

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN
DAERAH ALIRAN SUNGAI TAHUN 2013 DAN 2018
TERHADAP PENINGKATAN DEBIT PUNCAK SUNGAI KALIGARANG**

Febrina Mutiara Rosita Pane^{*)}, Andri Suprayogi, L.M. Sabri

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : ftiararpane@gmail.com

ABSTRAK

DAS Kaligarang adalah Daerah Aliran Sungai yang melintasi Kota Semarang, Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal. DAS tersebut memiliki peran yang penting dalam pengairan ketiga wilayah tersebut. DAS ini adalah sistem pengairan utama yang akan mengontrol kondisi pengairan baik saat hujan maupun kemarau. Sistem pengairan utama harus memiliki sistem yang baik agar pengairan di daerah tersebut lancar. Kriteria sistem pengairan yang baik yaitu wilayah DAS yang memiliki daerah resapan air yang cukup untuk mengontrol air limpasan ketika hujan. DAS Kaligarang saat ini termasuk sebagai DAS kritis diakibatkan area tutupan lahan yang banyak beralih fungsi sehingga menyebabkan berkurangnya daerah resapan air dan sedimentasi semakin tahun semakin banyak, sehingga sering terjadi banjir. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap peningkatan debit maksimum Daerah Aliran Sungai Kaligarang. Klasifikasi tutupan lahan dilakukan mengacu dengan klasifikasi penutup lahan USGS dengan 8 kelas tutupan lahan. Perhitungan debit dilakukan dengan menggunakan Metode Rasionalitas yang menggunakan perbandingan antara laju masukan koefisien *run off*, luas dengan laju intensitas hujan. Perhitungan dilakukan per sub DAS yang dibuat dengan pendekatan digitasi *trace* dan mengacu dengan sistem penamaan dari BBWS Pemali Juana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari tahun 2013 – 2018 pertambahan luas lahan terbesar terjadi pada kelas tutupan pemukiman sebesar 977,676 Ha dan kelas tutupan lahan yang mengalami penurunan luas terbesar adalah kelas semak sebesar 1177,439 Ha. Pada tahun 2013 – 2018 nilai koefisien *run off* 0,456. Perubahan nilai koefisien *run off* ini mengakibatkan naiknya debit puncak DAS Kaligarang sebesar 122,87 m³/detik.

Kata Kunci :DAS, Debit Maksimum ,Koefisien *run off*, Tutupan Lahan

ABSTRACT

Kaligarang watershed is a watershed that crosses Semarang City, Semarang Regency and Kendal Regency. The watershed has an important role in the irrigation of the three regions. This watershed is the main irrigation system that will control irrigation conditions both during rain and drought. The main irrigation system must have a good system so that irrigation in the area runs smoothly. Criteria for a good irrigation system is a watershed area that has enough water catchment areas to control runoff water when it rains. The Kaligarang watershed is currently classified as a critical watershed due to land cover areas that have changed functions a lot, causing more water catchment areas and sedimentation to decrease, so that floods often occur. This study was conducted to determine the effect of changes in land cover on increasing the maximum discharge of the Kaligarang Watershed. Land cover classification is carried out in accordance with the USGS land cover classification with 8 land cover classes. Discharge calculation is done by using the Rationality Method which uses a comparison between the run-off coefficient input rate, area and rainfall intensity rate. Calculations are performed in sub-watershed that made using the trace digitization approach and referring to the naming system of BBWS Pemali Juana. The results showed that from 2013 to 2018 the largest increase in land area occurred in the settlement cover class of 977,676 Ha and the land cover class that experienced the largest area decline was bush class of 1177,439 Ha. In 2013 - 2018 the run off coefficient was 0.456. This change in the run-off coefficient results in an increase in the peak discharge of the Kaligarang watershed by 122.87 m³ / sec.

Keyword : Watershed, Maximum Discharge, Run off coefficient, Land Cover

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Peningkatan populasi penduduk mengakibatkan bertambahnya penggunaan lahan disuatu wilayah. Dorongan populasi yang meningkat tersebut akhirnya mengakibatkan bergesernya fungsi lahan, baik itu dari kawasan hutan ke pemukiman atau tegalan ke pemukiman. Pergeseran fungsi lahan yang tak terkendali apabila tidak dipantau akan menyebabkan bencana yang salah satunya yaitu banjir. Semakin meningkatnya fungsi lahan terbangun di suatu kawasan maka laju limpasan air permukaan daerah tersebut semakin tinggi karena tingkat resapan air di daerah tersebut sudah berkurang. Sehingga dibutuhkan tindak pemerintah yang berwenang untuk mengelola tata ruang agar seimbangnya aktivitas manusia kelancaran sistem drainase wilayah tersebut (Subiyanto, S., Bashit, N., Firdaus, H.S., 2017).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Kaligarang merupakan salah satu DAS kritis dengan prioritas penanganan pertama. Menurut (Triastuti, 2017) DAS Kritis adalah daerah yang tidak mampu secara efektif digunakan untuk lahan pertanian, sebagai media pengatur tata air, maupun sebagai perlindungan lingkungan, atau dapat di definisikan sebagai kondisi lahan yang terjadi karena tidak sesuainya kemampuan lahan dengan penggunaan lahannya, sehingga mengakibatkan kerusakan lahan secara fisik, kimia maupun biologis. Hal ini dapat menimbulkan erosi dan sedimentasi dan banjir. Berdasarkan SK Menteri Kehutanan Nomor SK.328/Menhut-II/2009 tanggal 12 Juni 2009, menetapkan 108 DAS kritis dengan prioritas penanganan yang dituangkan dalam RPJM 2010 – 2014. Salah satu DAS kritis yang prioritas untuk segera ditangani adalah DAS Kaligarang. Kerusakan DAS Kaligarang telah mengakibatkan permasalahan lingkungan di Kota Semarang semakin luas.

Hujan deras yang mengguyur Kota Semarang pada tanggal 7 – 8 Februari 2009 mengakibatkan separuh lebih jumlah Kecamatan di Semarang terendam banjir. Banjir kiriman yang terjadi secara periodik setiap tahun dan melanda daerah sekitar pertemuan Kali Kreo, Kali Kripik, dan Kaligarang sampai di Kampung Bendungan umumnya disebabkan oleh peningkatan DAS kreo, DAS Kaligarang dan DAS Kripik dengan meningkatnya intensitas hujan. Selain itu juga berkurangnya kapasitas daya tampung pengaliran tersebut (Wismarini, Ningsih, and Amin 2011).

Berdasarkan masalah tersebut peneliti bermaksud untuk melihat bagaimana pengaruh berkurangnya daerah resapan air pada DAS Kaligarang tersebut dengan meningkatnya nilai debit. Perhitungan ini diverifikasi dengan nilai debit dari pos telemetri DAS Kaligarang sebagai pembanding. Hasil penelitian berupa nilai perubahan tutupan lahan dan nilai debit DAS Kaligarang yang bisa menjadi bahan pemerintah untuk mengelola tata ruang dalam sistem drainase wilayah DAS Kaligarang.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa besar perubahan tutupan lahan di kawasan DAS Kaligarang tahun 2013 dan tahun 2018?
2. Bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan di DAS Kaligarang terhadap debit puncak Kaligarang pada tahun 2013 dan tahun 2018?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui luas perubahan tutupan lahan di kawasan DAS Kaligarang pada tahun 2013 dan tahun 2018 dari citra satelit landsat.
- b. Mengetahui berapa besar pengaruh dari perubahan tutupan lahan di kawasan DAS Kaligarang terhadap peningkatan debit puncak Kaligarang.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah memberi wawasan akan pengaruh perubahan tutupan lahan kawasan DAS Kaligarang terhadap peningkatan debit puncak Kaligarang penyebab terjadinya air limpasan permukaan.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penjelasan umum mengenai permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini agar tidak terlalu jauh dari yang penulis paparkan, maka pembahasan akan dibatasi pada hal-hal berikut ini :

1. Batas wilayah penelitian adalah wilayah DAS Kaligarang yang terletak di Kota Semarang, Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal.
2. Identifikasi tutupan lahan kawasan DAS Kaligarang dilakukan dengan menggunakan citra landsat 7 tahun 2013 dan tahun 2018.
3. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini antara lain curah hujan, pola tutupan lahan, koefisien *run off*, batas DAS, batas sub-DAS.
4. Pembuatan Sub-DAS pada DAS Kaligarang dengan melakukan dilineasi *trace* batas Sub DAS dengan *shapefile* Sungai dan *ridgeline* DAS pada *software* Arcmap 10.3.
5. Klasifikasi tutupan lahan yang dipakai adalah klasifikasi penutup lahan berdasarkan sistem klasifikasi penutup lahan USGS (Anderson *et al*, 1972 dalam Purwadhi and Sanjoto 2010). Klasifikasi terbagi menjadi 8 kelas yaitu, Semak, Hutan, Kebun, Industri, Perairan, Lahan Kosong, Pemukiman dan Sawah.
6. Stasiun curah hujan yang terdapat di daerah DAS Kaligarang yaitu Stasiun Gonoharjo, Lempuyangan, Karang Jati, Medono, Pongangan, Nyatnyono, Karang Malang, Srdondol. Melihat ketersediaan data diinstansi maka dalam penelitian ini digunakan data curah hujan dari stasiun hujan Sumurjurang, Gunung Pati, Kalisari, Ungaran, Mijen

7. Analisis pengaruh perubahan tutupan lahan kawasan DAS Kaligarang terhadap peningkatan debit puncak Kaligarang dilakukan dengan perhitungan debit puncak / debit maksimum DAS Kaligarang dengan metode rasional.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Konsep daerah aliran sungai merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi. Mengingat DAS yang besar pada dasarnya tersusun akan DAS-DAS kecil, dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil lagi. Secara umum DAS dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung, bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan, seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik control (*outlet*). Menurut kamus *Webster*, DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi, yang menerima hujan, menampung, menyimpan, dan mengalirkan ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut (Suripin, 2004).

II.2 Penutup Lahan

Informasi tutupan lahan merupakan hal mendasar dalam sejumlah besar bidang ilmu pengetahuan alam, mulai dari pemodelan iklim dan hidrologi hingga studi siklus biogeokimia, perlindungan lingkungan, konservasi keanekaragaman hayati, dan manajemen sumber daya. Sejak kedatangan penginderaan jauh satelit, pemetaan tutupan lahan telah menjadi salah satu yang paling luas aplikasi yang dipelajari (Yu *et al*, 2014).

Makna klasifikasi adalah proses penetapan objek-objek, kenampakan, atau satuan-satuan menjadi kumpulan-kumpulan didalam suatu sistem pengelompokan yang dibedakan berdasarkan sifat-sifat khusus atau berdasarkan kandungan isinya (Anderson *et.al*,1972).

II.3 Supervised Classification

Proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi merupakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Klasifikasi terbimbing digunakan data penginderaan jauh multispektral yang berbasis numerik, maka pengenalan polanya merupakan proses otomatis dengan bantuan komputer. Konsep penyajian data dalam bentuk numeris / grafik atau diagram. (Purwadhi and Sanjoto 2010).

II.4 Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi penggunaan lahan menurut USGS (*United Status Geological Survey*) merupakan sistem klasifikasi berjenjang, yang didasarkan pada citra penginderaan jauh. Anderson *et al* (1972) mengusulkan sistem klasifikasi penutup lahan secara hirarki mulai tingkat 1 (umum) hingga tingkat 4 (rinci). Sistem klasifikasi penutup lahan tingkat 1 hingga tingkat 2 ditetapkan USGS, dan dibakukan

untuk seluruh dunia, sedangkan klasifikasi penutup lahan tingkat 3 dan 4 masih terbuka, diserahkan kepada pengguna, agar pengguna dapat menciptakan sendiri sesuai keperluan dan kondisi daerahnya (Purwadhi dan Sanjoto, 2010).

II.5 Overlay

Overlay yaitu kemampuan untuk menampalkan grafis satu peta diatas grafis peta yang lain dan kemudian menampilkan hasilnya di layar komputer.*Overlay* menampalkan suatu peta digital pada peta digital yang lain beserta atribut-atributnya dan menghasilkan peta gabungan keduanya yang memiliki informasi atribut dari kedua peta tersebut.

II.6 Matrik Konfusi

Matriks konfusi adalah sebuah matriks yang memperlihatkan hubungan antara hasil klasifikasi berdasarkan interpretasi dengan sampel data yang di dapat sesuai kondisi sebenarnya di lapangan. Melalui matriks konfusi dapat menguji nilai akurasi dari interpretasi misal, klasifikasi tutupan lahan telah sesuai dengan keadaan sebenarnya. Matriks konfusi menghitung besaran dari akurasi pembuat (*producer's accuracy*), akurasi pengguna (*user's accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), dan akurasi kappa (*kappa accuracy*) (Lillesand dan Kiefer, 1994 dalam Arisonang,2015). Menurut Short (1982) dalam Nawangwulan (2013), klasifikasi citra dianggap benar apabila hasil perhitungan matriks konfusi $\geq 80\%$.

Penentuan jumlah sampel data lapangan pada penelitian ini menggunakan formula Anderson (Anderson, Lo 1996) pada persamaan (1) :

$$N=4pq/E^2 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan formula:

- N= Jumlah sampel
- p= Nilai ketelitian yang diharapkan
- q= Selisih antara 100 dan p
- E= Nilai kesalahan yang diterima

Akurasi pembuat (*producer's accuracy*) dihitung dengan membagi sampel yang benar dengan jumlah total sampel per kelas. Pada perhitungan akurasi pembuat (*producer's accuracy*) terdapat kesalahan yang biasa disebut dengan kesalahan omisi (*omission error*). Akurasi pengguna (*user's accuracy*) atau biasa disebut dengan *commission error* dihitung dengan menjumlahkan sampel yang benar dengan total sampel dalam kolom. Nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) diperoleh dengan cara pembagian antara jumlah total sampel yang diklasifikasikan dengan benar terhadap total sampel observasi sehingga dapat menunjukkan tingkat kebenaran citra hasil klasifikasi. Akurasi kappa (*kappa accuracy*) menunjukkan konsistensi akurasi hasil klasifikasi. Akurasi kappa dalam perhitungannya menggunakan seluruh elemen kolom dalam matriks kesalahan (Lillesand dan

Kiefer, 1994). Akurasi sampel dapat dihitung dengan persamaan (2) – (5).

$$User's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

$$Producer's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$Overall Accuracy = \left(\frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{N} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

$$Kappa Accuracy = \left[\frac{N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^n X_{i+} X_{+i}} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan persamaan :
 N = Banyaknya sampel dalam contoh
 X_{i+} = Jumlah sampel dalam baris ke-i
 X_{+i} = Jumlah sampel dalam kolom ke-i
 X_{ii} = Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

II.7 Siklus Hidrologi DAS

Siklus hidrologi merupakan gerakan perputaran air di permukaan bumi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut dan tidak pernah berhenti. Siklus Hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pemanasan air laut oleh sinar matahari merupakan faktor utama dalam proses siklus hidrologi dapat berjalan secara terus menerus. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju ataupun kabut (Asdak, 2010).

II.7.1 Presipitasi (Curah Hujan)

Presipitasi adalah curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda. Mengingat bahwa di daerah tropis presipitasi hanya ditemui dalam bentuk curah hujan, maka presipitasi dalam konteks daerah tropis adalah sama dengan hujan (Asdak, 2010).

Salah satu metode untuk menghitung rata-rata curah hujan yaitu metode isohyet. Isohyet adalah garis lengkung yang merupakan harga curah hujan yang sama. Umumnya sebuah garis lengkung menunjukkan angka yang bulat. Isohyet ini diperoleh dengan cara interpolasi harga-harga curah hujan yang tercatat pada penakar hujan lokal (Rnt). Curah hujan tahunan rata-rata di daerah tersebut menurut (Asdak, 2010) diperoleh dari persamaan (6) dibawah ini :

$$P = \left(\frac{R1a1}{A} \right) + \left(\frac{R2a2}{A} \right) + \dots + \left(\frac{Rnan}{A} \right) \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :
 P = Curah hujan rata-rata (mm)
 R1,R2,Rn = Curah hujan masing-masing alat penakar hujan (mm)
 a1, a2, ..., a_n = Luas untuk masing-masing daerah poligon (ha)
 A = Luas total daerah tangkapan air (ha).

II.7.2 Inverse Distance Weighted (IDW)

Inverse Distance Weighted (IDW) merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (weight) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel (Sudibyakto, 2016).

II.7.3 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi curah hujan dalam periode tertentu, dinyatakan dalam satuan mm/jam (SNI 2415, 2016). Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya.

Untuk perhitungan intensitas curah hujan ini digunakan rumus Mononobe pada persamaan (7) :

$$I = \frac{R24}{24} \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3} \text{ mm/jam} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:
 I = Intensitas Hujan
 R24 = Curah Hujan (mm/jam)
 Tc = waktu konsentrasi

II.7.4 Waktu Konsentrasi Hujan (tc)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari titik terjauh pada suatu DAS ke titik yang ditinjau yang terletak di bagian hilir sungai (SNI 2415, 2016). Tc dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (8) :

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :
 T_c = waktu konsentrasi (menit)
 L = panjang sungai (meter)
 S = beda tinggi antara titik pengamatan dengan lokasi terjauh.

II.7.5 Koefisien Air Larian

Koefisien air larian (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan (Asdak, 2010). Secara umum, koefisien air larian dapat dijabarkan pada persamaan (9) :

$$C = \sum_{i=1}^{12} \frac{(di \cdot Q \cdot 86400)}{(P \cdot A)} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :
 di = Jumlah hari dalam bulan ke-i
 Q = Debit rerata bulanan (m³/detik), dan 86400 adalah jumlah detik dalam 24 jam
 P = Curah hujan rata-rata setahun (m/tahun)
 A = Luas DAS (m²)

II.7.6 Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Sebagian besar debit aliran pada sungai kecil yang masih alamiah adalah debit aliran yang berasal dari air tanah atau

mata air, dan debit aliran air permukaan (air hujan). Aliran air pada sungai kecil pada umumnya lebih menggambarkan kondisi hujan daerah yang bersangkutan. Pada sungai besar, sebagian besar debit alirannya berasal dari sungai-sungai kecil dan sungai sedang di atasnya, sehingga aliran air sungai besar tidak selalu menggambarkan kondisi hujan di lokasi yang bersangkutan (Saraswati, 2017).

II.7.7 Metode Rasional

Metode Rasional adalah metode yang tepat untuk memperkirakan run off permukaan dari tangkapan kecil. Daerah aliran sungai dari penelitian ini lebih besar dari kapasitas yang dapat dilakukan model rasional untuk memprediksi limpasan permukaan. (Erena dan Worku, 2018).

Persamaan matematik metode rasional untuk menghitung besarnya debit puncak dapat dilihat pada persamaan (10) :

$$Q_p = 0,00278 \cdot C \cdot i \cdot A \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

- Q_p = Air larian (debit) puncak (m³/dt)
- C = Koefisien air larian
- i = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas wilayah DAS (ha)

III. Metodologi Penelitian

III.1 Alat dan Data

III.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Perangkat keras (*hardware*) yang terdiri dari :
 - a. Laptop Dell (Intel Celeron 1,60 GHz, RAM 2 GB, Windows 8 64-bit).
 - b. Kamera untuk pengambilan gambar pada saat survei lapangan.
 - c. Flashdisk Sandisk 128 Gb
 - d. Printer EPSON L120
2. Perangkat lunak (*software*) yang terdiri dari :
 - a. Envi 5.1
 - b. ArcGIS 10.3
 - c. Microsoft Word
 - d. Microsoft Excel

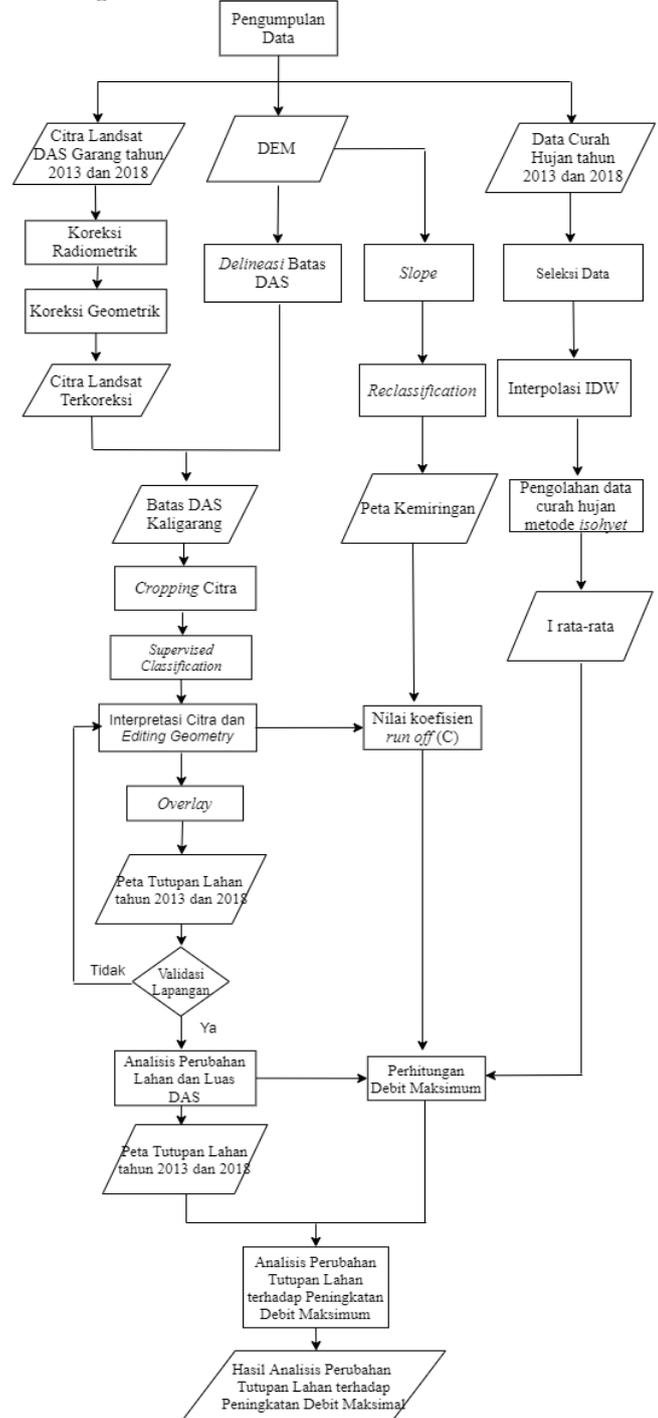
III.1.2 Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data Penelitian

No	Data yang diperlukan	Sumber Data	Daerah Cakupan
1	Citra Landsat 8 OLI Tahun 2013 dan 2018	http://earthexplorer.usgs.gov/	Kota Semarang, Kab. Semarang, Kab. Kendal
2	Peta RBI 1 : 25.000	tanahair.indonesia.go.id	Kota Semarang, Kab. Semarang, Kab. Kendal
3	Data Curah Hujan Tahun 2013 dan 2018	PSDA Jawa Tengah dan BMKG Kota Semarang	Stasiun Hujan Sumurjurang, Gunung Pati, Kalisari, Ungaran, Mijen
4	Data DEMNAS	tides.big.go.id/DEMNAS	Kota Semarang, Kab. Semarang, Kab. Kendal
5	Data debit pos telemetri tahun 2013 dan 2018	Dinas PU Kota Semarang	DAS Kaligarang

III.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.3 Pengolahan Data

III.3.1 Membuat Batas DAS

Batas DAS dapat menunjukkan daerah mana saja yang merupakan bagian dari wilayah DAS dan batas penelitian. Delineasi batas DAS dilakukan dengan menggunakan data DEM dan dilakukan di software Arcmap 10.3. Data DEM tersebut diolah menggunakan tools yang ada di Hydrology pada Arc toolbox untuk mengetahui arah dan akumulasi aliran air. Batas DAS akan terbentuk dengan mendelineasi titik *catchment area* pada bagian hilir aliran air

kemudian menggunakan *tools watershed* dengan input titik tersebut. Batas DAS dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Batas DAS Kaligarang

III.3.2 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometri pada tahap ini dilakukan untuk menghilangkan distorsi pengaruh dari atmosfer. Koreksi radiometrik dilakukan di ENVI 5.1 yang diawali dengan kalibrasi radiometri. Hasil Kalibrasi tersebut kemudian di koreksi radiometrik dengan metode FLAASH.

III.3.3 Uji Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik bertujuan untuk merestorasi citra agar kordinat sesuai dengan kordinat geografi yang sebenarnya. Koreksi geometrik dilakukan dengan metode *image to image* dengan peta RBI. Pada proses ini titik GCP yang diambil 12 titik menyebar pada citra tersebut.

III.3.4 Cropping Citra

Cropping citra dilakukan untuk mengetahui batas penelitian pada citra, selain itu berfungsi untuk mengurangi besar data dan memudahkan saat pemrosesan selanjutnya. *Cropping* dilakukan dengan vektor batas DAS yang diperoleh dari pengolahan DEM. Tahap ini dilakukan menggunakan *software* ENVI.

III.3.5 Supervised Classification

Supervised Classification adalah teknik klasifikasi multispektral berdasarkan warna pada keseluruhan dataset menjadi kelas-kelas. Proses klasifikasi dimulai dengan membuat *training sample* pada citra yang mewakili tiap-tiap kelas klasifikasi. *Training Sample* tersebut di ekstrak menggunakan *tools maximum likelihood classification*. Proses ini dilakukan pada *software* Arcmap 10.3.

III.3.6 Matriks Konfusi

Hasil vektor klasifikasi multispektral perlu dicek kebenarannya terhadap kondisi lapangan yang sebenarnya. Pengujian akurasi klasifikasi tutupan lahan ini diuji dengan matrik konfusi. Setiap kelas klasifikasi tutupan lahan diambil beberapa sampel, kemudian melakukan survei dilapangan. Jika hasil klasifikasi tutupan lahan yang sesuai dengan kondisi lapangan memiliki jumlah yang banyak, maka tingkat

kepercayaan terhadap data hasil klasifikasi semakin tinggi.

III.3.7 Overlay Intersect

Tools ini digunakan untuk menggabungkan dua buah data spasial yang akan memperlihatkan kelas tutupan lahan yang berubah dari tahun 2013 dan 2018. Perintah ini ada di *toolbox Analysis Tools* kemudian *Overlay Intersect*. Pada *Input Features* diisikan kan kelas tutupan lahan 2013 dan 2018 yang ingin digabungkan.

III.3.8 Perhitungan Nilai Debit Puncak

Perhitungan dengan metode ini dilakukan untuk mengetahui debit maksimum DAS Kaligarang dengan menghitung debit per subdas. Perhitungan yang dilakukan yaitu perhitungan terhadap nilai *run off*, intensitas hujan DAS dan luas area DAS.

III.3.8.1 Perhitungan koefisien run off rata-rata (C tertimbang)

Pada metode rasional nilai koefisien *run off* sudah diketahui pada masing-masing kelas tutupan lahan. Setelah itu dilakukan pembobotan sederhana untuk mendapatkan nilai C tertimbang pada masing-masing sub DAS berdasarkan luas tutupan lahannya.

III.3.8.2 Perhitungan Intensitas Hujan

Melakukan interpolasi IDW dengan input nilai curah hujan dari tiap stasiun hujan. Melakukan *intersect* hasil interpolasi dengan batas DAS yang menghasilkan luas *netto* untuk perhitungan rumus I rata-rata sebelum melakukan perhitungan Intensitas hujan.

III.3.8.3 Perhitungan Debit Puncak (Qp)

Perhitungan nilai debit puncak dilakukan pada masing-masing sub DAS dengan mengalikan nilai koefisien *run off*, intensitas hujan dan luas sub DAS. Perhitungan ini menggunakan rumus rasional dan dihitung nilainya pada tahun 2013 dan 2018.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil Uji Koreksi Geometrik

Uji koreksi geometrik dilakukan untuk merestorasi citra supaya kordinat citra sesuai dengan kordinat geografi. Hasil koreksi ini berupa nilai *Root Mean Square* (RMSE) Nilai RMSE koreksi geometri dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Koreksi Geometri

Titik	Koordinat Base Image (piksel)		Koordinat Titik Ikat (piksel)		Δx (piksel)	Δy (piksel)	RMSE (piksel)
	x	y	x	y			
1	5.074,51	3.039,37	5074,40	3039,40	-0,10	0,03	0,11
2	5314,79	3805,08,90	5314,82	3805,02	0,03	-0,05	0,06
3	5900,18	3224,15	5900,22	3224,14	0,04	-0,00	0,04
4	6617,82	2709,85	6617,83	2709,84	0,01	-0,00	0,01
5	5386,27	4916,93	5386,31	4916,92	0,04	-0,00	0,04
6	1246,05	4130,07	1246,07	4129,84	0,02	-0,22	0,22
7	6508,22	2074,27	6508,23	2074,01	0,01	0,14	0,14
8	5743,78	5781,95	5743,71	5782,07	-0,06	0,12	0,14
9	1228,49	4906,68	1228,36	4906,51	-0,12	-0,16	0,21
10	4230,71	3888,46	4230,67	3888,63	-0,03	0,17	0,17
11	3328,39	3746,54	3328,33	3746,59	-0,05	0,05	0,07
12	3052,22	4704,98	3052,24	4704,81	0,02	-0,16	0,16
13.	2072,05	3231,00	2071,91	3231,09	-0,13	0,09	0,16
14.	2456,37	4262,80	2456,04	4262,56	0,03	-0,23	0,24
15.	1204,83	2870,12	1204,82	2870,04	-0,00	-0,07	0,07
16.	4149,51	4888,93	4149,58	4888,82	0,07	-0,1	0,12
17.	6370,02	4243,56	6370,03	4243,68	0,01	0,12	0,12
18.	3855,00	3129,50	3855,01	3128,98	0,01	-0,51	0,51
19.	1032,50	3462,00	1032,65	3462,35	0,15	0,35	0,38
20.	715,25	4567,5	715,294	4567,95	0,04	0,45	0,45
Total RMSE (piksel)							0,219

Berdasarkan tabel 2 , RMSE rata-rata dari proses uji koreksi geometrik citra Landsat 8 terhadap Peta RBI tahun 2018 adalah sebesar 0,219 piksel. Maka dapat diartikan bahwa pada citra terjadi pergeseran sebesar $0,219 \times 30$ meter = 6,57 meter. Uji ketelitian CE90 dihitung dengan rumus sebagai berikut:

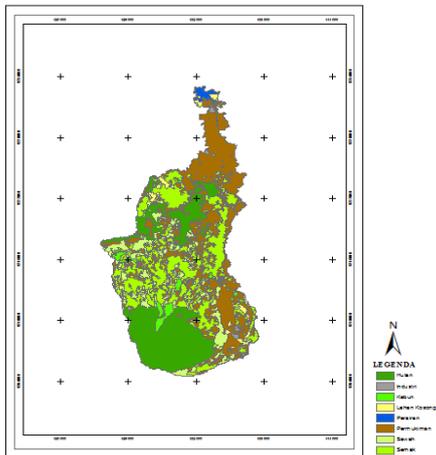
$$CE90 = 1,5175 \times 6,57 = 9,96 \text{ m}$$

Nilai CE90 RMSE citra Landsat 8 tahun 2018 adalah sebesar 9,96 meter. Hasil akhir tersebut menunjukkan bahwa RMSE memenuhi nilai ketelitian lebih kecil dari 1 piksel sudah dianggap benar . Kelas ketelitian peta ini adalah ketelitian horizontal kelas 1 pada skala 1:50.000.

IV.2 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

IV.2.1 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2013

DAS Kaligarang memiliki luas 21.130,27 Ha yang berada di 3 wilayah administrasi yaitu Kota Semarang, Kabupaten Kendal dan Kabupaten Semarang. Berikut adalah peta tutupan lahan DAS Kaligarang Tahun 2013 yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Peta Tutupan Lahan DAS Kaligarang Tahun 2013

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat luas masing-masing kelas tutupan lahan DAS Kaligarang tahun 2013. Kelas tutupan lahan yang memiliki luas paling besar adalah kelas permukiman sebesar 6788,44 Ha. Kelas tutupan lahan paling kecil adalah kelas industri sebesar 118,067 Ha dari total luas keseluruhan DAS sebesar 21130,3 Ha.

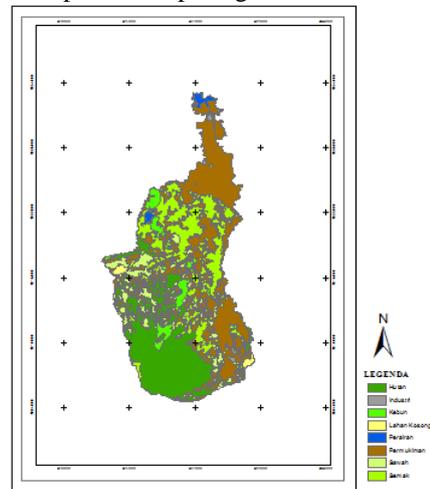
Tabel 3 Luas Lahan DAS Kaligarang Tahun 2013

NO	Tutupan Lahan	Luas (Ha)
1	Hutan	5237,69
2	Industri	118,067
3	Kebun	507,75
4	Lahan Kosong	433,606
5	Perairan	200,196
6	Permukiman	6788,44
7	Sawah	2042,07
8	Semak	5802,45
	Luas Total	21130,3

IV.2.2 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2018

Pada tahun 2018 ini terdapat perubahan tutupan lahan dari tahun 2013. Perubahan terbesar yaitu terjadi

pada kelas permukiman terutama di Kota Semarang dan Kabupaten Semarang. Semakin padatnya permukiman maka akan mempengaruhi tingkat resapan air di daerah tersebut. Peta tutupan lahan DAS Kaligarang tahun 2018 dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Peta Tutupan Lahan DAS Kaligarang Tahun 2018

Berdasarkan tabel 4 terlihat kelas tutupan lahan dengan luas terbesar adalah kelas permukiman dengan luas 7766.111 Ha. Sedangkan kelas tutupan lahan dengan luas terkecil adalah Industri dengan luas 119.6582 Ha.

Tabel 4 Luas Lahan DAS Kaligarang Tahun 2018

NO	lahan2018	Luas
1	Hutan	5270,703
2	Industri	119,6582
3	Kebun	964,2153
4	Lahan Kosong	183,5152
5	Perairan	253,0771
6	Sawah	1947,98
7	Semak	4625,009
8	Permukiman	7766,111
	Luas Total	21130,27

IV.3 Hasil Perhitungan C_{tertimbang}

Pada metode rasional, nilai koefisien *run off* adalah nilai yang sudah diketahui besarnya berdasarkan jenis tutupan lahannya. Masing-masing nilai C pada kelas tutupan lahan kemudian dilakukan pembobotan sederhana untuk mendapatkan nilai C_{tertimbang}. Nilai C_{tertimbang} dihitung pada masing-masing sub DAS berdasarkan luas sub DAS tersebut. Nilai koefisien *run off* DAS Kaligarang tahun 2013 dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Nilai Koefisien C_{tertimbang} DAS Kaligarang Tahun 2013

Nama sub DAS	C _{tertimbang}
Sub DAS Garang Hilir	0,451
Sub DAS Garang Hulu	0,302
Sub DAS Kreo	0,263
Sub DAS Kripik	0,288

Pada masing-masing sub DAS memiliki nilai koefisien *run off* yang berbeda-beda. Nilai koefisien *run off* terbesar adalah sub DAS Garang Hilir sebesar 0.451. Hal ini karena pada sub DAS Kaligarang Hilir adalah kawasan perkotaan Kota Semarang yang kelas tutupan itu memiliki koefisien *run off* yang tinggi. Sedangkan nilai koefisien *run off* terkecil adalah sub DAS Kreo yaitu 0.263. Hal itu karena sub DAS Kreo adalah daerah bervegetasi seperti hutan, semak, sawah yang memiliki nilai koefisien *run off* yang kecil. Nilai koefisien *run off* DAS Kaligarang tahun 2018 dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Nilai Koefisien $C_{tertimbang}$ DAS Kaligarang Tahun 2018

Nama sub DAS	$C_{tertimbang}$
Sub DAS Garang Hilir	0,907
Sub DAS Garang Hulu	0,310
Sub DAS Kreo	0,276
Sub DAS KripiK	0,293

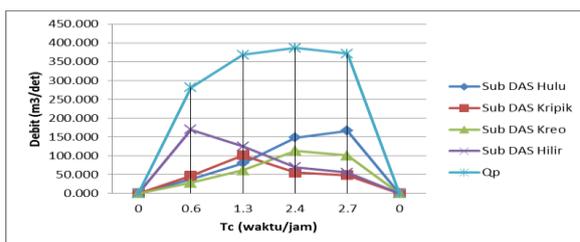
Pada tahun 2018 terlihat pada tabel 6, nilai koefisien *run off* hampir pada masing-masing sub DAS Kaligarang mengalami kenaikan dari tahun 2013. Nilai terbesar yaitu sub DAS Hilir sebesar 0,907 dan nilai koefisien *run off* terkecil adalah 0,276 yaitu sub DAS Kreo.

IV.4 Hasil Perhitungan Debit Puncak Metode Rasional

Metode Rasional adalah metode yang digunakan untuk menghitung debit puncak atau maksimum. Pada penelitian ini besar nilai debit maksimum dihitung pada masing-masing sub DAS Kaligarang, dilakukan secara *time series* yaitu pada tahun 2013 dan 2018. Besar nilai debit puncak pada metode ini dipengaruhi oleh besar nilai koefisien *run off*, Intensitas Hujan dan luas wilayah sub DAS. Nilai Debit puncak DAS Kaligarang tahun 2013 dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Tabel Hidrograf Debit Puncak DAS Kaligarang Tahun 2013

Tc (jam)	Sub DAS Hulu	Sub DAS KripiK	Sub DAS Kreo	Sub DAS Hilir	Qp
0	0	0	0	0	0
0,6	36,99	46,79	28,32	169,1	281,2
1,3	80,15	101,38	61,38	125	367,91
2,4	147,97	54,91	113,32	70	386,2
2,7	166,47	48,81	100,7	55	370,98
0	0	0	0	0	0



Gambar 5 Hidrograf Debit Puncak DAS Kaligarang Tahun 2013

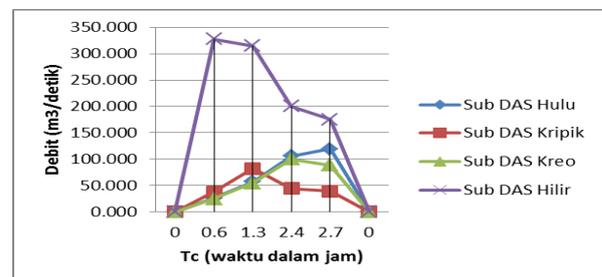
Pada tabel 7 dan gambar 5 terlihat bahwa debit maksimum DAS Kaligarang tahun 2013 adalah sebesar 386.2 m³/detik yaitu pada Tc ke 2,7 dan debit minimum sebesar 281,2 m³/detik pada tc ke 0,6.

Masing – masing sub das dicari nilai debitnya pada saat Tc yang sama dengan cara interpolasi sederhana sehingga dapat diperoleh hasil pada tabel 7. Kemudian nilai debit maksimum dapat dilihat dari hasil kumulatif nilai debit dari masing – masing sub das di Tc yang sama.

Tabel 8 Tabel Hidrograf Debit Puncak DAS Kaligarang Tahun 2018

Tc	Sub DAS Hulu	Sub DAS KripiK	Sub DAS Kreo	Sub DAS Hilir	Qp
0	0	0	0	0	0
0,6	26,5	37,78	25,05	327,4	416,73
1,3	57,43	81,86	54,78	315	509,07
2,4	106,03	44,34	100,22	200	450,59
2,7	119,29	39,41	89	175	422,7
0	0	0	0	0	0

Pada tabel 8 bahwa debit puncak sub DAS terbesar adalah sub DAS Hilir sebesar 327.4 m³/det dan debit minimum sub DAS paling kecil adalah sub DAS KripiK sebesar 81.86 m³/det. Hal ini disebabkan pada sub DAS Hilir mengalami kenaikan nilai koefisien *run off* terutama pada kelas pemukiman dan industry sedangkan sub DAS KripiK, yang dikarenakan daerah ini memiliki banyak kelas vegetasi dibandingkan area sub DAS lainnya.



Gambar 6 Hidrograf Debit Puncak DAS Kaligarang Tahun 2018

IV.5 Analisis Perubahan Tutupan Lahan 2013 dan 2018

Analisis perubahan tutupan lahan pada tahun 2013 dan 2018 dilakukan dengan metode *overlay Intersect* pada seluruh kelas tutupan lahan tahun 2013 dan 2018. Hasil *intersect* tutupan lahan tahun 2013 dan 2018 dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Perubahan luas tutupan lahan DAS Kaligarang tahun 2013-2018

NO	Tutupan Lahan	Luas Lahan (Ha)		Perubahan Lahan (Ha)	Taraf Signifikansi	Keterangan
		2013	2018			
1	Hutan	5237,69	5270,7	33,011	36,2998	Tidak Berubah Signifikan
2	Industri	118,067	119,658	1,591	5,46942	Tidak Berubah Signifikan
3	Kebun	507,75	964,215	456,465	15,5259	Berubah Signifikan
4	Lahan Kosong	433,606	183,515	-250,091	6,77339	Berubah Signifikan
5	Perairan	200,196	253,077	52,881	7,9542	Berubah Signifikan
6	Sawah	2042,07	1947,98	-94,093	22,068	Berubah Signifikan
7	Semak	5802,45	4625,01	-1177,439	34,0037	Berubah Signifikan
8	Pemukiman	6788,44	7766,11	977,676	44,0628	Berubah Signifikan

Pada tabel 9 dapat dilihat bahwa seluruh kelas tutupan lahan mengalami perubahan luasan. Penurunan luas terbesar adalah kelas tutupan lahan semak sebesar 1177,44 Ha. Peningkatan luas lahan terbesar terlihat pada kelas permukiman yaitu sebesar 977,68 Ha. Berdasarkan rumus toleransi signifikan perubahan luas didapatkan bahwa semua kelas berubah signifikan kecuali hutan dan industri karena luas perubahannya lebih kecil dari nilai toleransi.

IV.6 Analisis Matriks Konfusi

Matriks konfusi adalah tabel yang membandingkan antara data hasil interpretasi citra dengan hasil validasi lapangan. Matrik konfusi ini digunakan untuk mendapatkan tingkat akurasi dari hasil klasifikasi multispektral kelas tutupan lahan. Hasil matrik konfusi dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Hasil Matriks Konfusi

Klasifikasi	Interpretasi Citra								
	Hutan	Industri	Lahan Kosong	Kebun	Pemukiman	Perairan	Semak	Sawah	Jumlah
Hutan	5	0	0	0	0	0	0	0	5
Industri	0	4	0	0	0	0	0	0	4
Lahan Kosong	0	0	3	0	1	0	0	0	4
Kebun	1	0	0	6	0	0	0	0	7
Pemukiman	0	0	0	0	15	0	0	0	15
Perairan	0	0	0	0	0	4	0	0	4
Semak	0	0	0	0	0	0	10	0	10
Sawah	0	0	0	1	0	0	0	14	15
Jumlah	6	4	3	7	16	4	10	14	64

Berdasarkan tabel 10 dapat dihitung nilai *user's accuracy*, *producer's accuracy*, *overall accuracy* dan *kappa accuracy*. Perhitungan *user's accuracy* dan *producer's accuracy* dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11 Tabel *user's accuracy* dan *producer's accuracy*

No.	Klasifikasi Penggunaan Lahan	User Accuracy	Producer Accuracy
1	Hutan	100%	83%
2	Industri	100%	100%
3	Lahan Kosong	75%	100%
4	Kebun	86%	86%
5	Pemukiman	100%	94%
6	Perairan	100%	100%
7	Semak	100%	91,67%
8	Sawah	93%	100%

User's accuracy dihitung berdasarkan jumlah sampel yang benar dibagi dengan jumlah total sampel. Berdasarkan nilai *User's accuracy* pada tabel 11, nilai tersebut bahwa sudah dapat diterima karena melebihi 70%.

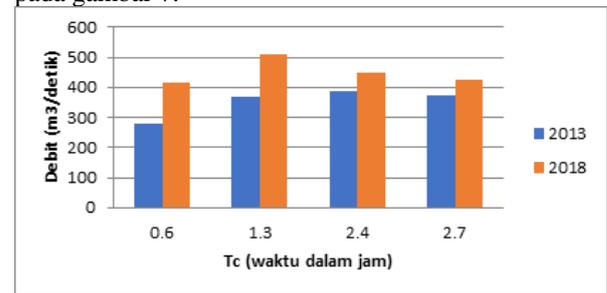
Pada tabel 11 semua nilai *producer's accuracy* terlihat berada diatas 70%. Berdasarkan hasil ini dapat dikatakan bahwa *producer's accuracy* dapat diterima karena memiliki nilai lebih besar dari 70%.

Nilai *overall accuracy* yang didapat sebesar 95 %, dan untuk nilai *kappa accuracy* sebesar 94,30%. Klasifikasi citra dianggap benar jika hasil perhitungan

matriks konfusi $\geq 80\%$ (Short, 1982 dalam Nawangwulan, 2013). Nilai *overall accuracy* dan *kappa accuracy* dari perhitungan matriks konfusi pada penelitian ini sudah memiliki nilai lebih dari 80%.

IV.7 Analisis Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Peningkatan Debit Sungai

Hasil perubahan tutupan lahan dari tahun 2013 dan 2018 memperlihatkan terjadinya perubahan luas. Perubahan luas yang terjadi yaitu pemukiman. Daerah pemukiman yang sangat padat seperti perkotaan memiliki tingkat resapan air yang sedikit. Hal ini ditunjukkan pada hasil debit dari perhitungan dan pos telemetri bahwa dari tahun 2013 ke 2018 DAS Kaligarang memperlihatkan kenaikan nilai debit. Perubahan debit tahun 2013 dan 2018 dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Grafik perubahan debit puncak DAS Kaligarang tahun 2013 dan 2018

Pada tahun 2018 debit puncak tertinggi yaitu pada Tc 1,3 senilai 509.07 m³/det. Pada tahun 2013 debit puncak tertinggi pada Tc ke 2,4 senilai 386.2 m³/det. Berikut adalah perbandingan nilai debit puncak antara metode rasional dengan pos telemetri pada tabel

Tabel 12 Perhitungan Nilai Debit Puncak Metode Rasional

Metode	2013	2018
Rasional	386,2	509,07

Tabel 13 Nilai Debit Puncak DAS Kaligarang dari Pos Telemetri

Tahun	Qp (m3/det)
2013	360
2018	546

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang

Pada kedua tabel diatas dapat dilihat nilai debit puncak dari tahun 2013 dan 2018 meningkat. Pada tabel dapat dilihat bahwa terdapat selisih 26,2 m³/detik pada tahun 2013 dan 36,93 pada tahun 2018.

V. Hasil dan Kesimpulan

V.1 Kesimpulan

1. Pada hasil penelitian perubahan tutupan lahan yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa citra landsat dapat mengidentifikasi perubahan tutupan lahan tahun 2013 dan tahun 2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas tutupan lahan yang berubah signifikan dari kurun waktu

5 tahun adalah kelas kebun, lahan kosong, perairan, sawah, semak dan pemukiman. Kelas tutupan lahan yang tidak berubah signifikan adalah hutan dan industri. Pengurangan lahan terbesar terjadi pada kelas tutupan lahan yaitu berkurang semak sebesar 1177,439 Ha sedangkan penambahan lahan terbesar terjadi pada kelas tutupan lahan pemukiman yaitu bertambah sebesar 977,676 Ha.

- Perhitungan nilai koefisien run off dari masing-masing sub DAS Kaligarang mengalami peningkatan. Pada tahun 2013 nilai koefisien run off terdapat pada sub DAS Garang Hilir senilai 0,451 sedangkan nilai koefisien run off terkecil terdapat pada sub DAS Kreo sebesar 0,263. Pada tahun 2018 nilai koefisien run off terdapat pada sub DAS Garang Hilir sebesar 0,907 dan nilai terkecil terdapat pada sub DAS Kreo sebesar 0,276. Peningkatan nilai koefisien run off ini menyebabkan semakin tingginya nilai debit maksimum suatu sungai. Nilai debit DAS Kaligarang dalam kurun waktu 5 tahun menurut data pos telemetri naik sebesar 186 m³/detik sedangkan menurut hasil perhitungan naik sebesar 122,87 m³/detik. Pada hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai perbedaan debit perhitungan metode rasional dengan nilai pos telemetri tidak lebih dari 10%. Hasil dari analisis perhitungan dapat disimpulkan bahwa metode rasional dapat memprediksi debit puncak suatu DAS.

V.2 Saran

Berikut adalah saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya agar dapat dilaksanakan dengan lebih baik yaitu :

- Memastikan ketersediaan data curah hujan yang dibutuhkan di instansi terkait sebelum meneliti.
- Menggunakan citra resolusi tinggi dengan pendekatan digitasi sehingga hasilnya semakin akurat.
- Meneliti perubahan lahan dengan periode temporal paling tidak 10 tahun agar perubahan yang signifikan terlihat pada tutupan lahannya.
- Menghitung nilai debit maksimum berperiode dengan metode log person tipe III dengan data curah hujan yang diolah dengan metode log normal sehingga nilai debit yang didapat semakin akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson J.R. et.al, 1972. A Land Use and Land Cover Clasification System for Use with Remote Sensor Data, Geological Survey Profesional Paper 1964, US Government Printing Office, Washington D.D.
- Arison dang, Virgus. 2015. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Segmentasi Berbasis Algoritma Multiresolusi. *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*.4(1):10-19.
- Asdak, Chay. 2010. Hidrologi Dan Oengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Erena dan Worku. 2018. Dynamics of land use land cover and resulting surface runoff management for environmental flood hazard mitigation: The case of Dire Daw city, Ethiopia. *ELSEVIER : Journal of Hydrology: Regional Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100598>.
- Nawangwulan, Nila Hapsari. 2013. Analisis Pengaruh Perubahan Lahan terhadap Hasil Produksi Tanaman Pangan di Kabupaten Pati Tahun 2001- 2011. Skripsi, Semarang: Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro
- Purwadhi., Hardiyanti., dan Tjaturahono Sanjoto.2010. Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh. https://geoedu224.files.wordpress.com/2018/08/1_pengantar-interpretasi-citra-penginderaan-jauh.pdf (accessed 20.8.2019).
- Saraswati, Galuh. 2017. Analisis Perubahan Tutupan Lahan DAS Blorong Terhadap Peningkatan Debit Maksimum Di Sungai Blorong Kabupaten Kendal. Skripsi, Semarang: Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- SNI 2415. 2016. *In . Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Badan Standarisasi Nasional.
- Subiyanto, S., Bashit,N.,Firdaus, H.S. 2017. Analysis of Suitability Built-up Land on the Development Region in District Banyumanik. *Jurnal. Dalam : The 8th Rural Research and Planning Group International Conference* di Yogyakarta, 16-17 Mei.
- Sudibyakto.2016. Pemodelan Hujan Wilayah Di Pulau Jawa. *Jurnal. Dalam: Seminar Nasional Sains Atmosfer di Bandung*, 21 April.
- Suripin.2004. Pelestarian Sumber Daya Tanah Dan Air. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Triastuti, Aprilia.2017. Analisis Kekritisn Lahan Di Sub Das Samin Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi. *Jurnal Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Th.Dwiati Wismarini., Dewi Handayani Untari Ningsih., dan Fatkhul Amin. 2011. Metode Perkiraan Laju Aliran Puncak (Debit Air) Sebagai Dasar Analisis Sistem Drainase Di Daerah Aliran Sungai Wilayah Semarang. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*. 16 (2) : 124 - 132.
- Kementerian Kehutanan, 2014. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK.328/MENHUT-II/2009 Tentang Penetapan DAS Prioritas Dalam Rangka RPJM Tahun 2010-2014.
- Yu, L. *et al*. Meta- discoveries from asynthesis of satellite-based land-cover mapping research. *Int. J. Remote Sens.* 35 (13). 45734588. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.930206>.