volume limpasan air permukaan yang dapat berakibat pada terjadinya banjir [3].

Di Kota Surabaya, tingginya urbanisasi dan pertumbuhan ekonomi menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan lahan. Pada tahun 2015, luas area permukiman di Kota Surabaya mencapai 16.795,33 ha atau sebesar 50,35% dari luas Kota Surabaya [4]. Di samping itu, pertumbuhan ekonomi juga dialami oleh Kabupaten Gresik yang merupakan salah satu kawasan perkotaan pendukung Gerbangkertosusila. Selain sebagai satu-satunya kawasan industri di Gerbangkertosusila, di Kabupaten Gresik juga dikembangkan kawasan bisnis, salah satunya di Kecamatan Driyorejo [5].

Di dalam wilayah Kecamatan Driyorejo dan Kota Surabaya terdapat sistem pengaliran Kali Kedurus. Kawasan di sekitar Daerah Aliran Sungai Kedurus sering mengalami

banjir ketika musim penghujan tiba. Di wilayah Driyorejo, banjir mencapai kedalaman 70 cm dan merupakan banjir terparah di Kabupaten Gresik [6]. Sementara itu, di wilayah Kota Surabaya, banjir terparah terjadi di Kecamatan Wiyung dengan kedalaman banjir mencapai 1 m [7]. Padahal menurut RTRW Kota Surabaya 2014-2034, Kecamatan Wiyung memiliki fungsi kegiatan utama sebagai permukiman kepadatan sedang, pendidikan, industri, dan lindung terhadap alam.

Upaya pengendalian banjir yang telah dilakukan di Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik berupa penambahan saluran drainase konvensional, dan pembangunan pompa air, serta pemaksimalan fungsi pintu air, masih belum tepat untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus mengingat 50% dari luas DAS merupakan area terbangun [8]. Oleh karena itu, diperlukan solusi lain untuk mengatasi permasalahan banjir di DAS Kedurus, salah satunya melalui pengaturan penggunaan lahan. Sebelum merumuskan pengaturan penggunaan lahan, perlu adanya identifikasi kondisi hidrologi dari DAS Kedurus untuk mengetahui sistem hidrologi dari DAS tersebut. Atas dasar tersebut penelitian ini menggunakan alat analisis SWAT untuk mensimulasikan model hidrologi di DAS Kedurus.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan positivistik. Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif.

B. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui survey primer dan survei sekunder. Survei primer dilakukan untuk mendapatkan data mengenai Intensitas Pemanfaatan Ruang penggunaan lahan di DAS Kedurus, serta untuk mengetahui kapasitas saluran di DAS Kedurus. Survei sekunder dilakukan untuk mendapatkan data instansional.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisi hidrologi DAS Kedurus antara lain jenis tanah, kemiringan lereng, curah hujan, kecepatan angin, suhu, kelembapan relatif, radiasi matahari, dan jenis penggunaan lahan eksisting di DAS Kedurus.

D. Mengidentifikasi Kondisi Hidrologi DAS Kedurus Menggunakan Model Hidrologi SWAT

Untuk mengidentifikasi kondisi hidrologi DAS Kedurus dilakukan melalui pendekatan modelling hidrologi SWAT menggunakan software ArcSWAT. Siklus hidrologi yang disimulasikan SWAT didasarkan pada perhitungan neraca air sebagai berikut [9].

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

Dimana SW_t adalah kadar air tanah akhir (mm H₂O), SW_0 adalah kadar air tanah awal pada hari ke-i (mm H₂O), t adalah waktu (hari), R_{day} adalah jumlah hujan pada hari ke-i (mm H₂O), E_a adalah jumlah evapotranspirasi pada hari ke-i (mm H₂O), W_{seep} adalah jumlah air yang masuk ke zona vadose dari profil tanah (*seepage*) pada hari ke-i (mm H₂O), Q_{gw} adalah jumlah aliran air bawah tanah (*base flow/groundwater/return flow*) pada hari ke-i (mm H₂O).

Ada beberapa tahapan yang harus dilalui untuk mengetahui kondisi hidrologi DAS Kedurus, yaitu sebagai berikut.

a. Delineasi DAS

Proses delineasi DAS dilakukan menggunakan menu *Watershed Delineator* dan menggunakan submenu *Automatic Watershed Delineation*. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam membuat delineasi DAS, antara lain proses pemasukan peta DEM, penentuan jaringan sungai, penentuan outlet, proses seleksi dan penentuan outlet DAS, delineasi DAS dan penghitungan parameter sub-DAS. Hasil dari delineasi DAS adalah batas DAS, serta batas sub-DAS.

b. Pembentukan dan Pendefinisian HRU

HRU merupakan unit respon hidrologi yang dibentuk berdasarkan data penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. HRU digunakan dalam melakukan simulasi SWAT untuk menyederhanakan simulasi sehingga hasil simulasi akan lebih akurat. Setelah pembentukan HRU, langkah selanjutnya adalah pendefinisian HRU. Dalam hal ini option yang dipilih adalah *Multiple HRUs* karena semua HRU dipertimbangkan dalam proses analisis. Selain itu, *threshold* yang digunakan adalah 0% yang berarti seluruh variabel penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng diperhitungkan dalam pembentukan HRU.

c. Pembentukan Data Iklim

Input data untuk generator iklim merupakan data iklim dengan lokasi pengukuran di BMKG Perak II Tahun 2004-2013 yang didapatkan dari *Global Weather Database*. Data tersebut kemudian diolah secara manual sehingga menghasilkan data-data olahan yang digunakan dalam analisis. Data yang sudah diolah kemudian dimasukkan dalam *weather generator data*.

d. Membangun Input Data

Setelah berhasil memasukkan data iklim dan menjalankan *weather generator*, selanjutnya adalah memasukkan data input ke dalam basis data (database). Data input ini secara otomatis terbentuk berdasarkan delineasi DAS dan karakterisasi dari penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng.

e. Simulasi SWAT

Simulasi SWAT dilakukan dengan menjalankan Run SWAT. Simulasi model SWAT dilakukan selama satu tahun penuh mulai 1 Januari 2016 hingga 31 Desember 2016. Hasil dari tahap ini adalah data-data hidrologi di DAS Kedurus

dalam bentuk harian, bulanan, maupun tahunan. Dalam penelitian ini, tidak dilakukan kalibrasi model dikarenakan tidak tersedianya data observasi debit sungai.

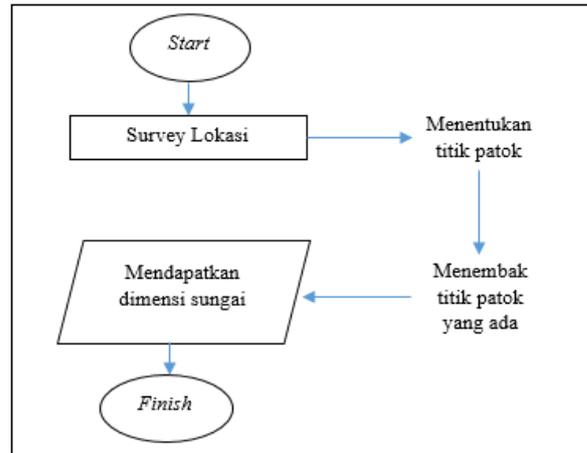
E. Penghitungan Kapasitas Saluran di DAS Kedurus untuk Mengetahui Sub-DAS yang Banjir

a. Penentuan Titik Survey Kapasitas Saluran

Titik survey untuk kapasitas saluran di DAS Kedurus didasarkan pada titik outlet yang telah terbentuk pada proses delineasi.

b. Penentuan Dimensi Saluran

Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam melakukan penentuan dimensi saluran seperti dalam gambar berikut ini.



Gambar. 1. Bagan Alir Penentuan Dimensi Saluran

c. Penghitungan Kapasitas Saluran

Penghitungan kapasitas saluran didasarkan pada persamaan kontinuitas:

$$Q_{kap} = V \cdot A$$

dimana Q_{kap} adalah kapasitas saluran (m³/s), V adalah kecepatan aliran (m/s), dan A (m²) adalah luas basah saluran.

d. Mengidentifikasi Sub-DAS yang Mengalami Banjir

Identifikasi sub-DAS yang mengalami banjir dilakukan dengan mengurangi debit hasil simulasi SWAT dengan kapasitas saluran di masing-masing outlet. Jika debit hasil simulasi lebih kecil daripada kapasitas saluran, maka di lokasi tersebut tidak terjadi banjir, sedangkan sebaliknya, apabila debit hasil simulasi lebih besar dari kapasitas saluran, maka di lokasi tersebut terjadi banjir. Dengan demikian dapat diketahui apakah di sub-DAS tersebut mengalami banjir atau tidak, sekaligus dapat diketahui informasi mengenai volume luapan. Volume luapan dihitung dengan mengalikan debit luapan dengan lama hujan tertinggi di Kota Surabaya, yaitu hujan selama 4 jam [10].

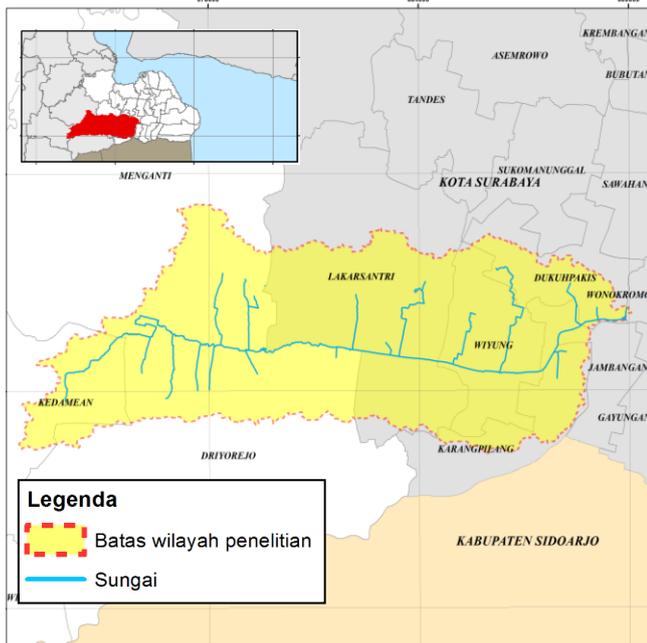
III. HASIL DAN DISKUSI

Daerah Aliran Sungai Kedurus termasuk dalam administrasi Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik dan terletak di antara 112°33'40" BT - 112°43'30" BT, dan 7°16'35" LS - 7°20'25" LS. Sungai Kedurus memiliki hulu di Kabupaten Gresik dan hilir di Kota Surabaya.

A. Delineasi DAS

Daerah Aliran Sungai Kedurus yang menjadi wilayah

penelitian merupakan hasil delineasi wilayah berdasarkan kondisi fisik menggunakan *software* ArcSWAT2012 dengan input data peta DEM IFSAR tahun 2013 dengan ukuran *cell* 3 m x 3 m. Wilayah penelitian memiliki luas wilayah sebesar 7.270,10 ha.

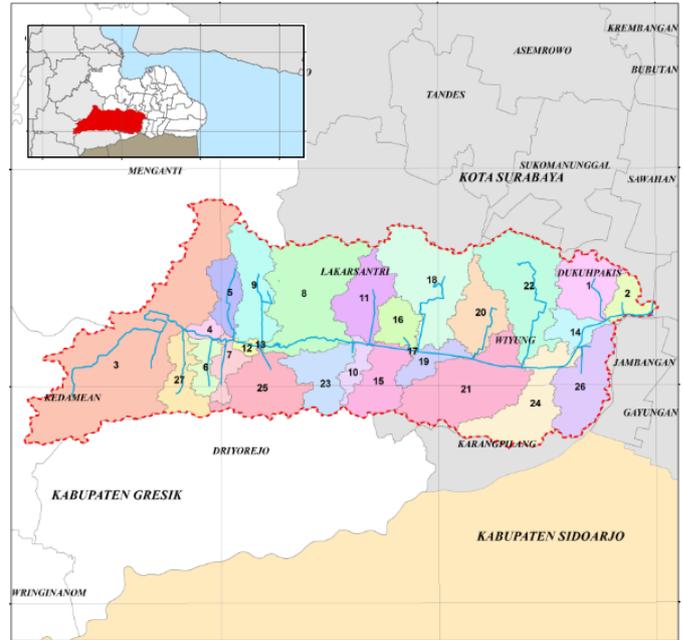


Gambar 2. Hasil Delineasi Wilayah Penelitian Menggunakan SWAT

Hasil dari proses delineasi telah membentuk 27 sub-DAS dengan luas antara 0,57 ha hingga 1.375,83 ha, serta membentuk 216 HRU yang tersebar di seluruh DAS.

Tabel 1. Luas Masing-Masing Sub-DAS Kedurus

Sub-DAS	Luas (Ha)	Sub-DAS	Luas (Ha)
1	251,62	15	227,26
2	105,31	16	132,73
3	1.375,83	17	3,68
4	43,09	18	511,81
5	140,94	19	117,73
6	98,08	20	248,44
7	99,95	21	561,37
8	645,11	22	514,97
9	300,16	23	225,98
10	78,98	24	376,37
11	251,97	25	311,19
12	25,57	26	326,08
13	0,57	27	184,79
14	110,52		



Gambar 3. Hasil Delineasi Sub-DAS Menggunakan SWAT

B. Pembentukan Data Iklim

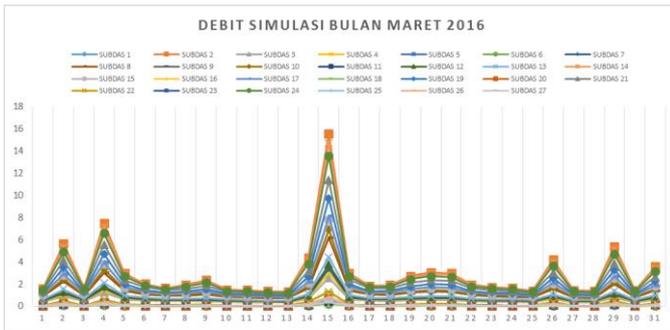
Pembentukan data iklim dilakukan dengan mengolah data iklim tahun 2004-2013 untuk dijadikan data siap pakai untuk input *weather generator*. Hasil pengolahan data iklim tahun 2004-2013 menjadi data yang sesuai dengan parameter iklim *weather generator* dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Generator Iklim

Parameter	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
TMPMX	32.68	31.84	32.43	32.71	33.05	33.24	34.04	35.04	36.66	37.03	36.11	33.95
TMPMN	23.57	23.3	23.3	23.31	23.43	22.91	22.46	22.46	23.5	24.42	24.58	23.85
TMPMXSTD	3.59	2.93	3.09	2.28	2.13	2.06	1.62	1.35	1.7	2.25	2.48	3.42
TMPMNSTD	0.73	0.69	0.71	0.7	0.71	0.82	0.85	1.01	0.94	0.83	0.73	0.67
PCPMM	304.31	305.92	298.14	171.31	94.67	40.66	19.07	12.73	26.18	48.87	132.89	255.75
PCPSTD	12.09	11.65	11.91	7.54	4.72	3.03	2.18	2.06	3.93	3.94	6.34	10.5
PCPSKW	2.91	2.47	3.01	2.42	2.07	3.22	6.19	7.02	6.73	3.49	1.72	3.36
PR_W (1)	0.73	1.2	0.91	0.54	0.33	0.23	0.17	0.12	0.11	0.23	0.33	0.73
PR_W (2)	0.98	0.97	0.97	0.89	0.84	0.74	0.62	0.57	0.65	0.76	0.91	0.96
PCPD	29.9	27.8	29.9	25	21.5	13.4	9.4	6.9	7.1	15.7	23.7	29.5
RAINHHMX	31.88	28.12	28.84	18.91	7.97	5.87	7.77	6.44	14.59	7.61	10.3	24.77
SOLARAV	20.44	20.89	21.1	21.35	20.32	20.02	21.44	22.85	24.08	23.28	22.6	20.99
DEWPT	0.78	0.81	0.8	0.78	0.73	0.68	0.62	0.56	0.51	0.53	0.62	0.75
WINDAV	1.68	1.6	1.39	1.53	1.75	2.01	2.3	2.47	2.43	2.16	1.63	1.37

C. Simulasi SWAT

Simulasi model hidrologi SWAT dilakukan setelah menggabungkan data jaringan hidrologi DAS, data HRU, dan data iklim. Hasil dari simulasi model SWAT menghasilkan data debit harian dan data hidrologi DAS Kedurus selama masa simulasi yaitu dalam kurun waktu 1 tahun mulai dari 1 Januari 2016 hingga 31 Desember 2016. Berdasarkan hasil simulasi, debit harian puncak (*peak flow*) di DAS Kedurus adalah sebesar 15,59 m³/s yang terjadi pada bulan Maret 2016 dan berada di subbasin 2. Rata-rata debit hariannya adalah sebesar 0.41 m³/s. Bulan Maret merupakan bulan dengan debit harian rata-rata mencapai puncaknya. Grafik debit harian rata-rata pada bulan Maret tahun 2016 dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar. 4. Grafik Debit Rata-Rata Harian Simulasi Bulan Maret 2016

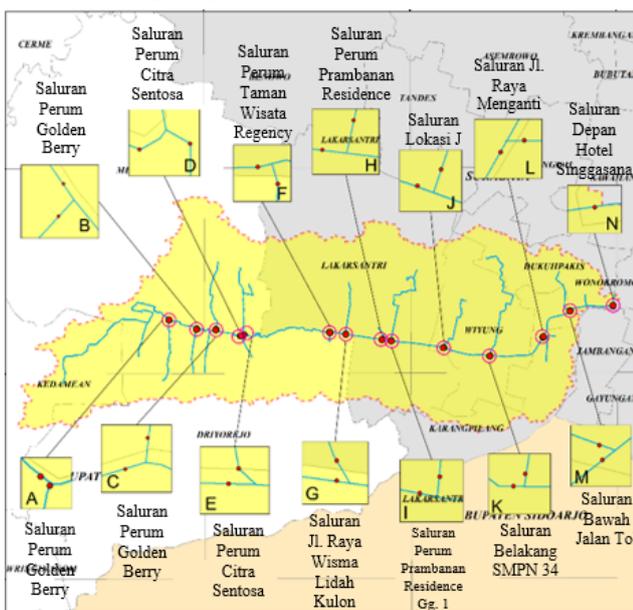
Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa debit puncak terjadi pada tanggal 15 Maret 2016, dan sub-DAS yang memiliki debit puncak tertinggi adalah sub-DAS 2, diikuti oleh sub-DAS 14 kemudian sub-DAS 24 dengan nilai flow out masing-masing sebesar 15,59 m³/s, 14,72 m³/s dan 13,58 m³/s.

Tabel 3. Luas Masing-Masing Sub-DAS Kedurus

Sub-DAS	Debit Banjir/Debit Simulasi (m ³ /s)	Sub-DAS	Debit Banjir/Debit Simulasi (m ³ /s)
1	0,66	15	7,84
2	15,59	16	0,33
3	2,54	17	8,15
4	3,01	18	1,43
5	0,27	19	9,37
6	0,21	20	0,72
7	3,43	21	14,72
8	6,21	22	1,31
9	0,56	23	0,51
10	6,91	24	13,58
11	0,58	25	0,69
12	3,74	26	0,83
13	4,43	27	0,40
14	14,72		

D. Penghitungan Kapasitas Saluran untuk Mengetahui Sub-DAS yang Banjir

Penghitungan kapasitas saluran di DAS Kedurus dilakukan di seluruh outlet yang telah ditentukan sebelumnya seperti pada Gambar 4.



Gambar. 5. Lokasi Titik Survey Pengukuran Kapasitas Saluran

Hasil dari perhitungan kapasitas saluran dapat dilihat dalam Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Kapasitas Saluran Masing-Masing Sub-DAS Kedurus

Sub-DAS	Kapasitas Saluran (m ³ /s)	Sub-DAS	Kapasitas Saluran (m ³ /s)
1	0,20	15	1,40
2	12,44	16	18,78
3	0,34	17	16,86
4	16,51	18	23,10
5	0,07	19	15,11
6	0,12	20	1,44
7	11,63	21	16,35
8	0,25	22	1,16
9	18,96	23	4,88
10	24,37	24	0,85
11	3,92	25	23,10
12	1,34	26	31,14
13	0,52	27	0,10
14	40,68		

Identifikasi sub-DAS yang mengalami banjir dilakukan dengan membandingkan debit hasil simulasi SWAT dengan kapasitas saluran di masing-masing outlet. Jika debit hasil simulasi lebih kecil daripada kapasitas saluran, maka di lokasi tersebut tidak terjadi banjir (debit yang meluap akibat tidak bisa ditampung sungai), sedangkan sebaliknya, apabila debit hasil simulasi lebih besar dari kapasitas saluran, maka di lokasi tersebut terjadi banjir.

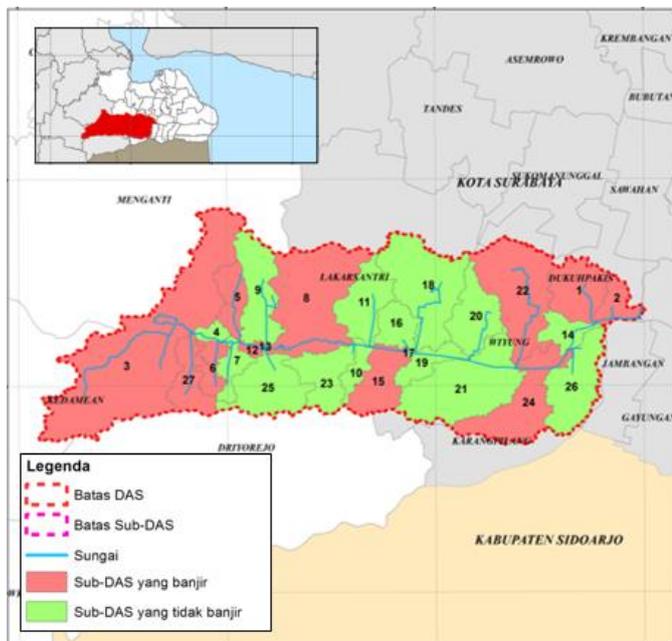
Tabel 5. Identifikasi Sub-DAS yang Mengalami Banjir

Sub-DAS	Debit Banjir/Debit Simulasi (m ³ /s)	Kapasitas Saluran (m ³ /s)	Debit Luapan (m ³ /s)	Volume Luapan per Hari m ³
1	0,66	0,20	0,45	6.515,71
2	15,59	12,44	3,15	45.406,28
3	2,54	0,34	2,20	31.707,19
4	3,01	16,51	0,00	0,00
5	0,27	0,07	0,19	2.804,69
6	0,21	0,12	0,09	1.346,46
7	3,43	11,63	0,00	0,00
8	6,21	0,25	5,96	85.779,18
9	0,56	18,96	0,00	0,00
10	6,91	24,37	0,00	0,00
11	0,58	3,92	0,00	0,00
12	3,74	1,34	2,40	34.630,30
13	4,43	0,52	3,92	56.393,81
14	14,72	40,68	0,00	0,00
15	7,84	1,40	6,43	92.621,18
16	0,33	18,78	0,00	0,00
17	8,15	16,86	0,00	0,00
18	1,43	23,10	0,00	0,00
19	9,37	15,11	0,00	0,00
20	0,72	1,44	0,00	0,00
21	14,72	16,35	0,00	0,00
22	1,31	1,16	0,14	2.061,24
23	0,51	4,88	0,00	0,00
24	13,58	0,85	12,73	183.246,57
25	0,69	23,10	0,00	0,00
26	0,83	31,14	0,00	0,00
27	0,40	0,10	0,30	4.284,92
TOTAL				546.797,53

Keterangan

Sub-DAS yang mengalami banjir

Total dari volume luapan dalam satu hari di DAS Kedurus adalah 546.797,53 m³.



Gambar. 6. Hasil Identifikasi Sub-DAS yang Banjir

Dari hasil analisis diketahui bahwa 12 dari 27 sub-DAS di DAS Kedurus mengalami banjir. Sub-DAS tersebut antara lain sub-DAS 1, 2, 3, 5, 6, 8, 12, 13, 15, 22, 24, dan 27.

Pada sub-DAS 1, selain dikarenakan penggunaan lahan yang didominasi oleh permukiman kepadatan tinggi, banjir yang terjadi juga disebabkan oleh kecilnya kapasitas saluran yang ada.

Pada sub-DAS 2, banjir yang terjadi bisa dikatakan banjir kiriman dari sub-DAS – sub-DAS sebelumnya. Hal ini dikarenakan, sub-DAS 2 terletak pada hilir dari Sungai Kedurus.

Banjir yang terjadi pada sub-DAS 3 lebih cenderung disebabkan oleh kecilnya kapasitas saluran yang ada. Hal ini bisa dilihat dari data kapasitas saluran yang ada, selain itu jika dilihat dari penggunaan lahannya, sub-DAS 3 justru didominasi oleh lahan tak terbangun (tegalan, dan sawah).

Sama seperti sub-DAS 3, banjir yang terjadi di sub-DAS 5 dan sub-DAS 6 terjadi karena kecilnya kapasitas saluran yang ada.

Pada sub-DAS 8, banjir disebabkan oleh kondisi penggunaan lahan yang ada. Penggunaan lahan di sub-DAS 8 didominasi oleh permukiman kepadatan tinggi. Selain itu, kapasitas saluran yang kecil juga mendukung terjadinya banjir di sub-DAS ini.

Pada sub-DAS 12 dan sub-DAS 13, sub-DAS 15, banjir terjadi karena kecilnya kapasitas saluran yang ada, padahal sub-DAS 12, dan sub-DAS 13 dilalui oleh Sungai Kedurus itu sendiri.

Pada sub-DAS 22, banjir yang terjadi disebabkan oleh kondisi penggunaan lahan yang ada. Sub-DAS 22 didominasi oleh penggunaan lahan berupa permukiman kepadatan tinggi.

Banjir yang terjadi di sub-DAS 24 disebabkan oleh kecilnya kapasitas saluran yang ada serta kondisi penggunaan lahannya yang didominasi oleh permukiman kepadatan tinggi.

Sementara itu, pada sub-DAS 27, banjir yang terjadi disebabkan karena kapasitas saluran yang kecil.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi hidrologi DAS Kedurus. Berikut ini merupakan hasil yang diperoleh dari penelitian ini:

1. DAS Kedurus terdiri dari 27 DAS dengan luas masing-masing sub-DAS antara 0,57 ha hingga 1.375,83 ha.
2. Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa debit puncak terjadi pada tanggal 15 Maret 2016, dan sub-DAS yang memiliki debit puncak tertinggi adalah sub-DAS 2, diikuti oleh sub-DAS 14 kemudian sub-DAS 24 dengan nilai *flow out* masing-masing sebesar 15,59 m³/s, 14,72 m³/s dan 13,58 m³/s.
3. Banjir terjadi di 12 sub-DAS, dari 27 sub-DAS yang terbentuk di DAS Kedurus. Total volume banjir di DAS Kedurus adalah sebesar 546.797,53 m³.
4. Banjir yang terjadi di DAS Kedurus sangat dipengaruhi oleh kondisi penggunaan lahan serta kapasitas saluran yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wong, T. H. F. & Brown, R. R., 2009. The Water Sensitive City: Principles for Practices. *Water Science & Technology - WST*, pp. 673-682.
- [2] Machyus, M., 2006. *Evaluasi Strategi Pengembangan Kawasan Perumahan Melalui Pendekatan Urban Redevelopment di Kawasan Kemayoran DKI Jakarta*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [3] Sudarto, 2009. *Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Peningkatan Jumlah Aliran Permukaan*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [4] Zulkarnain, R. C., 2016. *Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Gresik, 2010. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik*. Gresik: Pemerintah Daerah Kabupaten Gresik.
- [6] Perdana, D., 2016. *Banjir di Driyorejo Semakin Tinggi, Belum Ada Bantuan BPBD*. [Online] Tersedia di: <http://kelanakota.suarasurabaya.net/news/2016/167128-Banjir-di-Driyorejo-Semakin-Tinggi,-Belum-Ada-Bantuan-BPBD>
- [7] Sugiharto, B., 2016. *Risma dari Jakarta Langsung Terjun Pantau Banjir di Wiyung*. [Online] Tersedia di: <http://news.detik.com/berita-jawa-timur/3150468/risma-dari-jakarta-langsung-terjun-pantau-banjir-di-wiyung>
- [8] Handayani, D. Y., 2016. *Banjir Kepung Wiyung, Pemkot Maksimalkan Pompa dan Pintu Air*. [Online] Tersedia di: <http://kelanakota.suarasurabaya.net/news/2016/167817-Banjir-Kepung-Wiyung,-Pemkot-Maksimalkan-Pompa-dan-Pintu-Air>
- [9] Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R. & Williams, J. R., 2005. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2005*. Texas: Agricultural Research Service.
- [10] Andini, A. P. & Putturuhu, B., 2016. *Perencanaan Underpass Mayjend Sungkono Surabaya - Jawa Timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.