

Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) Ibu Kota Nusantara

Dimas Harya Wisanggeni^{1,*}, Jessica Elisabeth Sitorus¹, Kahar Halim Prima Putra C¹, M. Bagus Adityawan¹

¹Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Indonesia 40132
*penulis koresponden: dimasharyaw@pu.go.id

Abstrak: Pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) dimulai tahun 2022 melalui Penetapan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara, menjadikan Kota Nusantara di Penajam Paser Utara, Kecamatan Sepaku, Provinsi Kalimantan Timur sebagai Ibu Kota Negara (IKN) yang baru untuk menggantikan Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta. IKN dibangun dengan konsep *Sponge City* dengan ide dasar mengubah kota menjadi seperti spons yang mampu menyerap, menyimpan, dan mengelola air hujan secara efektif, sedangkan dalam beberapa tahun kedepan akan terjadi perubahan tata guna lahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) sehingga akan meningkatkan potensi banjir. Studi ini merupakan suatu upaya untuk memprediksi dampak perubahan tutupan lahan yang awalnya Kawasan kehutanan menjadi Kawasan Perkotaan. Lokasi studi berada di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) dengan luas 5960 hektar terdiri dari kawasan hunian, perkantoran, pemerintahan, ruang terbuka hijau. KIPP berada di 3 SubDas yaitu SubDas Sanggai, SubDas Trunen, SubDas Sanggai yang memiliki Sungai Utama Sanggai, Trunen, dan Semuntai. Penelitian ini terbagi dalam 3 bagian yaitu pengumpulan data, permodelan hidrologi, dan analisis sensitivitas banjir terhadap perubahan tutupan lahan. Metode perhitungan debit banjir menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis SCS CN untuk mendapatkan peningkatan debit dan volume limpasan. Analisis Hidrologi menunjukkan terjadi perubahan nilai Curve Number sebesar 10-15% dalam rentang waktu tahun 2020 dan 2035, serta terjadi peningkatan debit puncak dan volume limpasan pada tahun 2035 sebesar 10% dibandingkan pada tahun 2020.

Diterima: 11 Agustus 2024
Diperbaiki: 11 Oktober 2024
Disetujui: 22 Oktober 2024

Kata kunci: IKN Nusantara; Sponge City; Land Use; SCS CN

1. Pendahuluan

Didorong oleh kondisi kritis di Ibu Kota Jakarta seperti kemacetan lalu lintas, penurunan permukaan tanah, polusi, banjir, dan kepadatan penduduk, pada masa kepemimpinan Presiden Joko Widodo tahun 2019-2024 mengeluarkan kebijakan UU No.3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara dimana Ibu Kota Negara Indonesia akan dipindahkan dari DKI Jakarta ke Kota Nusantara di Kabupaten Penajam Paser Utara Timur [1]. Pemilihan lokasi tersebut ternyata memiliki potensi dan ancaman bencana banjir serta permasalahan dalam penyediaan air bersih bagi warganya dengan karakteristik awan basah, penggundulan hutan, dan degradasi DAS. Namun demikian, upaya pengembangan IKN dengan konsep keberlanjutan

dan konsep Sponge City dengan ide dasar mengubah kota menjadi seperti spons yang mampu menyerap, menyimpan, dan mengelola air hujan secara efektif untuk menjaga fungsi lingkungan dan daya dukungnya sehingga kota ini menjadi model bagi perencanaan kota masa depan di Indonesia [2].

IKN dibangun dalam 4 tahap yaitu tahap pertama pada 2022-2024, tahap kedua pada 2025-2029, tahap ketiga pada 2030-2034, tahap keempat pada 2035-2039, serta tahap terakhir pada 2040-2045. Pembangunan saat ini pada tahap 1 yang berfokus pada pembangunan infrastruktur dasar IKN, termasuk kantor pemerintahan, infrastruktur jalan, infrastruktur air bersih, dan pengendalian banjir di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) [3]. Pada daerah tangkapan air di wilayah KIPP akan mengalami perubahan tutupan lahan yang cukup signifikan [4], dengan kondisi awal berupa hutan dan lahan kosong diubah menjadi Kawasan perkotaan, jalan raya, hunian, perkantoran.

KIPP termasuk dalam DAS Sanggai dengan sebagian besar wilayahnya berada di Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara dimana setiap tahun Kecamatan Sepaku selalu terjadi permasalahan banjir karena pengaruh alam (cuaca), kondisi topografis, permasalahan sedimentasi, kapasitas alur sungai, infrastruktur yang kurang memadai serta pengaruh pasang surut.

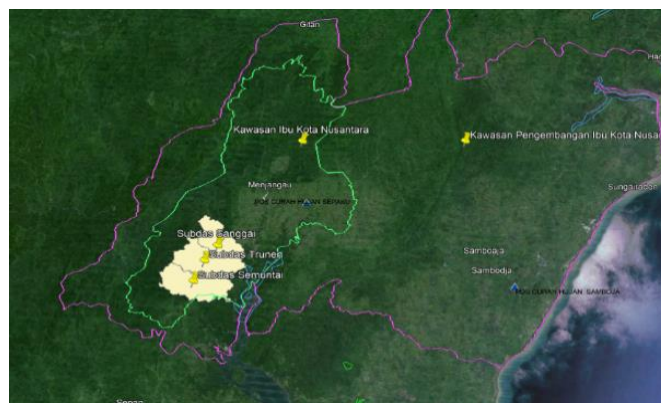
Sejumlah penelitian telah mempertimbangkan dampak perubahan tutupan lahan terhadap banjir; namun hanya sedikit studi tentang dampak perubahan tutupan lahan di masa depan terhadap banjir [5]. Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah untuk menilai dampak dari perkiraan perubahan tutupan lahan terhadap bahaya banjir di masa depan pada KIPP dengan skenario tutupan lahan tahun 2020 dan 2035, melalui perubahan volume dan puncak debit banjir.

2. Metode

2.1 Gambaran Umum

Secara astronomis KIPP terletak pada posisi 116° 31' 37,728" BT dan 0° 59' 22,51" LS dengan Luas Area sebesar 59,6 km² atau 5960 ha yang diproyeksi dihuni oleh 300.000 jiwa. KIPP terdiri dari 3 subdas yaitu Subdas Sanggai seluas 16,6 km², Subdas Trunen seluas 24,5 km², dan Subdas Semuntai seluas 18,5 km². Terdapat 3 (tiga) sungai yang mengalir di Kawasan KIPP yakni sungai Trunen, Semuntai dan anak sungai Sanggai.

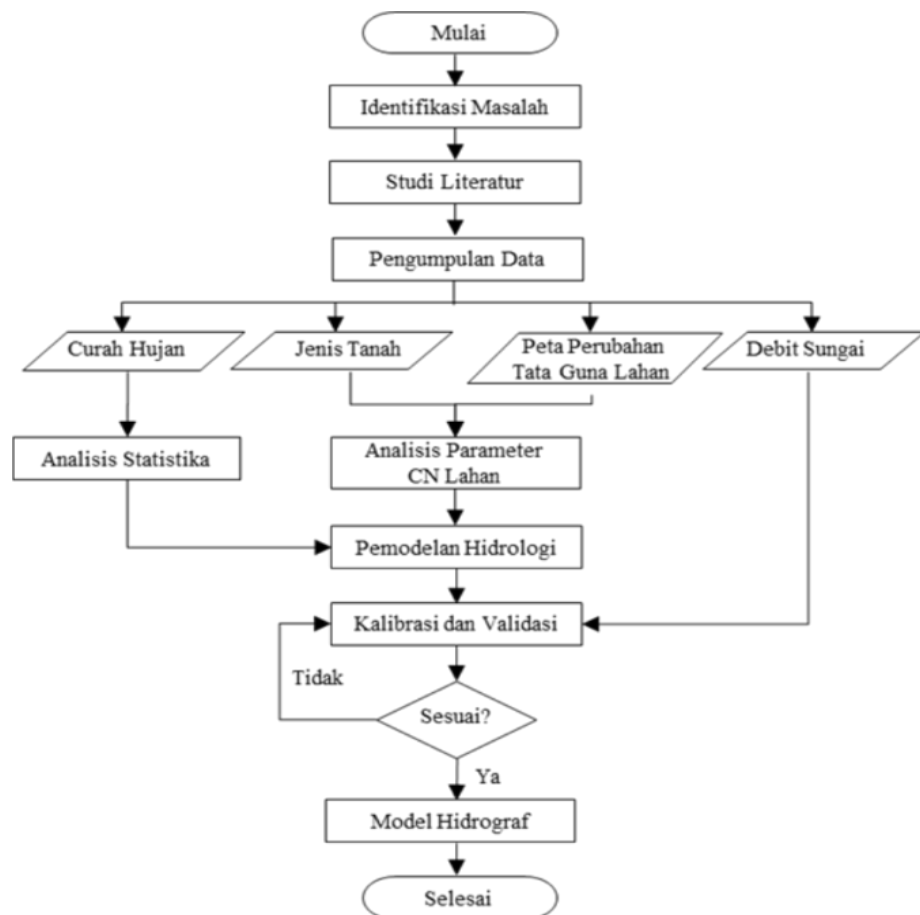
Secara topografi lokasi ini merupakan daerah berbukit (Kawasan KIPP) dan pada bagian hilir relatif datar berupa kawasan rawa. Pengaruh pasang surut laut ditemui mulai dari muara merambat jauh ke arah hulu melintasi jalan propinsi yang ada. Sebagian besar lokasi KIPP memiliki kelas kemiringan antara 10-25% dengan ketinggian 10-75 mdpl. Jenis tanah didominasi oleh lempung, batu lempung. Peta lokasi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Studi (Arsir warna)

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terbagi dalam 3 bagian besar yaitu pengumpulan data, pemodelan hidrologi dan analisis sensitivitas banjir terhadap perubahan tutupan lahan yang dijelaskan dalam **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.2.1 Pengumpulan Data

Tahap pertama adalah identifikasi lokasi penelitian, mengumpulkan data yang diperlukan untuk analisa berupa data primer dan data sekunder. Data sekunder berupa data curah hujan, data jenis tanah, data tutupan lahan. Sedangkan data primer berupa data pengukuran kecepatan.

Data curah hujan diperoleh dari mengunduh data GPM (Global Precipitation Measurement) selama 20 tahun (2003-2022). Pengunduhan data hujan sesuai grid yang sudah terplotkan dengan resolusi $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov>). Data ini akan dikalibrasi dengan data curah hujan dari pos curah hujan (PCH) Balikpapan - Bendali III dengan series data selama periode waktu yang sama.

Data Jenis Tanah berasal dari Harmonized World Soil Database (HWSD), sedangkan data tata guna lahan menggunakan data tata guna lahan tahun 2020 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK) dan data tutupan lahan tahun 2035 dari Rencana Tata Ruang Wilayah Ibu Kota Nusantara.

2.2.2 Analisa Statika (Hujan)

Beberapa parameter hidrologi yang diperlukan untuk melakukan analisis hidrologi meliputi analisis curah hujan rata-rata, analisis frekuensi, distribusi hujan jam-jaman (intensitas hujan) dan analisis debit

dengan Hidrograf Satuan Sintetis. Perhitungan analisis curah hujan menggunakan modul perhitungan debit banjir dengan data satelit [6]. Langkah-langkah nya antara lain:

- Melakukan analisa kualitas data untuk melihat homogenitas data dan ketiadaan *trend* / penyimpangan dengan pengujian uji stationer, uji ketiadaan *trend*, uji persistensi dan uji koonsistensi data. Uji konsistensi data dilakukan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)* guna menguji kebenaran data lapangan terhadap keadaan sebenarnya tanpa terpengaruh kesalahan ketika pengukuran [7]. Sedangkan uji ketiadaan trend dilakukan dengan uji peringkat korelasi Spearman untuk mengetahui ada atau tidak *trend* di dalam data.
- Melakukan uji korelasi kesesuaian (*r*) antara data hujan *GPM* dengan PCH. Data hujan observasi dan satelit dikatakan memiliki korelasi yang baik apabila nilai koefisien korelasinya bernilai 0,60 atau diatasnya [8]. Nilai interpretasi terhadap koefisien korelasi (*r*) ditunjukkan pada Tabel 1 [9]. Rumus nilai korelasi sesuai dengan **Persamaan (1)**.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \tag{1}$$

Tabel 1. Interpretasi nilai *r*

r	Interpretasi
<i>r</i> = 0	Tidak ada korelasi
0 < <i>r</i> ≤ 0,25	sangat lemah
0,25 < <i>r</i> ≤ 0,50	cukup
0,50 < <i>r</i> ≤ 0,75	kuat
0,75 < <i>r</i> ≤ 0,99	sangat kuat
<i>r</i> = 1	sempurna

- Melakukan kalibrasi data hujan *GPM* dengan PCH menggunakan persamaan model regresi linear untuk mencari nilai determinasi (*R*²) [10].
- Selanjutnya didapatkan curah hujan harian terkalibrasi dari persamaan nilai *R*² dan menentukan hujan wilayah *GPM* dengan metode *Thiessen* [11]. Luas pengaruh didapatkan dari luas DAS yang masuk dalam grid *GPM* dibandingkan dengan luas grid *GPM* total [12].
- Parameter DAS akan dikalibrasi selama pemodelan untuk mendapat ketepatan yang baik. Ketepatan model akan diukur dengan 2 cara, yaitu Nash Sutcliffe Efficiency (*NSE*) p dan Root Mean Square Error (*RMSE*) seperti dijelaskan pada **Persamaan (2)** dan **(3)**. Nilai *n* merupakan jumlah data, *X_i* merupakan data hujan PCH, *Y_i* merupakan data hujan *GPM*.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2} \tag{2}$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - Y_i)^2}{n}} \tag{3}$$

Kriteria Nilai *RMSE* berada di angka 0 dan ∞, nilai *RMSE*=0 menunjukkan kinerja sangat baik [13]. Kriteria *NSE* sesuai dengan Tabel 2 berikut [14].

Tabel 2. Interpretasi nilai *NSE*

NSE	Interpretasi
<i>NSE</i> >0,75	Baik
0,36 < <i>NSE</i> < 0,75	Memenuhi
<i>NSE</i> > 0,36	Tidak Memenuhi

- Selanjutnya dilakukan distribusi frekuensi menggunakan distribusi normal, log normal, gumbel, dan log normal serta dilakukan uji distribusi frekuensi dengan cara Chi Square dan Smirnov Kolmogorov. [11].
- Perhitungan distribusi hujan jam jam an menggunakan PSA-007 dengan periode waktu 6 jam. PSA-007 merupakan salah satu penentuan distribusi hujan yang umum digunakan di Indonesia dengan pola genta dimana intensitas hujan paling besar terjadi pada tengah *hyetograph* dan mengecil ke awal dan akhir *hyetograph* [9].
- Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (SUH) oleh Soil Conservation Service (SCS), yang dikenal dengan nama Synthetic Unit Hydrograph dari Natural Resources Conservation Service (NRCS), yang telah diaplikasikan pada DAS berskala kecil dan menengah di seluruh dunia [15].

2.2.3 Analisa Parameter Curve Number

Analisis Parameter CN Lahan menggunakan metode Soil Conservation Service Curve Number untuk menghitung infiltrasi yang terjadi. Besar limpasan yang dibangkitkan tergantung pada tipe tutupan lahan, jenis tanah (Hydrologic Soil Groups/ HSGs) dan karakteristik DAS [17]. Nilai parameter CN bervariasi dari 0 – 100, yang dapat dihitung secara empiris atau dapat disesuaikan dari nilai tabel penelitian yang telah dilakukan, sesuai dengan tutupan lahan DAS dan karakteristik tanah, yang akan dipengaruhi oleh kelembaban tanah. Penilaian kelembaban tanah memerlukan model matematika yang rumit dikarenakan dipengaruhi dinamika ruang-waktu yang kompleks dan membutuhkan kontrol lapangan yang ketat dengan beberapa pengukuran spesifik. Dalam kurun waktu tertentu sebelum terjadi hujan, variabel hidrologi yang berlaku disebut sebagai antecedent rainfall. Variabel ini digunakan untuk mengkarakterisasi tanah basah dan kondisi tanah awal sebelum peristiwa banjir. Untuk menyederhanakan implementasi kelembaban tanah, maka digunakan indeks AMC Soil Conservation Service [18].

2.2.4 Permodelan Hidrologi

Pemodelan hidrologi merupakan bagian penting dari proses analisis hidrologi. Pemodelan memungkinkan analisis yang dilakukan menjadi lebih sederhana dan disesuaikan dengan konsep-konsep teoritis dengan tidak mengabaikan parameter-parameter penting guna mempercepat proses analisis. Salah satu perangkat lunak yang seringkali digunakan dalam pemodelan hidrologi adalah Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System / HEC-HMS dikarenakan keberagaman pilihan model yang dapat digunakan dan kemudahan penggunaan. HEC-HMS didesain untuk mensimulasikan proses hidrologi dari DAS berbentuk dendritic dengan berbagai prosedur analisis hidrologi klasik meliputi infiltrasi, unit hidrograf dan penelusuran hidrologi. Selain dapat membangkitkan hidrograf, perangkat lunak ini juga dapat digunakan untuk estimasi parameter, analisis kedalaman-luas, peramalan aliran dan transpot erosi dan sedimentasi [16]. Perangkat ini akan digunakan untuk memodelkan respon DAS terhadap hujan yang terjadi dalam hasil hidrograf limpasan

2.2.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu [11].

Hidrograf Satuan Sintetis SCS

Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) merupakan metode yang umum digunakan untuk memprediksi besar limpasan dari kejadian hujan tertentu, dikarenakan relatif sederhana namun well- established karena data-data yang diperlukan mudah didapat, terdokumentasikan dengan baik,

serta mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi bangkitan limpasan dan menggabungkannya kedalam satu parameter tunggal [17].

Beberapa simulasi hidrologi akan dijalankan dengan set parameter CN yang berbeda dan dengan parameter simulasi lain bernilai konstan. Simulasi ini menghasilkan kurva debit untuk setiap skenario dan kondisi saat. Persamaan umum bangkitan debit yang dihasilkan dengan metode SCS dapat dilihat pada **Persamaan (4)**.

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)-S} \quad (4)$$

dimana :

Q = debit (m);

P = curah hujan (m);

S = Potensi maksimum retensi setelah terjadi debit(m); dan

la = Abstraksi Awal (pendekatan $la = 0,2S$)

Dengan potensi maksimum retensi didefinisikan sebagai fungsi CN sebagaimana pada **Persamaan (5)**.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254, \quad CN = \frac{\sum(CN_i \times A_i)}{A} \quad (5)$$

Time lag yang terjadi didekati dengan **Persamaan (6)**.

$$tL = \frac{L^{0,8}(25400-22,86CN)^{0,7}}{14104 CN^{0,7}Y^{0,7}} \quad (6)$$

dengan:

tL = time lag (jam);

L = Panjang saluran (km);

I = Kemiringan saluran (m/m');

Qp = debit puncak (m³/s);

A = luas DAS (km²);

Q = debit (mm); dan

Fp = faktor pengatur kolam/rawa

Puncak hidrograf satuan yang terjadi dengan metode SCS didapat dengan **Persamaan (7)**.

$$Up = C \frac{A}{Tp} \quad (7)$$

dimana C = konstanta konversi

Tp= time to peak (jam)

3. Hasil dan Pembahasan

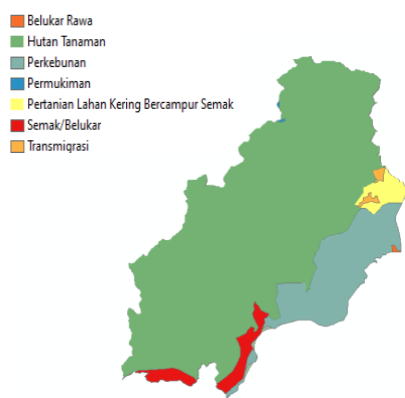
3.1. Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan tutupan lahan merupakan dasar dalam menganalisis debit yang dibangkitkan berdasarkan data curah hujan, bersamaan dengan jenis tanah dan kemiringan lahan, secara langsung mempengaruhi besar infiltrasi yang terjadi serta mengubah besarnya debit limpasan terjadi. Pada analisis ini menggunakan software Arc-Gis dengan data tutupan lahan digunakan tahun 2020 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK) dan data tutupan lahan tahun 2035 dari Rencana Tata Ruang Wilayah Ibu Kota Nusantara. Hasil pengolahan Peta Tutupan Lahan sesuai dengan **Gambar 3** dan **Gambar 4**.

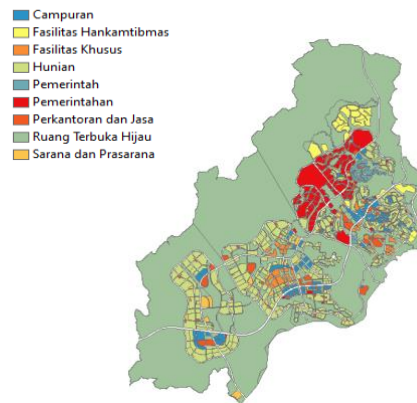
Tutupan lahan pada tahun 2020 didominasi oleh hutan sebesar 78,17% dari total luas KIPP sebesar 59,6 km² diikuti oleh perkebunan sebesar 14,5%, belukar /rawa sebesar 2,5%, pertanian sebesar 2,3% , hutan mangrove sebesar 1,5% permukiman sebesar 0,5%, transmigrasi sebesar 0,5%, dan tubuh air sebesar 0,02%. Sedangkan tutupan lahan pada tahun 2035 didominasi oleh Ruang Terbuka Hijau sebesar 64,5% diikuti oleh hunian sebesar 12%, jalan raya 9%, pemerintahan 5,7% , campuran sebesar 2,5% , fasilitas hankamtibmas (pertahanan, keamanan, ketertiban masyarakat) sebesar 1,9% , perkantoran dan jasa 1,6% , sarana dan prasarana 1,5% , fasilitas khusus sebesar 1,2 %.

Secara keseluruhan dalam kurun waktu 15 tahun akan terjadi perubahan luasan yang signifikan antara hutan tanaman menjadi Kawasan perkotaan. Jumlah luasan hutan mengalami perubahan yang besar dalam rentang waktu 15 tahun dari 46,62 km² menjadi 0 km².

Dinamika perubahan lahan pada sub DAS Sanggai, Trunen dan Semuntai yang didapatkan dari hasil analisis oleh peneliti dapat dilihat pada **Tabel 3**, **Tabel 4**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**.



Gambar 3. Tutupan Lahan Tahun 2020



Gambar 4. Tutupan Lahan Tahun 2035

Tabel 3. Luas tiap jenis tutupan lahan KIPP Tahun 2020

No	Jenis Tutupan	Subdas Sanggai		Subdas Trunen		Subdas Semuntai	
		Luas (km ²)	%	Luas (km ²)	%	Luas (km ²)	%
1	Transmigrasi	0,304	1,82%	0	0,00%	0	0,00%
2	Hutan Tanaman	13,063	78,39%	18,26	74,56%	15,30	82,75%
3	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	1,410	8,46%	0	0,00%	0,00	0,00%
4	Perkebunan	1,346	8,08%	5,67	23,17%	1,53	8,26%
5	Tubuh Air	0,011	0,07%	0	0,00%	0	0,00%
6	Hutan Mangrove Sekunder	0,524	3,14%	0,42	1,71%	0	0,00%
7	Belukar Rawa	0,005	0,03%	0,14	0,56%	1,37	7,39%
8	Peremukiman	0	0,00%	0	0,00%	0,30	1,61%

Tabel 4. Luas tiap jenis tutupan lahan KIPP tahun 2035

No	Jenis Tutupan	Subdas Sanggai		Subdas Trunen		Subdas Semuntai	
		Luas (km ²)	%	Luas (km ²)	%	Luas (km ²)	%
1	Campuran	0,360	2,16%	0,677	2,77%	0,366	1,98%
2	Fasilitas Hankamtibmas	1,112	6,68%	0	0,00%	0	0,00%
3	Fasilitas Khusus	0,030	0,18%	0,672	2,74%	0,012	0,06%
4	Hunian	0,931	5,59%	2,728	11,14%	3,540	19,14%
5	Jalan Raya	1,533	9,20%	2,307	9,42%	1,663	8,99%
6	Pemerintahan	1,913	11,48%	1,479	6,04%	0	0,04%
7	Perkantoran dan Jasa	0,145	0,87%	0,513	2,09%	0	1,46%
8	Ruang Terbuka Hijau	10,445	62,68%	15,781	64,45%	12,26	66,32%
9	Sarana dan Prasarana	0,194	1,17%	0,33	1,35%	0,37	2,00%

Peningkatan luas lahan hunian, jalan raya, perkantoran dan jasa, pemerintahan yang diikuti penurunan luasan hutan dan perkebunan menyebabkan naiknya nilai CN dan kekedapan lahan. Dengan menganalisis luasan tiap kategori tutupan lahan didapat pada tahun 2020 nilai CN sub DAS Sanggai bernilai 75,4 sedangkan pada tahun 2035 senilai 85 atau terjadi peningkatan 12,7% sebesar 9,6. Adapun perubahan nilai CN sesuai **Tabel 5**.

Tabel 5. Perbandingan Nilai CN

No	Jenis Tutupan	Tahun		Selisih	
		2020	2035	15 tahun	%
1	SubDAS Sanggai	75,4	85,0	9,6	12,7%
2	SubDAS Trunen	76,6	86,6	10,0	13,1%
3	SubDAS Semuntai	76,9	89,2	12,4	16,1%

3.2 Permodelan Hidrologi

Pemodelan dilakukan dengan software HEC-HMS dengan titik output hilir dari Sungai Sanggai, Sungai Trunen, Sungai Semuntai sehingga didapatkan luas pengaruh sebesar Model hidrologi dapat dilihat pada **Gambar 5**.



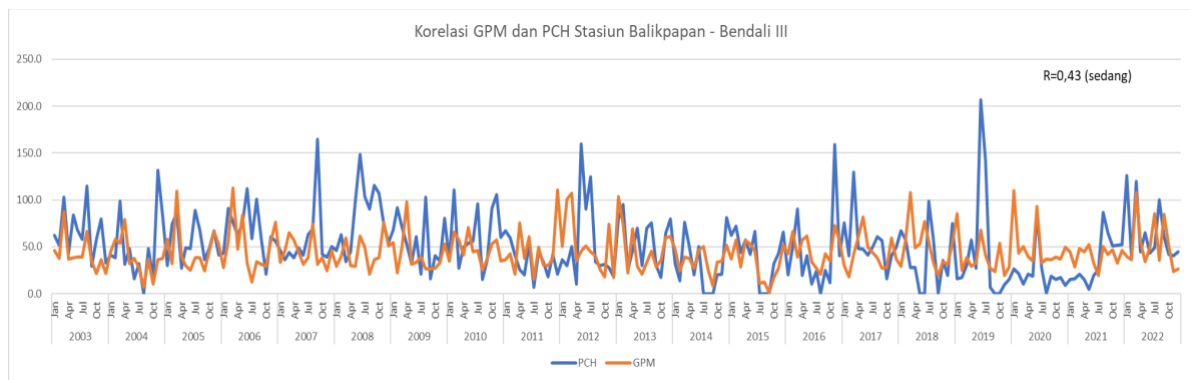
Gambar 5. Permodelan Hec-HMS

3.3 Korelasi Hujan Bulanan GPM dengan Pos Curah Hujan

Korelasi bulanan antara data GPM satelit dengan pos curah hujan di lapangan dilakukan untuk mengetahui korelasi pola dari data satelit dan pos curah hujan tersebut. Berdasarkan dari hasil perhitungan didapatkan nilai korelasi bulanan untuk masing-masing pos curah hujan (PCH) pada tabel 6. Nilai korelasi paling tinggi didapatkan pada PCH Stasiun Balikpapan – Bendali III dengan nilai korelasi yaitu 0,43 (cukup kuat). Pos curah hujan tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai pos curah hujan untuk koreksi data hujan satelit. Perhitungan lengkap hasil korelasi (r), NSE, RMSE sesuai **Tabel 6** dan **Gambar 6**

Tabel 6. Nilai r , NSE, dan RMSE

No.	Pos Curah Hujan	Periode Tahun	Nilai Korelasi (r)	Nash Sutcliffe Efficiency (NSE)	Root Mean Square Error (RMSE)
1	Stasiun Balikpapan - Bendali III	2003-2022	0,43	0,993	1,25
2	Stasiun Semboja Karya	2003-2022	0,32	-	-
3	Tunggal	2003-2022	0,3	-	-
	Stasiun Waru	2003-2022	0,3	-	-



Gambar 6. Nilai Korelasi (r) Data GPM dengan Pos Curah Hujan Stasiun Balikpapan-Bendali III

3.4 Analisis Curah Hujan Wilayah dan Distribusi Frekuensi

Analisis curah hujan wilayah dengan metode Thiessen menggunakan data hujan terkoreksi dengan hasil kalibrasi data hujan GPM dan Pos Curah Hujan Balikpapan - Bendali III dikali dengan luas pengaruh Grid GPM. Adapun hujan rencana didapatkan menggunakan analisis frekuensi metode Gumbel sesuai dengan **Tabel 8**

Tabel 7. Curah Hujan Harian Wilayah Terkoreksi per Subdas

Tahun	Hujan Harian Maksimum Tahunan Terkoreksi		
	Sub-DAS Sanggai	Sub-DAS Trunen	Sub-DAS Semuntai
2003	71,57	75,6	71,69
2004	71,62	77,2	70,77
2005	123,26	96,2	92,55
2006	76,68	103,3	89,15
2007	118,80	200,4	148,95
2008	85,33	87,4	105,74
2009	74,30	57,8	57,23
2010	148,07	129,3	143,39
2011	113,03	100,0	93,47
2012	126,92	142,3	127,69
2013	83,63	76,0	72,51
2014	74,25	91,1	79,75
2015	83,50	62,8	80,27
2016	71,17	71,3	71,77
2017	113,41	160,7	178,77
2018	127,44	141,2	138,93
2019	107,05	107,1	98,04
2020	80,09	84,0	73,91
2021	85,66	107,6	95,55
2022	132,26	109,3	105,13

Tabel 8. Hujan Rencana setiap Periode Kala Ulang

Periode	Hujan Rencana (mm)		
	Sub-DAS Sanggai	Sub-DAS Trunen	Sub-DAS Semuntai
2	91,9	95,8	92,2
5	117,6	132,7	125,4
10	134,6	157,1	147,4
25	156,1	188,0	175,1
50	172,1	210,9	195,8
100	187,9	233,7	216,2
200	203,7	256,3	236,6
1000	240,3	308,8	283,8

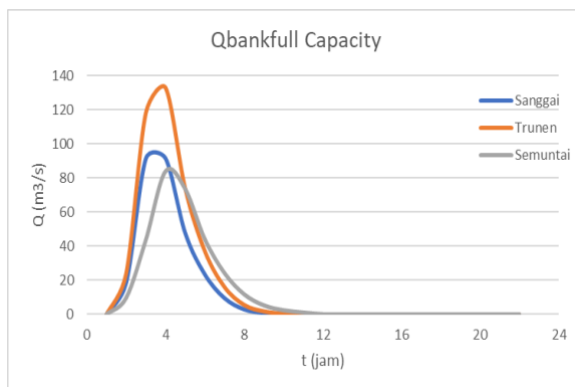
3.5 Kalibrasi Debit Q2

Idealnya, kalibrasi debit banjir dilakukan dengan menggunakan data debit pengamatan di masing masing Pos Duga Air lokasi sungai kajian. Namun karena data debit pengamatan tidak tersedia, maka digunakan metode debit paras penuh (*bankfull*). Besarnya debit bankfull ini dianggap sama dengan debit banjir periode ulang dua tahunan [19]. Pengukuran kecepatan dilakukan menggunakan current meter,

sedangkan luas penampang basah (A) didapatkan dari data pengukuran *cross section* dalam Masterplan DED Das Sanggai [20]. Kalibrasi debit sesuai dengan **Tabel 9** dan **Gambar 7** dan **8**.

Tabel 9. Kalibrasi Debit *Bankfull* dengan Debit Banjir Rencana

SubDAS Sanggai				SubDAS Trunen				SubDAS Semuntai			
Cross Section	A	V	Q	Cross Section	A	V	Q	Cross Section	A	V	Q
Sta. 6500	40,4	2,4	97,0	Sta. 6500	40,9	2,6	106,0	Sta. 6500	81,3	1,1	86,1
Sta. 5500	54,7	2,2	120,3	Sta. 5500	54,1	2,5	137,3	Sta. 5500	218,5	0,4	87,5
Sta. 4500	28,8	2,2	63,4	Sta. 4500	76,6	1,6	123,7	Sta. 4500	316,5	0,3	84,0
Q2 <i>Bankfull</i>			93,5	Q2 <i>Bankfull</i>			122,3	Q2 <i>Bankfull</i>			85,9
Q2 HSS Rencana			91,7	Q2 HSS Rencana			132,9	Q2 HSS Rencana			83,8
Error			2,0%	Error			8,6%	Error			2,4%



Gambar 7. Model Hidrologi Satuan Sintetis *Qbankfull*



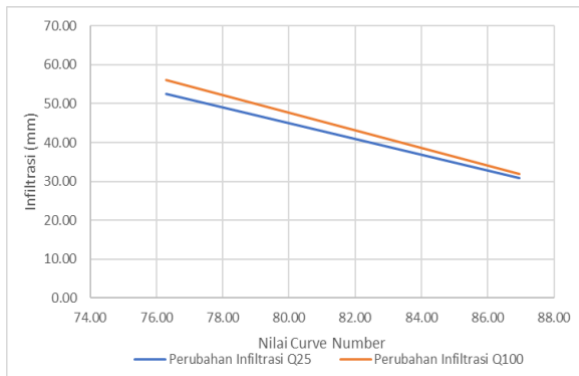
Gambar 8. Pengukuran Kecepatan

3.6 Debit Banjir Rencana

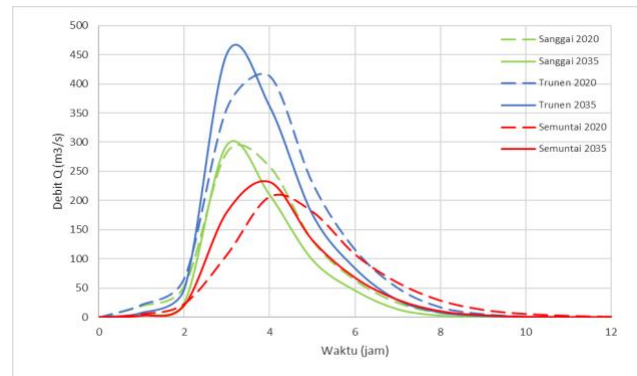
Parameter yang secara langsung berubah dengan berubahnya nilai CN adalah kapasitas infiltrasi tanah. melalui **Gambar 9** dapat dilihat bahwa dengan naiknya CN sebesar 1 poin menyebabkan penurunan kapasitas infiltrasi lahan pada debit periode ulang (Q) 100 tahun di 3 Sub DAS sebesar -4,04%, dengan perbedaan CN ekstrim sebesar 10 atau setara dengan perbedaan infiltrasi hingga 24,14 mm

Pada simulasi debit banjir di masing masing Sub-DAS dengan kala ulang 100 tahun yang telah dilakukan, dihasilkan 2 model hidrograf: Pada Sub-DAS Sanggai debit puncak mencapai 282,9 m³/dt untuk tutupan lahan tahun 2020, dan 295,9 m³/ dt untuk tutupan lahan tahun 2035. Pada Sub-AS Trunen debit puncak mencapai 413,7 m³/dt untuk tutupan lahan tahun 2020, dan 452,5 m³/dt untuk tutupan lahan tahun 2035. Pada Sub-DAS Semuntai debit puncak mencapai 206,4 m³/dt untuk tutupan lahan tahun 2020, dan 231,8 m³/ dt untuk tutupan lahan tahun 2035. Terdapat perubahan waktu puncak / time to peak yang lebih pendek pada kurun waktu 2035 dibandingkan dengan 2020 disebabkan perubahan nilai CN.

Melalui hasil simulasi didapatkan bahwa peningkatan CN menyebabkan peningkatan debit di sub DAS Sanggai sebesar 4,6% , peningkatan debit di sub DAS Trunen sebesar 9,3%, dan peningkatan debit di sub DAS Semuntai sebesar 12,3%. Perbedaan CN ekstrim terjadi pada Sub-DAS Trunen sebesar 10 atau setara dengan perbedaan debit hingga 38,8 m³/dt antara tutupan lahan pada tahun 2020 dan 2035.



Gambar 9. Perubahan kapasitas infiltrasi lahan akibat perubahan nilai CN



Gambar 10. Perbandingan hidrograf pada tiap tutupan lahan

4. Kesimpulan

Kajian ini merupakan upaya untuk memperkirakan dampak perubahan tutupan lahan terhadap bangkitan debit puncak di KIPP dalam 3 Sub-DAS yaitu Sub-DAS Sanggai, Sub-DAS Trunen, dan Sub-DAS Semuntai yang merupakan bagian dari DAS Sanggai, Indonesia. HEC-HMS digunakan untuk menghasilkan hidrograf banjir untuk mengkalibrasi dan mendesain debit banjir. Untuk memperkirakan dampak perubahan tutupan lahan yang terjadi maka digunakan Hidrograf Sintesis Soil Conservation Service (SCS) beserta metode distribusi curah hujan satelit Global Precipitation Measurement (GPM) dengan periode hujan selama 20 tahun. Proyeksi perubahan tutupan lahan pada tahun 2035 yang berasal dari Rencana Tata Ruang Wilayah digunakan untuk menganalisis debit desain. Analisis hidrologi menunjukkan perubahan tutupan lahan berdasarkan tren tutupan lahan yang tercatat menyebabkan peningkatan debit puncak dan volume limpasan pada tahun 2035 sebesar $38,8 \text{ m}^3/\text{dt}$ (10%).

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada teman teman mahasiswa Karyasiswa Superspesialis Morfologi Sungai beserta seluruh pihak yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1]. Saraswati MK, Adi EAW. 2022. Pemandangan Ibu Kota Negara Ke Provinsi Kalimantan Timur Berdasarkan Analisis Swot. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan (JISIP)* 2022;6:4042–52. <https://ejournal.mandalanursa.org/index.php/JISIP/article/view/3086>
- [2]. Suntoro, A., Marbun, A. A. Y., & Nugroho, P. A. 2023. The Flood and Clean Water: The Threat of Building a New Nation's Capital with the Concept of a Forest City (pp. 326–334). https://doi.org/10.2991/978-2-38476-072-5_31
- [3]. Indonesia. 2022. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2022 Tentang Sumber Daya Air. Perincian Rencana Induk Ibu Nusantara (IKN). Sekretariat Negara. Jakarta.
- [4]. Saghafian, B., Farazjoo, H., Bozorgy, B., & Yazdandoost, F. 2008. Flood intensification due to changes in land use. *Water Resources Management*, 22(8), 1051–1067. <https://doi.org/10.1007/s11269-007-9210-z>
- [5]. 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.
- [6]. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2022. Analisis Debit Banjir Desain dengan

- menggunakan Data Hujan Satelit. Jakarta : Balai Teknik Bendungan.
- [7]. Sri Harto, Br. 2009. Hidrologi: Teori Masalah Penyelesaian, Nafiri, Yogyakarta.
- [8]. Mamenun., Pawitan, H., Sophaheluwakan, A. 2014. Validasi dan Koreksi Data Satelit TRMM pada Tiga Pola Hujan di Indonesia, *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 15(1), 13-23.
- [9]. Sarwono. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [10]. Jarwanti, D. P., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. 2021. Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dengan Data Pos Penakar Hujan di DAS Grindulu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 772–785.
- [11]. Triatmodjo B. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset.
- [12]. Pratiwi, D.W., Sujono, J., Rahardjo, A.P. 2017. Evaluasi Data Hujan Satelit untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan menggunakan Cross Correlation, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 1-2 November 2017.
- [13]. Suryoputro, N. 2018. Modifikasi model tangki akibat pengaruh intersepsi dan penyerapan air tanah oleh akar tanaman, Disertasi, Universitas Brawijaya, Malang.
- [14]. Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K. & Rodhe, A. 1999. Validation of a Distributed Hydrological Modelling Against Spatial Observations, *Elsevier Agricultural and Forest Meteorology*, 98, 257 – 277.
- [15]. Ponce, V.M. 1989. Chapter 5: Hydrology of Midsized Catchments. In *Engineering Hydrology: Principles and Practices*; Englewood Cliffs, N.J., Ed.; Prentice Hall: Colorado, 1989; Vol. 1, pp. 153–182 ISBN 0-13-277831-9.
- [16]. Brunner, G. W. 2018. Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System. US Army Corps of Engineering
- [17]. Soulis, K. X., & Valiantzas, J. D. 2012. SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watersheds – the two-CN system approach, *Hydrology and Earth System Sciences*, 3, 1001-1015.
- [18]. Paola, f. D., Ranucci, A., & Feo, A. 2013. Antecedent Moisture Condition (SCS) Frequency Assessment: A Case Study In Southern Italy. *Irrig. and Drain.*, 62, Issue: S2, 61-71.
- [19]. Dunne, T. and Leopold, L.B. 1978. *Water in Environmental Planning*. Freeman, New York, 818 p
- [20]. PT. Vitraha Consindotama KSO PT. Ciriayasa E.C & PT. Indah Karya (Persero). 2021. Masterplan Dan Detail Desain Pengendalian Banjir Dan Drainase Utama DAS Sanggai.; Bandung, 2021.