



# Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrograf Banjir (Studi Kasus Bendungan Jragung)

\*Indah Tri Wahyuni<sup>1</sup>, Sri Sangkawati Sachro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Wilayah Sungai Maluku, Kementerian PUPR, Ambon

<sup>2</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>\*)</sup>indahtriw.08@gmail.com

Received: 22 November 2023 Revised: 5 Januari 2024 Accepted: 27 Februari 2024

## Abstract

Demak and Grobogan Regency are areas where a flood frequently happen during the rainy season. PUPR Ministry built the Jragung Dam for flood management which was planned using the 1998 - 2017 data series. The Jragung River discharge tends to experience an increase in a period of 10 years, with one possible cause is changes in land cover. Therefore, to determine the effect of land cover changes on the flood hydrograph characteristics of Jragung Reservoir, a flood tracking analysis was carried out in Jragung Reservoir. This study use the HEC-HMS program with the Soil Conservation Service (SCS - CN) method. and the land cover change index used was curve number and impervious. The results of the analysis show that there is a change in land cover in the Jragung Reservoir catchment area of 2,5%, which is dominated by an increase in residential area of 55,6%. As a result of conducted, the Jragung Reservoir catchment all n-year return periods flood discharge has increased from design year (2017) and latest year (2022).  $Q_{PMF}$  increased from 1586,1  $m^3/s$  to 1689,6  $m^3/s$  which resulted in an increase in the Jragung Reservoir flood water level from planned  $Q_{PMF}$  in +118,6 m become +118,7 m.

**Keywords:** Land cover change; curve number; impervious; flood hydrograph

## Abstrak

Kabupaten Demak dan Grobogan merupakan wilayah yang sering mengalami banjir saat musim penghujan. Salah satu upaya untuk mengatasi banjir pada daerah tersebut, Kementerian PUPR membangun Bendungan Jragung yang direncanakan dengan menggunakan data series Tahun 1998 – 2017. Debit Sungai Jragung cenderung mengalami peningkatan dalam kurun waktu 10 tahun, yang salah satu kemungkinan penyebabnya adalah perubahan tutupan lahan. Maka, untuk mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrograf banjir Waduk Jragung, perlu dilakukan analisis penelusuran banjir di Waduk Jragung. Studi ini menggunakan program HEC-HMS dengan metode Soil Conservation Service (SCS – CN). Indeks perubahan tutupan lahan yang digunakan adalah curve number dan impervious. Hasil analisis menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan pada DTA Waduk Jragung sebesar 2,5% yang didominasi oleh peningkatan luasan pemukiman sebesar 55,6%. Akibat dari perubahan tutupan lahan tersebut, debit banjir daerah tangkapan air Waduk Jragung mengalami kenaikan untuk semua kala ulang n-tahun. Besaran  $Q_{PMF}$  meningkat dari 1586,1  $m^3/dt$  menjadi 1689,6  $m^3/dt$  yang mengakibatkan peningkatan elevasi muka air banjir waduk dari +118,6 m menjadi +118,7 m.

**Kata kunci:** Perubahan tutupan lahan; curve number; impervious; hidrograf banjir

## Pendahuluan

Banjir merupakan peristiwa yang kerap terjadi saat musim penghujan di beberapa wilayah Provinsi Jawa Tengah, salah satunya yaitu di Kabupaten

Grobogan dan Kabupaten Demak yang sebagian wilayahnya terletak pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Jragung. Hal ini dibuktikan dengan indeks kerentanan banjir daerah tersebut bernilai 0,6 – 1 yang berarti memiliki kerentanan sedang hingga

tinggi (BNPB, 2022). Kejadian banjir terakhir terjadi pada 31 Desember 2022 di Kabupaten Demak dengan ketinggian genangan 20 – 70 cm. Kejadian tersebut menyebabkan 39.240 rumah terdampak banjir. Sebagai upaya mengatasi banjir yang kerap terjadi pada DAS Jragung, Kementerian PUPR membangun Bendungan Jragung yang salah satu fungsinya adalah untuk mereduksi debit puncak banjir Sungai Jragung kala ulang 100 tahun ( $Q_{100}$ ). Bendungan Jragung terletak di Desa Candirejo, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang. Tahap konstruksi dimulai pada bulan Oktober 2020 dan direncanakan selesai pada bulan Desember 2024 (BBWS Pemali Juana, 2017). Perencanaan Bendungan Jragung menggunakan data *series* tahun 1998-2017.

Menurut Mahesti (2018), di wilayah Kabupaten Semarang telah terjadi penurunan indeks tutupan vegetasi secara berangsur sebesar 19% selama tahun 2016-2019. Perubahan indeks tutupan vegetasi berpengaruh terhadap respon hidrologis DAS terutama pada volume limpasan permukaan hujan (Azizi *et al.*, 2021). Hal ini terlihat dari kecenderungan peningkatan debit maksimum Sungai Jragung dalam kurun waktu 10 tahun (Tahun 2012 – 2022). Debit maksimum terjadi pada tahun 2022 adalah sebesar 167,341 m<sup>3</sup>/dt. Peralihan fungsi suatu kawasan yang mampu menyerap air (*pervious*) menjadi kawasan yang kedap air (*impervious*) akan mempengaruhi waktu dan volume aliran dalam DAS yang digambarkan oleh hidrograf banjir berupa kurva hubungan antara aliran dan waktu (Sari, 2012).

Hidrograf Banjir pada daerah tangkapan air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu elemen meteorologi berupa curah hujan dan elemen fisik DAS berupa parameter kehilangan (*loss*) yang diwakili oleh variabel CN (*Curve Number*), %-*impervious*, dan *initial abstraction*. Ketiga variabel tersebut menggambarkan proses kehilangan air hujan akibat proses evaporasi, infiltrasi, intersepsi, dan limpasan permukaan, sehingga berpengaruh terhadap debit yang mengalir pada sungai dan masuk ke waduk (Stathis *et al.*, 2010).

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam mengidentifikasi perubahan tutupan lahan diantaranya dengan menganalisis indeks tutupan vegetasi untuk melihat perubahan tingkat kehijauan suatu tanaman di Kabupaten Semarang (Mahesti, 2018), menggunakan variabel CN berdasarkan klasifikasi hidrologi tanah sebagai penentu perubahan tutupan lahan DAS Dengkeng dan DAS Jlantah (Aurdin, 2014), penggunaan model CA-Markov di cekungan Sungai Qinhuai (Gao *et al.*, 2020), dan menggunakan model SWAT di DAS Kerala, India (Sajikumar, 2015).

Perhitungan nilai CN dipilih sebagai indeks penentu perubahan tutupan lahan di DTA Waduk Jragung karena variabel tersebut merupakan salah satu komponen pemodelan hidrograf banjir (Nurdianyoto, 2019). Sebagian besar peneliti hanya menggunakan nilai CN untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan. Namun selain nilai CN, variabel *impervious* merupakan komponen parameter *loss* yang nilainya bergantung langsung pada kondisi tutupan lahan sehingga komponen tersebut dapat dijadikan pembanding dalam penentuan indeks perubahan tutupan lahan.

Perubahan debit banjir pada DAS Jragung akan berpengaruh terhadap debit inflow banjir Waduk Jragung. Peningkatan debit banjir maksimum pada waduk akan berpotensi menyebabkan terjadinya kegagalan bendungan akibat *overtopping*, sehingga perlu adanya peninjauan keamanan hidrolis bendungan untuk memastikan kemampuan waduk dalam melewati banjir desain dengan aman serta memiliki tinggi jagaan yang cukup (Kementerian PUPR, 2015). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrograf banjir dengan tinjauan tinggi muka air maksimum dan debit outflow maksimum kondisi banjir dengan berbagai kala ulang n-tahun. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengelolaan Waduk Jragung.

## Metode

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrograf banjir Waduk. Penelitian dilakukan dengan pemodelan hidrograf banjir untuk mengetahui karakteristik banjir pada waduk dan dilanjutkan dengan analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap hidrograf banjir Waduk Jragung.

## Pemodelan hidrograf banjir

Pemodelan hidrograf banjir dilakukan untuk mencari karakteristik banjir berupa debit inflow banjir, debit outflow, tinggi muka air maksimum akibat banjir, dan waktu puncak terjadinya banjir dengan menggunakan program HEC-HMS versi 4.11. Tahap pertama yang dilakukan yaitu perhitungan distribusi hujan efektif yang digunakan sebagai input *meteorological model*, dimulai dengan melakukan uji statistik data curah hujan. Setelah itu dilakukan analisis hujan wilayah dengan menggunakan polygon Thiessen. Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk memperkirakan besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Torimtubun, 2018). Selanjutnya

melakukan perhitungan curah hujan maksimum boleh jadi (PMP) dengan Metode Hersfield dan perhitungan distribusi hujan jam-jaman dengan Metode Mononobe.

Tahap kedua adalah penyusunan *basin model* daerah tangkapan air (DTA) Waduk Jragung. *Basin model* ini didapat dari proses deliniasi DAS-Subbasin berupa penentuan wilayah DTA Waduk Jragung beserta Subbasin yang berasal dari jaringan sungai yang ada dalam DTA. Proses penyusunan basin model adalah penentuan arah aliran, akumulasi aliran, pendefinisian jaringan sungai, penentuan *outlet* DTA, dan penelusuran aliran. Selain jaringan skematik sungai, *basin model* juga memuat komponen fisik DTA – Subbasin berupa parameter *loss*, *transform*, *routing*, dan aliran dasar (*baseflow*). Perhitungan debit aliran dasar menggunakan pendekatan persamaan hidrograf satuan sintetis Gama I dengan memperhitungkan kerapatan jaringan kuras (Nurdianyoto, 2019).

Tahap ketiga adalah kalibrasi parameter basin untuk memperoleh model HEC-HMS yang sesuai dengan kondisi lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan melakukan evaluasi kemiripan terhadap hidrograf satuan sintesis hasil simulasi dengan hidrograf satuan terukur dari data observasi. Proses ini dilakukan dengan optimasi parameter *basin model* yang dilakukan secara coba-coba sampai menghasilkan nilai kehandalan statistik yang baik (Kodoatie, 2020). Tahap terakhir dari pemodelan hidrograf banjir yaitu melakukan penelusuran banjir di waduk tahun desain (2017) dan tahun terbaru (2022) untuk mengetahui karakteristik hidrograf banjir yang masuk ke dalam waduk.

#### Analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrograf banjir.

Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrograf banjir dianalisis dengan menggunakan parameter CN (*curve number*) dan % *impervious* yang merupakan nilai tiap kategori tutupan lahan berdasarkan klasifikasi kelompok hidrologi tanah (Stathis *et al.*, 2020). Kedua parameter tersebut dihitung secara komposit atau rerata berdasarkan luas tutupan lahan pada masing-masing subbasin, sehingga dapat menghasilkan prosentase peningkatan nilai CN dan % *impervious*.

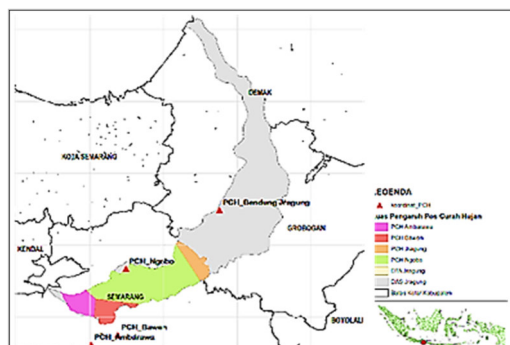
Prosentase peningkatan kedua parameter tersebut selanjutnya dibandingkan dengan prosentase peningkatan debit banjir PMF (*Probable Maximum Flood*) tiap subbasin sebagai parameter hidrograf banjir. Proses tersebut untuk menggambarkan pola dan besaran perubahan parameter tutupan lahan dan parameter hidrograf banjir tiap subbasin DTA Waduk Jragung. Kemudian menghitung luas setiap

jenis penggunaan lahan tahun desain (2017) dan tahun terbaru (2022) untuk menggambarkan perubahan tutupan lahan yang lebih luas pada DTA Waduk Jragung.

Data penelitian yang digunakan untuk mengkaji perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrograf banjir Waduk Jragung adalah: (1) Data curah hujan harian Stasiun Ambarawa, Ngobo, Bawen, dan Bendung Jragung selama tahun 2003 – 2022, (2) Peta *Digital Elevation Model* (DEM) (3) Peta tutupan lahan dan peta jenis tanah tahun 2017 dan 2022, (4) Data teknis dan kurva hubungan elevasi, volume, dan luas tampungan Waduk Jragung, (5) data debit observasi Sungai Jragung kejadian banjir tanggal 24 April 2015 dan 9 November 2022 yang digunakan untuk proses kalibrasi.

### Hasil dan Pembahasan

Ada empat stasiun curah hujan di sekitar DTA Waduk Jragung, sehingga diperlukan hujan kawasan. Luas pengaruh masing-masing stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Polygon Thiessen DTA Waduk Jragung

Tabel 1. Nilai koefisien Thiessen

Stasiun hujan	DTA Waduk Jragung		DTA Bendung Jragung	
	Luas (km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen	Luas (km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen
Ambarawa	11,146	0,121	11,252	0,085
Bawen	11,300	0,116	9,163	0,069
Ngobo	60,728	0,658	61,971	0,467
Jragung	9,885	0,106	50,414	0,380
Total	94	1	133	1

#### Distribusi hujan jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman didapat melalui curah hujan efektif yang jatuh di permukaan, dimana nilai curah hujan efektif dipengaruhi oleh kondisi DTA Waduk Jragung berupa pegunungan tersier yang

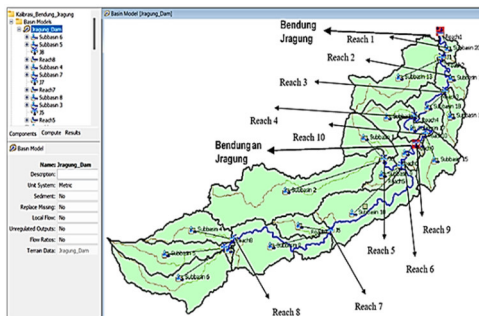
memiliki koefisien pengaliran sebesar 0,7 (Sosrodarsono, 2003). Durasi distribusi hujan didapat dari kejadian hujan tertinggi yang terjadi pada tanggal 24 April 2015 dengan durasi hujan selama 12 jam yang kemudian hasilnya digunakan sebagai input komponen *meteorologic model* HEC-HMS. Curah hujan efektif DTA Waduk Jragung dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Curah hujan efektif DTA Waduk Jragung**

Kala Ulang (Tahun)	Hujan Efektif (mm)	
	2017	2022
2	39,93	50,52
5	57,60	73,01
10	71,24	99,45
25	90,16	123,70
50	104,98	160,97
100	121,20	195,74
200	140,74	237,00
500	156,8	255,90
1000	264,83	290,79
PMP	475,80	506,55

#### Basin model DTA Bendungan Jragung

Hasil dari deliniasi *basin model* DTA Waduk Jragung dapat dilihat pada Gambar 2. Terdapat 11 subbasin, 5 *reach* dan 5 *junction* dari total luas DTA sebesar 94 km<sup>2</sup>, sedangkan untuk DTA Bendung Jragung terdapat 20 subbasin, 10 *reach* dan 10 *junction* dengan luas total DTA Bendung Jragung sebesar 133 km<sup>2</sup>. Selain memuat skematik jaringan sungai DTA, komponen lainnya yang perlu diperhitungkan yaitu parameter *loss* (CN, *initial abstraction*, dan *impervious*), parameter *transform* (SCS UH - lag time), parameter *routing* (lag time), dan parameter aliran dasar (*baseflow*).



**Gambar 2. Basin Model DTA Waduk Jragung dan DTA Bendungan Jragung**

#### Kalibrasi parameter *basin model*

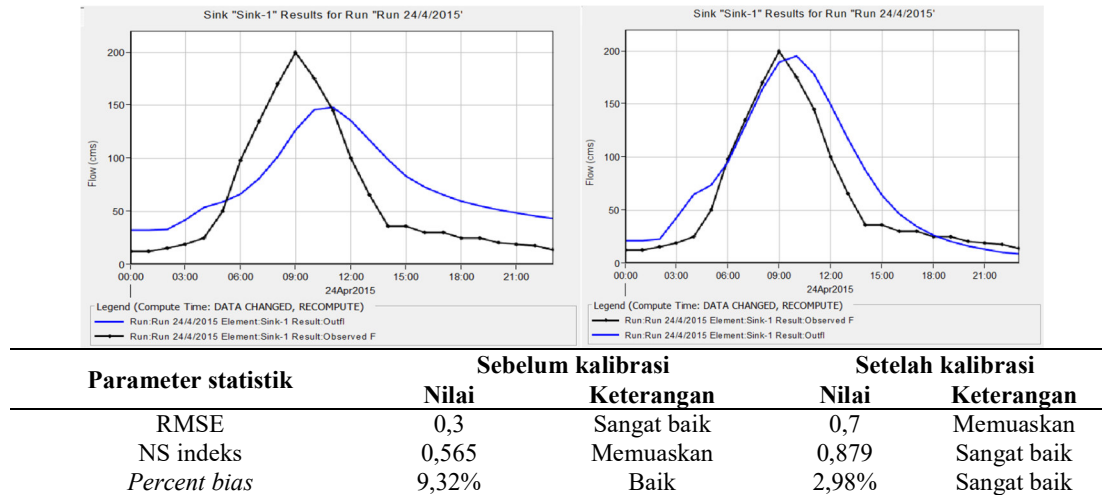
Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan pencatatan data debit pos AWLR (*automatic water level recorder*) di Bendung Jragung. Pos AWLR ini

terletak pada 6 km di hilir Bendungan Jragung. Kalibrasi model hidrograf banjir tahun 2017 (desain) menggunakan pencatatan debit observasi Sungai Jragung pada kejadian banjir tanggal 24 April 2015, sedangkan untuk model hidrograf banjir pada penelitian ini (tahun 2022) dikalibrasi dengan debit observasi Sungai Jragung kejadian banjir tanggal 9 November 2021.

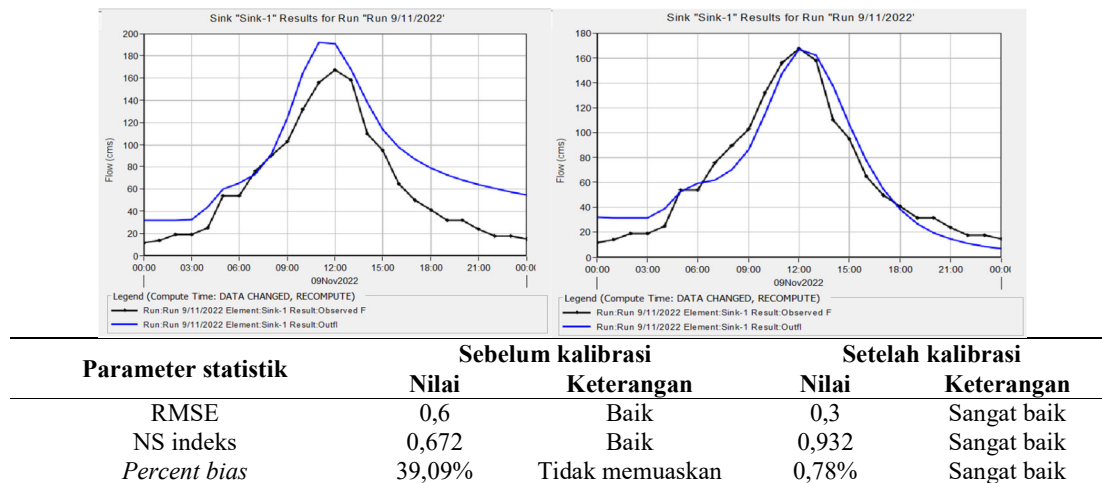
Proses kalibrasi parameter *basin model* HEC-HMS dilakukan sebanyak 4-6 kali optimasi terutama pada parameter *loss*, *transform*, *routing*, dan *baseflow* sampai menghasilkan parameter statistik terhadap kehandalan hasil kalibrasi yang baik sesuai kriteria yang ada. Simulasi nilai-nilai parameter pada penelitian ini dilakukan sebanyak 5 kali. Parameter yang disesuaikan adalah parameter *loss* (CN, *impervious*, dan *initial abstraction*), *transform* (*lag time*), dan *baseflow* (*ratio to peak* dan *recession*). Optimasi parameter dilakukan sampai menghasilkan parameter statistik terhadap kehandalan hasil kalibrasi yang baik sesuai kriteria yang ada. Parameter *routing* (*lag time*) dan *initial discharge baseflow* tidak dilakukan kalibrasi karena memiliki unsur tetap yang terikat pada luas DTA dan panjang sungai. Hasil kalibrasi parameter hidrograf banjir pada tahun desain (tahun 2017) disajikan pada Gambar 3, dan hidrograf banjir penelitian ini (tahun 2022) ditunjukkan pada Gambar 4.

Pemodelan kejadian banjir pada tanggal 24 April 2015 menggunakan HEC-HMS adalah 195,3 m<sup>3</sup>/dt pada jam 10:00, sedangkan debit observasi sebesar 200 m<sup>3</sup>/dt pada jam 09:00. Debit puncak banjir model hidrograf banjir tanggal 9 November 2021 adalah 166,9 m<sup>3</sup>/dt pada jam 12:00, dan dari debit observasi Sungai Jragung sebesar 167,3 m<sup>3</sup>/dt jam 12:00. Kehandalan parameter basin model berturut-turut adalah 0,3 (RMSE), 0,932 (NS indeks), dan 0,78% (*percent bias*). Dengan parameter *basin model* yang telah mendekati dengan debit observasi, selanjutnya dilakukan penelusuran banjir di Waduk Jragung pada Tahun 2017 dan Tahun 2022 pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, dan PMF menggunakan program HEC-HMS versi 4.11.

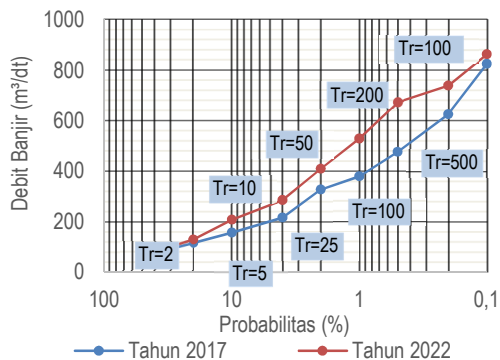
Debit banjir rencana mengalami peningkatan pada semua kala ulang yang dikaji, walaupun dengan nilai peningkatan yang berbeda-beda (Gambar 5). Debit dengan kala ulang tinggi memiliki kecenderungan peningkatan yang lebih besar dibanding dengan debit dengan kala ulang rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suripin (2016), yang menghasilkan *trend* kenaikan debit banjir rencana dari kala ulang rendah sampai kala ulang tinggi. Kenaikan debit banjir ini akan berpengaruh terhadap perubahan karakteristik hidrograf banjir.



Gambar 3. Kalibrasi parameter hidrograf banjir Tahun 2017



Gambar 4. Kalibrasi parameter hidrograf banjir tahun 2022

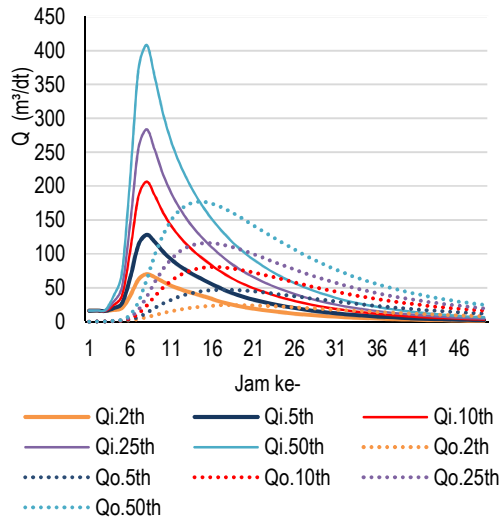


Gambar 5. Kenaikan debit banjir tahun 2017-2022

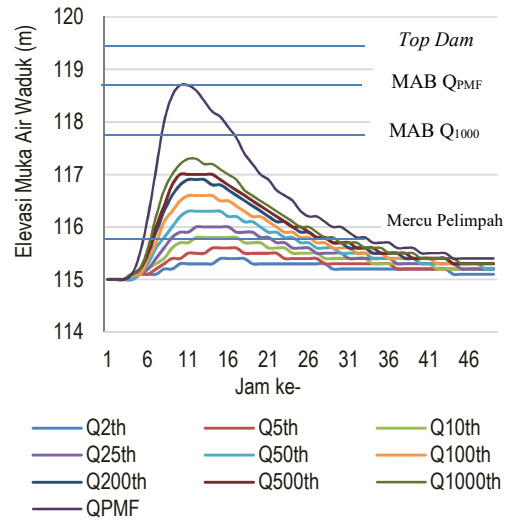
Dengan mengacu batasan pada muka air banjir (MAB) desain tahun 2017 dan kapasitas Sungai Jragung hilir, maka dapat digambarkan hidrograf banjir untuk semua kala ulang. Hidrograf terdiri dari

debit *inflow*, debit *outflow* dan elevasi muka air banjir hasil analisis. Hidrograf dengan kala ulang 2 tahun sampai 50 tahun dapat dilihat pada Gambar 6, untuk kala ulang 100 tahun sampai dengan debit PMF disajikan pada Gambar 7. Elevasi muka air waduk pada debit dengan kala ulang 2 tahun dampak dengan PMF disajikan pada Gambar 8.

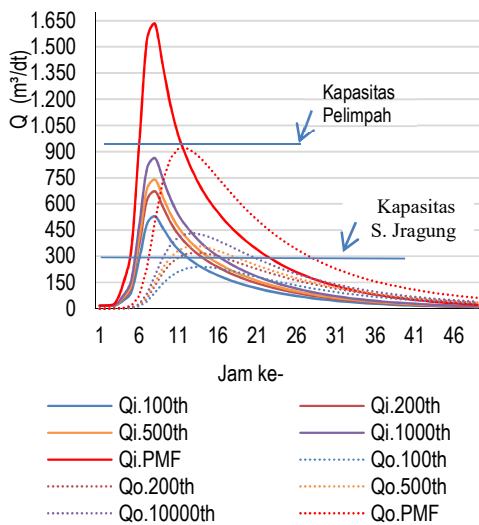
Pada penelusuran banjir dengan debit kala ulang 2 tahun sampai dengan debit PMF menunjukkan bahwa elevasi puncak banjir tidak melebihi elevasi puncak bendungan yaitu pada elevasi +119,5 m. Namun, elevasi waduk pada debit banjir 1000 tahun dan PMF melebihi elevasi tinggi jagaan yang telah direncanakan pada desain tahun 2017, yaitu +117,2 m pada debit 1000 dan +118,6 m pada debit PMF. Hasil simulasi hidrograf banjir menunjukkan bahwa elevasi puncak banjir pada  $Q_{1000}$  berada pada +117,3 m dan  $Q_{PMF}$  pada +118,7 m, sehingga terdapat deviasi muka air sebesar 0,1 m.



**Gambar 6. Inflow - outflow Waduk Jragung kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, (tahun 2022)**



**Gambar 8. Elevasi muka air Waduk Jragung kondisi banjir, (tahun 2022)**



**Gambar 7. Inflow - outflow Waduk Jragung kala ulang 100, 200, 500, 1000, PMF (tahun 2022)**

Penelusuran banjir berdasarkan kala ulang 200, 500, 1000, dan PMF masing-masing memiliki nilai *outflow* sebesar 320 m<sup>3</sup>/dt, 358,5 m<sup>3</sup>/dt, 430,7 m<sup>3</sup>/dt, dan 939,3 m<sup>3</sup>/dt. Debit ini melebihi kapasitas sungai di hilir bendungan yaitu sebesar 274 m<sup>3</sup>/det.

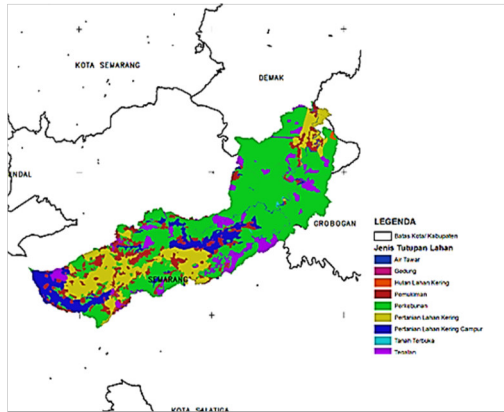
Volume tampungan maksimum hasil simulasi adalah 109,1 juta m<sup>3</sup>. Volume ini nilainya masih lebih kecil dari tampungan waduk maksimum yaitu sebesar 110,6 juta m<sup>3</sup>. Sedangkan, debit *outflow* yang keluar melalui pelimpah di elevasi +115 m masih dalam kondisi aman, karena debit tertinggi yang mengalir di pelimpah sebesar 939,3 m<sup>3</sup>/dt lebih kecil bila dibandingkan dengan kapasitas rencana pelimpah yaitu sebesar 981 m<sup>3</sup>/dt.

Karakteristik hidrograf banjir Waduk Jragung yang digambarkan melalui *debit inflow*, *outflow*, dan elevasi puncak maksimum pada kondisi banjir tahun 2017 dan tahun 2022 ditunjukkan Tabel 3. Peningkatan debit banjir yang terjadi dipengaruhi oleh perubahan komponen penyusun hidrograf banjir, salah satunya adalah faktor tutupan lahan.

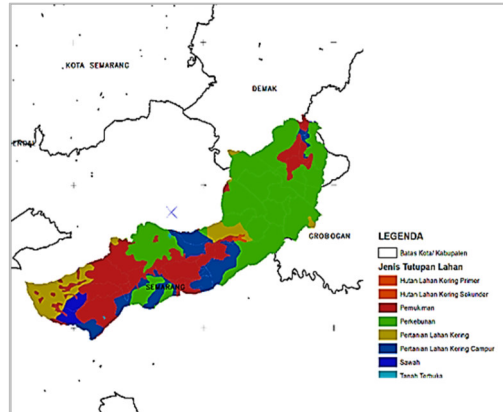
Data spasial tutupan lahan yang digunakan untuk perencanaan Bendungan Jragung adalah data tahun 2017. Untuk mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrograf banjir DTA Waduk Jragung diperlukan analisis tutupan lahan menggunakan data yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI yaitu data tahun 2022. Peta tutupan lahan tahun 2017 dapat dilihat pada Gambar 9 dan tahun 2022 pada Gambar 10.

Parameter tutupan lahan yang berpengaruh terhadap hasil hidrograf banjir yaitu parameter *loss* berupa CN dan % *impervious*. Kedua parameter tersebut dihitung secara komposit atau rerata berdasarkan luas tutupan lahan pada masing-masing subbasin. Hitungan ini menghasilkan prosentase peningkatan nilai CN dan % *impervious* setiap subbasin yang kemudian dibandingkan dengan prosentase peningkatan debit banjir PMF (*Probable Maximum Flood*) setiap subbasin sebagai parameter hidrograf banjir Waduk Jragung.

Perbandingan nilai CN dan *impervious* terhadap debit banjir tahun 2017 dan 2022 dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil perhitungan total nilai CN komposit berdasarkan penggunaan lahan tahun 2017 dan tahun 2022 mengalami kenaikan yang semula 962,40 menjadi 986,11 atau sebesar 2,50%



Gambar 9. Peta tutupan lahan DTA Bendung Jragung, 2017



Gambar 10. Peta Tutupan Lahan DTA Bendung Jragung Tahun 2022

Tabel 3. Karakteristik banjir Waduk Jragung berdasarkan kala ulang n-tahun

Kala ulang (Tahun)	2017			2022		
	Q Banjir (Inflow) m <sup>3</sup> /dt	Q Outflow m <sup>3</sup> /dt	Elevasi puncak banjir (m)	Q Banjir (Inflow) m <sup>3</sup> /dt	Q Outflow m <sup>3</sup> /dt	Elevasi puncak banjir (m)
2	66,4	23,8	115,40	69,9	24,4	115,4
5	114,2	41,6	115,5	128,3	47,2	115,6
10	155,2	57,8	115,7	206,8	80,7	115,8
25	215,5	83	115,8	284,1	116,0	116
50	326,39	104,6	116	408,6	176,6	116,3
100	378,18	129,5	116,1	528,2	239,7	116,6
200	420	161,2	116,3	672,5	320,0	116,9
500	488,14	189,1	116,4	739,1	358,5	117,1
1000	825,1	397,1	117,2	862,8	430,7	117,3
PMF	1586,1	871,2	118,6	1689,6	939,3	118,7

Keterangan

Melebihi kapasitas sungai di hilir bendungan = 274 m<sup>3</sup>/dt

Melebihi batas tinggi jagaan rencana MAB<sub>Q1000</sub> = 117,28

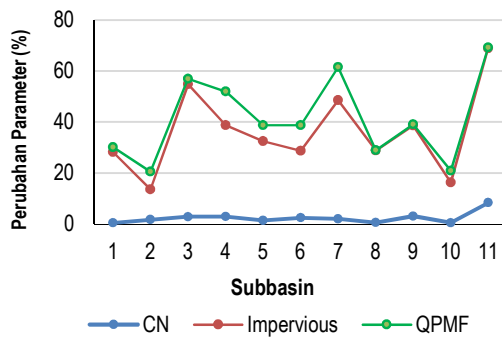
Tabel 4. Nilai CN dan *Impervious* terhadap debit banjir tiap subbasin

Subbasin	Tahun 2017				Tahun 2022				Deviasi (%)		
	Luas	CN	I	Q <sub>PMF</sub>	Luas	CN	I	Q <sub>PMF</sub>	CN	I	Q <sub>PMF</sub>
Subbasin 1	5,80	83,88	4,49	122,10	5,80	84,21	6,22	124,40	+0,40	+27,84	+1,85
Subbasin 2	25,70	86,05	6,42	370,70	25,70	87,56	7,28	398,40	+1,73	+11,84	+6,95
Subbasin 3	3,63	89,05	6,65	108,10	3,63	91,66	13,86	110,40	+2,84	+51,99	+2,08
Subbasin 4	6,30	88,51	7,80	172,40	6,30	91,15	12,16	198,70	+2,89	+35,86	+13,24
Subbasin 5	8,68	88,98	6,35	247,40	8,68	90,26	9,20	264,00	+1,42	+31,04	+6,29
Subbasin 6	12,39	88,12	7,19	160,60	12,39	90,31	9,75	178,60	+2,42	+26,22	+10,08
Subbasin 7	0,61	89,58	6,92	16,70	0,61	91,39	12,96	19,20	+1,98	+46,59	+13,02
Subbasin 8	12,13	89,38	7,44	292,40	12,13	89,85	10,38	292,80	+0,51	+28,26	+0,14
Subbasin 9	2,70	88,61	9,26	62,90	2,70	91,43	14,37	63,20	+3,09	+35,57	+0,47
Subbasin 10	13,64	85,92	5,70	261,10	13,64	86,30	6,77	273,60	+0,44	+15,83	+4,57
Subbasin 11	2,43	84,32	5,91	87,70	2,42	92,00	15,00	88,00	+8,35	+60,59	+0,34
Total		962,40	74,14	1586,10		986,11	117,96	1692,80			
Indek perubahan tutupan lahan									+2,50%		+6,30%

Perubahan tutupan lahan terbesar terjadi pada subbasin 11, yaitu sebesar 8,35%. Perubahan ini didominasi pada peningkatan penggunaan lahan pemukiman sebesar 90% dan pengurangan luasan lahan pertanian dan perkebunan sebesar 10% dari total luas subbasin sebesar 2,50 km<sup>2</sup>.

Untuk parameter *impervious* secara keseluruhan, daerah tangkapan air juga mengalami kenaikan dari semula 74,14 menjadi 117,96 atau sebesar 37,15%. Kenaikan ini disebabkan karena adanya peningkatan luasan pemukiman, dimana nilai koefisien *impervious* pemukiman lebih besar dibanding dengan jenis tutupan lainnya. Hasil tersebut konsisten dengan penelitian lain yang meneliti kontribusi jenis tutupan lahan terhadap proses curah hujan-limpasan, yang menyatakan bahwa peningkatan penggunaan lahan pemukiman mengakibatkan penurunan kemampuan daya serap DAS yang digambarkan dengan kawasan kedap air (*impervious*) dan peningkatan limpasan permukaan (CN) (Gao et al., 2019).

Pada Gambar 11 menunjukkan pola perubahan parameter tutupan lahan berupa CN dan *impervious* terhadap debit banjir pada tiap subbasin. Perubahan parameter *impervious* memiliki pola yang sama terhadap perubahan debit banjir dari tahun 2017-2022. Sedangkan, parameter CN memiliki pola yang berbeda terhadap perubahan parameter *impervious* dan debit banjir. Perubahan parameter CN pada subbasin 1 dan 3 mengalami kenaikan sedangkan, parameter *impervious* dan QPMF mengalami penurunan.



Gambar 11. Perbandingan perubahan tutupan lahan terhadap debit banjir

Hal ini dikarenakan, selain faktor tutupan lahan, parameter CN bergantung pada faktor jenis tanah, berbeda dengan parameter *impervious* yang hanya bergantung pada tutupan lahan (Stathis et al., 2010). Perubahan jenis tutupan lahan DTA Waduk Jragung didominasi oleh penurunan luasan perkebunan, pertanian lahan kering dan tegalan sebesar 10,1%, 36,6% dan 36,2%. Luas tersebut dialih fungsikan menjadi area pemukiman yang mengalami

peningkatan cukup signifikan selama 5 tahun dengan prosentase perubahan sebesar 55,6% yang semula 21 km<sup>2</sup> menjadi 32,7 km<sup>2</sup> (Tabel 5).

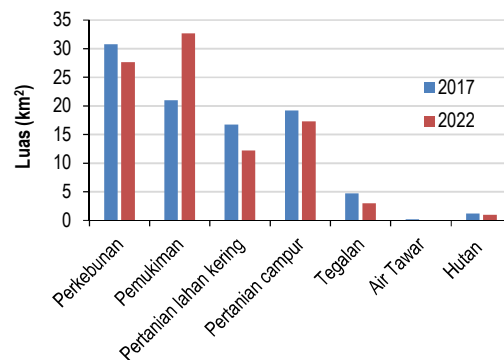
Peningkatan luas pemukiman pada DTA Waduk Jragung yang tinggi tidak menyebabkan kenaikan debit banjir yang tinggi. Hal ini disebabkan karena terjadi penurunan luas terhadap jenis tutupan lahan lainnya, sehingga peningkatan nilai CN dari tahun 2017–2022 tidak terlalu signifikan yaitu 2,5%.

Prosentase peningkatan debit banjir pada DTA Waduk Jragung lebih tinggi dibanding pada perubahan tutupan lahan yang terjadi yaitu sebesar 6,3%. Perbedaan perubahan tutupan lahan dan debit banjir disebabkan karena selain dari faktor tutupan lahan, besaran debit banjir dipengaruhi oleh variabilitas iklim yang terjadi (Suripin, 2016). Perubahan luasan tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 12.

Tabel 5. Deviasi penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	Luas		Deviasi	
	2017 km <sup>2</sup>	2022 km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	%
Perkebunan	30,76	27,6	3,1	-10,1
Pemukiman	21,0	32,7	11,7	+55,6
Pertanian lahan kering	16,7	12,2	4,5	-26,7
Pertanian lahan kering Campur	19,2	17,3	1,9	-9,9
Tegalan	4,7	3	1,7	-36,2
Air Tawar	0,2	0	0,2	-100
Hutan	1,2	1	0,2	-18,6
Total	94	94		

Perubahan tutupan lahan didominasi oleh penurunan luas perkebunan, pertanian lahan kering dan tegalan sebesar 10,1%, 36,6% dan 36,2%. Luas tersebut dialih fungsikan menjadi pemukiman. Pemukiman mengalami peningkatan, dari luas semula 21 km<sup>2</sup> menjadi 32,7 km<sup>2</sup> atau sebesar 55,6%



Gambar 12. Luas tutupan lahan DTA Waduk Jragung tahun 2017 dan tahun 2022



## Kesimpulan

Dari analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrograf banjir waduk dapat disimpulkan sebagai berikut:

Kenaikan debit banjir di DTA Waduk Jragung mempengaruhi perubahan karakteristik hidrograf banjir berupa tinggi muka air maksimum, debit *outflow* banjir, dan waktu puncak banjir. Faktor yang mempengaruhi peningkatan hidrograf banjir salah satunya adalah kondisi tutupan lahan daerah tangkapan air yang digambarkan dengan kenaikan nilai CN sebesar 2,5% dan *impervious* sebesar 37,15%. Perubahan parameter *impervious* memiliki pola yang sama terhadap perubahan debit banjir rencana pada tiap subbasin. Kenaikan nilai kedua parameter tersebut tidak memiliki hubungan yang *linier* dengan kenaikan debit banjir karena terdapat beberapa parameter komponen penyusun hidrograf banjir lain seperti curah hujan dan aliran dasar (*baseflow*). Untuk itu perlu dianalisis lanjut perubahan karakteristik hidrograf banjir terhadap faktor lainnya.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat atas dukungan dana yang telah difasilitasi serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan penelitian ini

## Daftar Pustaka

Aurdin, Yulyana. (2014). Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Karakteristik Hidrograf Banjir (Studi Kasus DAS Dengkeng dan DAS Jlantah Bagian Hulu Bengawan Solo Kabupaten Sukoharjo, Provinsi Jawa Tengah). *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*, 3(1), 1-13.

Azizi, S., Ilderomi, A.R. & Noori, H. (2021). Investigating the effects of land use change on flood hydrograph using HEC-HMS hydrologic model (case study: Ekbatan Dam). *Nat Hazards*, 109,145–160.

BPDAS-HL Pemali Jratun. (2017). *Peta Spasial Tutupan Lahan DTA Bendung Jragung*. Semarang.

BPDAS-HL Pemali Jratun. (2022). *Peta Spasial Tutupan Lahan DTA Bendung Jragung*. Semarang.

Gao, Y., Chen, J., Luo, H. & Wang, H. 2020. Prediction of hydrological responses to land use change. *Science of the Total Environment*, 708, p.134998

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri PUPR No.27 Tentang Bendungan*. Jakarta.

Kodoatie, R. J. (2020). Pengaruh Perubahan Kondisi DAS terhadap Debit Sungai Studi Kasus DAS Waduk Jatigede. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(1), 95-103.

Mahesti, T., Umar, E., Ariadi, A., Prasetyo, S. Y. J., Fibriani, C. (2018). Identifikasi Perubahan Tutupan Vegetasi dan Curah Hujan Kabupaten Semarang Menggunakan Citra Satelit Lansat 8. *Indonesian Journal of Computing and Modelling*, 3(1), 30-42.

Nurdianyoto, I. (2019). Analisis Hujan-Debit Banjir Menggunakan Model HEC-HMS Sub DAS Sadar Kabupaten Mojokerto. *PhD Thesis*. Universitas Brawijaya Malang.PT. Indra Karya. (2017).

Dokumen Preparation of Jragung Multipurpose Dam Project. Semarang: BBWS Pemali Juana.

Sajikumar, N., & Remya, R. S. (2015). Impact of Land Cover and Land Use Change on Runoff Characteristics. *Journal of Environmental Management*, 161, 460-468.

Sari, S. (2012). Studi Limpasan Permukaan Spasial Akibat Penggunaan Lahan Menggunakan Model KINEROS. *Jurnal Teknik Pengairan*, 2(2), 48-58.

Stathis, D., Sapountzis, M., & Myronidis, D. (2010). Assessment of land use change effect on design storm hydrograph using the SCS curve number method. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(9), 1928-1934.

Sosrodarsono, Suyono. (2003). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita. (p) 145.

Suripin, S., & Kurniani, D. (2016). Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Hidrograf Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 119-128.

Torimtubun, A. T. (2018). Analisa Banjir Akibat Keruntuhan Bendungan Banyuwung dengan Menggunakan HEC-RAS. *Undergraduate Thesis*. Universitas Brawijaya