

Pemetaan Daerah Genangan Banjir dan Keterkaitan dengan Penggunaan Lahan, Jenis Tanah dan Curah Hujan di Kabupaten Konawe Utara

Flooded Area Mapping and Its Relationship to the Land Use, Soil Type, and Rainfall in North Konawe Regency

Bowo Eko Cahyono^{*}, Ervina Ikke Septiyas Putri, Agung Tjahjo Nugroho
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
^{*}E-mail: bowo_ec.fmipa@unej.ac.id

ABSTRACT

The flood incident in North Konawe Regency, Southeast Sulawesi that occurred on June 2nd, 2019 was the largest flood disaster in that area since the last 42 years, so it is interesting to study. As part of disaster risk management, it is necessary to do flood mapping to determine the distribution of flooded areas and identify areas that have potential for flooding. Mapping of flood inundation areas was carried out using Sentinel-1 data. Land use, rainfall and soil types are used as an analysis of their were relationship to the distribution of flood. The distribution of flood based on the identification of the presence of inundation covered 3 sub-districts, namely Oheo District, Asera District and Andowia District. Correlation of flood distribution to the land use, rainfall and soil type was identified using Pearson correlation value (r). The correlation between flood distribution and land use was -0.59 that indicates the correlation is moderate. Moreover, the correlation of flood distribution to the rainfall was 0 which means the correlation was very weak, and lastly, the correlation value of the flood distribution with soil type was 0.88 or the correlation was very strong.

Keywords: flood distribution, sentinel-1, land use, rainfall, soil.

PENDAHULUAN

Bencana banjir di Indonesia merupakan bencana alam yang setiap tahun terjadi. Banjir yang melanda Indonesia menyebabkan kerugian yang besar baik pada bidang perekonomian, pemukiman dan lingkungan (Zufrizal, 2021). Banjir yang terjadi di Kabupaten Konawe Utara pada 2 Juni 2019 merupakan bencana banjir terbesar di daerah tersebut sejak 42 tahun terakhir. Banjir tersebut menyebabkan 1.962 rumah terendam air, dan 370 rumah hanyut. Banjir juga merusak berhektar-hektar sawah penduduk yang sebenarnya bisa panen diakhir bulan menjadi gagal. Banjir di Kabupaten Konawe Utara juga menyebabkan kerugian dalam bidang infrastruktur dengan adanya empat jembatan penghubung antar provinsi di Pulau Sulawesi yang tidak bisa digunakan (Budianto, 2019). Sebagai upaya untuk mitigasi bencana maka perlu dilakukan pemetaan daerah genangan banjir.

Penggunaan lahan didefinisikan sebagai salah satu macam campur tangan manusia terhadap sumber daya lahan yang digunakan untuk menetap ataupun yang bertujuan memenuhi kebutuhan material maupun spiritual (Arsyad, 1989). Penggunaan lahan berpengaruh besar terhadap laju infiltrasi dari limpasan air hujan (Ibeje *et al.*, 2018). Lahan yang banyak ditanami vegetasi maka air hujan akan banyak

terserap ke dalam tanah dan menempuh waktu yang lebih lama untuk sampai ke sungai sehingga meminimalisir adanya banjir (Darmawan *et al.*, 2017).

Curah hujan adalah curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda pada tiap daerah. Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal. Curah hujan yang tinggi disertai durasi yang lama pada suatu daerah akan membuat semakin rawan banjir daerah tersebut (Asdak, 1995; Dhakal *et al.*, 2002).

Jenis tanah merupakan faktor penting untuk menentukan daerah rawan banjir. Proses infiltrasi atau proses penyerapan air dalam tanah akibat adanya potensial gravitasi (Kirkham, 2014). Beberapa parameter yang mempengaruhi laju infiltrasi tanah antara lain jenis tanah, kepadatan tanah dan kelembaban tanah. Semakin besar daya serap tanah terhadap air maka kerawanan banjir akan semakin kecil (Harto, 1993).

Dewasa ini dengan berkembangnya teknologi *remote sensing*, pemetaan daerah banjir banyak dilakukan dengan menggunakan data satelit (Romero *et al.*, 2015; Schumann, 2015) seperti MODIS (Kwak *et al.*, 2015), Landsat (Dao *et al.*, 2015), dan Sentinel (Mason

et al., 2021). Data satelit optik seperti MODIS dan Landsat umumnya memiliki resolusi temporal yang baik untuk deteksi adanya kejadian banjir. Namun disisi lain data optik memiliki kelemahan yang terganggu oleh adanya tutupan awan (Eberhardt *et al.*, 2016; Tahsin *et al.*, 2017) yang hampir selalu muncul saat musim hujan khususnya di Wilayah Indonesia. Di sisi lain, data radar seperti Sentinel 1 memiliki kemampuan untuk menembus awan dan uap air sehingga dalam aplikasinya untuk deteksi banjir tidak terpengaruh oleh tutupan awan yang sering muncul pada musim hujan (Zhang *et al.*, 2020; Moharrami *et al.*, 2021).

Metode yang banyak digunakan untuk deteksi daerah yang tergenang banjir adalah dengan menggunakan *machine learning* untuk mengklasifikasikan daerah banjir dan non banjir (Shahabi *et al.*, 2020). Salah satu algoritma klasifikasi yang digunakan adalah *random forest classification* (Feng *et al.*, 2015).

Random forest classification adalah metode klasifikasi terbimbing yang terdiri dari kumpulan pengklasifikasian pohon keputusan (*decision tree*). Metode *random forest* menciptakan sebuah hutan (*forest*) dengan sejumlah pohon (*tree*). Semakin banyak pohon (*tree*) pada sebuah hutan (*forest*) menghasilkan semakin kuat hutan tersebut terlihat dengan kata lain makin besar pula akurasi yang didapatkan (Polamuri, 2017). Analisis keterkaitan distribusi luas banjir dengan penggunaan lahan, curah hujan dan jenis tanah menggunakan analisis korelasi person. Korelasi pearson dapat mengetahui hubungan dua variabel antara variabel *X* dan variabel *Y* menghasilkan hubungan positif maupun negatif. Korelasi pearson menghasilkan nilai koefisien korelasi (*r*) antara $-1 < r < +1$, dengan nilai 0 menunjukkan tidak adanya korelasi antara kedua variabel (Morissan, 2016).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendeteksi dan memetakan daerah banjir yang terjadi di Kabupaten Konawe Utara Propinsi Sulawesi Tenggara dan mengkaji hubungannya dengan beberapa parameter diatas yaitu penggunaan lahan, curah hujan dan jenis tanah.

Beberapa variabel yang berkaitan dengan banjir seperti kemiringan lahan, penggunaan lahan, curah hujan dan jenis tanah telah digunakan untuk memetakan daerah rawan banjir (Cahyono *et al.*, 2021).

METODE

Daerah genangan banjir dideteksi dengan membandingkan dua citra yaitu citra sebelum dan sesudah kejadian banjir. Hal ini dilakukan agar daerah genangan air yang memang selalu ada seperti sungai, danau atau rawa tidak diklasifikasikan sebagai daerah banjir.

Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra radar Sentinel-1B, data penggunaan lahan, data *border administration*, data curah hujan dan data jenis tanah. Data radar diambil pada tanggal 21 Mei 2019 (sebelum banjir) dan tanggal 2 Juni 2019 (saat banjir) yang diperoleh dari *web* Copernicus Open Access (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). Untuk data penggunaan lahan diolah dengan melakukan klasifikasi menggunakan citra Landsat-8 tahun 2019 yang didapatkan dari United States Geological Survey (USGS) Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Selanjutnya data lainnya yaitu batas administrasi Kabupaten Konawe Utara diunduh dari *website* Inageoportal (<https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>), data curah hujan diunduh dari *website* resmi BMKG (<https://dataonline.bmkg.go.id/home>), dan data jenis tanah diunduh dari *website* InaGeoportal. Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif berupa luas banjir wilayah penelitian di Kabupaten Konawe Utara.

Pemrosesan Citra Sentinel-1B

Tahap pemrosesan citra meliputi pemotongan citra untuk memfokuskan pada daerah penelitian yaitu pada koordinat 3.633°LS -3.372°LS dan 122.067°BT - 122.169°BT. Selanjutnya dilakukan *multilooking* yaitu proses *filtering* citra untuk mengurangi bintik-bintik kelabu pada citra. Kemudian dilakukan koreksi radiometrik untuk mengurangi nois dan koreksi geometrik untuk menempatkan citra sesuai posisi yang sebenarnya pada peta. Tahap selanjutnya dilakukan *create stack* atau penggabungan citra dan dilakukan komposit RGB. Hasil komposit RGB kemudian diklasifikasi banjir dan non-banjir dengan metode klasifikasi *random forest*. Akurasi dari setiap kelas akan diketahui dengan menggunakan perhitungan *confusion matrix* seperti berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$\text{Error Rate} = \frac{FP+FN}{TP+TN+FP+FN} \quad (4)$$

Keterangan:

TP = Jumlah kelas positif yang tepat diprediksi sebagai positif

FP = Jumlah kelas positif yang salah diprediksi sebagai negatif

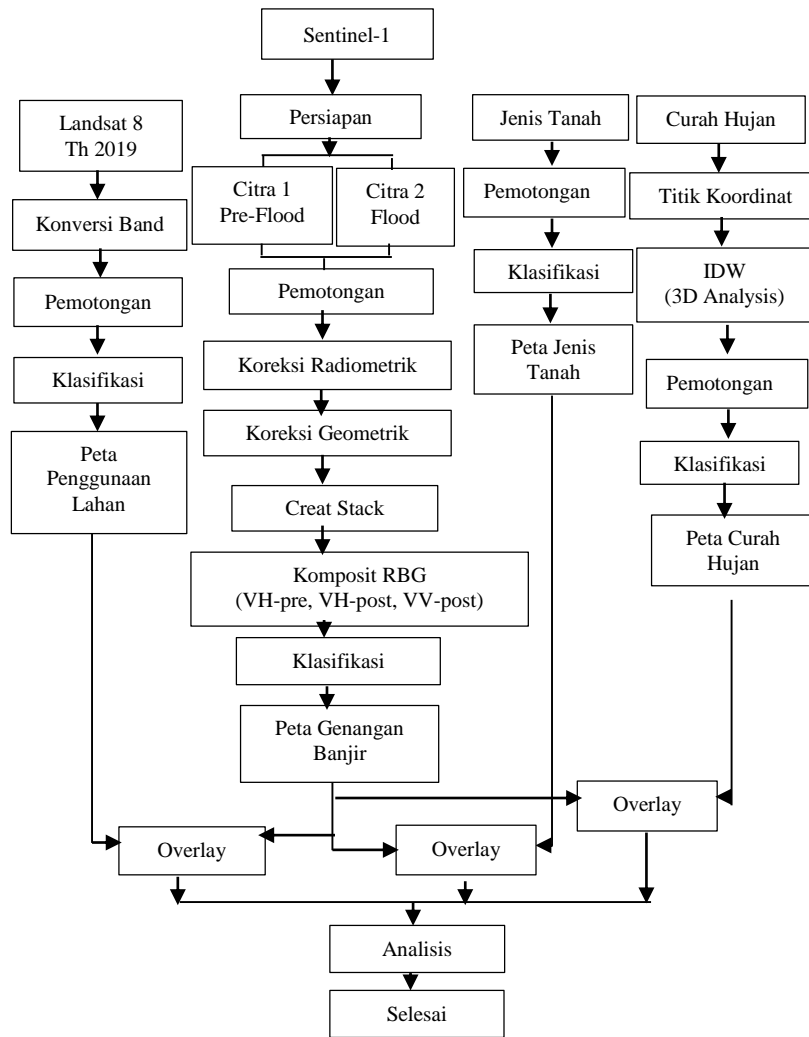
TN = Jumlah kelas negatif yang tepat diprediksi sebagai negatif

FN = Jumlah kelas negatif yang salah diprediksi sebagai positif

Pemrosesan Citra Landsat-8

Pemrosesan citra Landsat-8 ini dilakukan untuk menghasilkan peta penggunaan lahan. Tahap pemrosesan citra meliputi komposit band untuk membuat citra *true color* dengan komposit warna RGB 5-4-3 dan kemudian dipotong pada daerah penelitian. Pemotongan citra berdasarkan batas administrasi wilayah dalam bentuk Shapefile (.shp). Hasil dari pemotongan data citra oleh batas

administrasi kecamatan tersebut disimpan dalam bentuk geotiff file agar dapat dilakukan proses klasifikasi. Klasifikasi yang digunakan yaitu *supervised classification* yang meliputi kelas sungai, sawah, ladang, pemukiman dan vegetasi. Selanjutnya dilakukan tumpang susun dengan peta administrasi Kabupaten Konawe Utara. Secara ringkas tahapan penelitian yang dilakukan dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan proses penelitian

Pemrosesan Data Curah Hujan

Tahap pemrosesan meliputi penginputan titik koordinat setiap stasiun pada *table absolute XY* dengan X merupakan bujur dan Y adalah lintang dalam bentuk Shapfile baru. Penginputan titik koordinat dibarengi dengan memasukkan data curah hujan pada tiap titik koordinat pada *open attribute table*. Kemudian dilakukan IDW (3D Analysis) untuk mengetahui data curah hujan yang ada di daerah penelitian. Hasil pemrosesan tersebut selanjutnya dilakukan pemotongan pada daerah penelitian dan

ditumpang susun dengan peta administrasi Kabupaten Konawe Utara.

Pemrosesan Data Jenis Tanah

Tahap pemrosesan meliputi pemotongan data jenis tanah berdasarkan batas administrasi kecamatan dalam bentuk Shapefile (.shp). Hasil pemotongan data citra oleh batas administrasi kecamatan tersebut kemudian disimpan dalam bentuk .tiff. Kemudian penampilan klasifikasi dengan melakukan pengaturan pada *categories* di *layer properties*

dengan memilih nama jenis tanah pada kolom *value field*. Hasil pemrosesan tersebut selanjutnya ditumpang susun dengan peta administrasi Kabupaten Konawe Utara.

Analisis Data

Hasil pemrosesan tersebut kemudian dianalisis untuk menghasilkan koefisien korelasi antara distribusi luas banjir terhadap penggunaan lahan, curah hujan dan jenis tanah. Analisis ini dilakukan menggunakan analisis pearson dengan nilai (r) koefisien korelasi berada antara $-1 < r < 1$. Koefisien korelasi dinyatakan sebagai berikut:

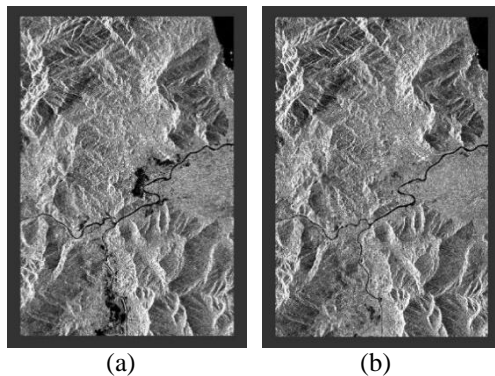
$$r = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n})}} \quad (5)$$

Tabel 1. Analisis koefisien korelasi Pearson

Nilai Korelasi	Tingkat Hubungan
0,00 - 0,19	Sangat Lemah
0,20 - 0,39	Lemah
0,40 - 0,59	Sedang
0,60 - 0,79	Kuat
0,80 - 1,00	Sangat Kuat

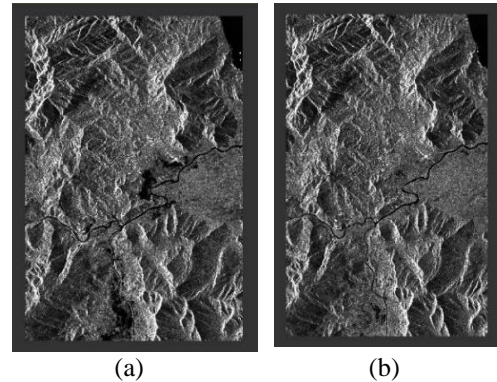
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemotongan citra dan hasil proses *multilooking* pada kedua citra (sebelum dan saat banjir) yang dilakukan dengan mengubah *range looks* dan *azimuth looks* menjadi 30 menunjukkan bahwa citra terlihat lebih jelas dan bintik-bintik kelabu pada kedua citra berkurang seperti terlihat pada tampilan Gambar 2.



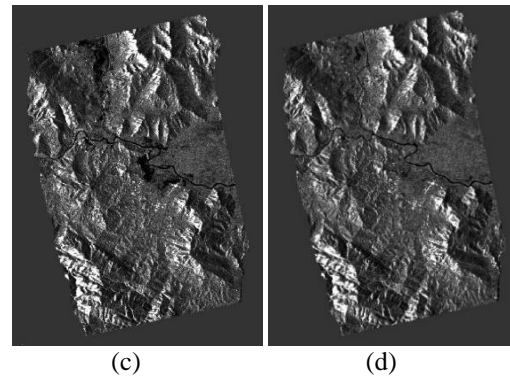
Gambar 2. Hasil *cropping* dan *multilooking* citra pada daerah penelitian (a) data citra saat banjir (2 Juni 2019) dan (b) data citra sebelum banjir (21 Mei 2019).

Koreksi *radiometric* yang dilakukan pada citra Sentinel 1B menghasilkan citra yang lebih tajam dan hilangnya bayangan keabu-abuan pada citra. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil koreksi radiometrik citra pada daerah penelitian (a) data saat banjir (2 Juni 2019) dan (b) data sebelum banjir (21 Mei 2019).

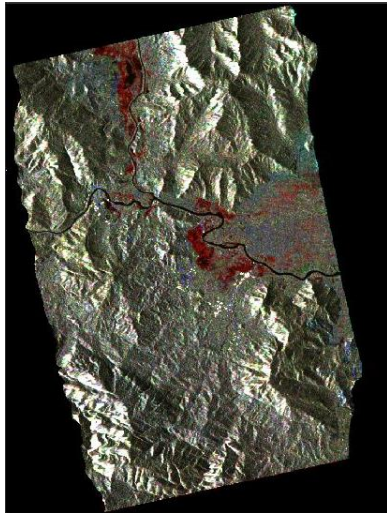
Proses selanjutnya adalah koreksi geometrik yang dilakukan dengan menggunakan metode *terrain correction* yang akan mengembalikan posisi citra sesuai dengan koordinat peta dunia dengan menggunakan data orbit dan waktu perekaman untuk mendapatkan lokasi yang sesuai. Gambar 4 merupakan citra hasil koreksi geometrik.



Gambar 4. Hasil koreksi geometrik citra pada daerah penelitian. (c) data saat banjir (2 Juni 2019) dan (d) data sebelum banjir (21 Mei 2019).

Proses berikutnya adalah mengkonversikan nilai *digital number* menjadi nilai desibel (dB) yang merupakan nilai hamburan balik (*backscatter*). Citra sebelum banjir pada tanggal 21 Mei 2019 memiliki nilai *backscatter* minimal -24,061 dB dan maksimal 19,278 dB. Pada citra saat banjir pada tanggal 2 Juni 2019 memiliki nilai *backscatter* minimal -24,689 dB dan maksimal 19,771 dB. Perbedaan setiap nilai *backscatter* pada citra diartikan bahwa nilai

reflektansi signal saat mengenai obyek yang memiliki permukaan halus dan tenang (seperti air) sangat kecil atau sinyal hampir tidak kembali pada sensor sehingga nilai *backscatter* rendah yang ditunjukkan oleh tanda panah dengan warna gelap pada citra.



Gambar 5. Hasil konversi nilai *backscatter* dan penampilan RGB citra

Setelah proses konversi nilai *backscatter* selanjutnya dilakukan proses *create stack* atau penggabungan citra untuk penyatuan data dari citra yang berbeda dan menghasilkan peta gabungan keduanya yang memiliki informasi atribut dari kedua citra tersebut. Selanjutnya dilakukan komposit RGB menggunakan C-band karena kombinasi warnanya menghasilkan tampilan citra *true color*. *Band red* menggunakan data polarisasi *Vertical-Horizontal* (VH) sebelum banjir 21 Mei 2019, *band green* menggunakan data polarisasi *Vertical-Horizontal* (VH) saat banjir 2 Juni 2019 dan *band blue* menggunakan data polarisasi *Vertical-Vertical* (VV) saat banjir 2 Juni 2019. Warna merah pada hasil komposit RGB menunjukkan area banjir, warna hitam merupakan badan air yang sebelumnya memang ada dan warna abu-abu merupakan area yang tidak banjir.

Berdasarkan data *true color composite* yang dihasilkan, selanjutnya dilakukan klasifikasi menggunakan metode *supervised classification* dengan algoritma *random forest* yang membagi citra menjadi dua kelas yaitu banjir dan non-banjir. Hasil klasifikasi akan memberikan

informasi jumlah pixel yang klasifikasinya benar dan juga salah. Dari data tersebut dapat dilakukan perhitungan akurasi dari setiap kelas menggunakan bantuan perhitungan *confusion matrix* dan menghasilkan nilai Akurasi (A), *Precision* (P), *Correlation* (C), serta *Error Rate* (ER) seperti diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Akurasi klasifikasi banjir dan nonbanjir

Kelas	A	P	C	ER
Banjir	99,37%	99,19%	96,54%	0.0063
Non-banjir	99,37%	99,39%	96,54%	0.0063

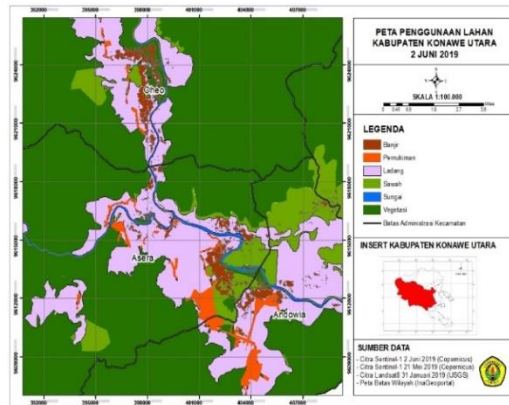
Akurasi untuk kelas banjir dan non banjir didapat hasil yang sama yaitu 99,37%. Akurasi setiap kelas tersebut mendekati 100% yang berarti pengklasifikasiannya bagus dan akurat. Hasil *precision* dari kelas banjir 99,19% dan kelas nonbanjir 99,39%. Nilai *corellation* yang dihasilkan adalah 96,54% untuk kelas banjir dan nonbanjir. *Error rate* pada tiap kelas sebesar 0.0063 menunjukkan bahwa tingkat kesalahan pada klasifikasi adalah kecil.

Area banjir dari hasil klasifikasi tersebut kemudian di-*reclassify* untuk mengubah hasil klasifikasi yang memiliki format raster menjadi polygon. Selanjutnya dilakukan tumpang susun dengan peta administrasi Kabupaten Konawe Utara. Distribusi sebaran banjir menurut hasil penelitian menggenangi 3 kecamatan yaitu Kecamatan Oheo, Kecamatan Asera dan Kecamatan Andowia. Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa Kecamatan Asera memiliki luasan banjir paling besar.

Tabel 3. Luas banjir tiap kecamatan di Kabupaten Konawe Utara

Kecamatan	Luas Banjir (Km ²)
Asera	3,38
Andowia	1,60
Oheo	3,27
Total (Km ²)	8,26

Kejadian banjir dapat terjadi akibat faktor-faktor alam seperti penggunaan lahan, curah hujan dan jenis tanah. Penggunaan lahan menurut Gambar 5 memberikan informasi bahwa daerah penelitian didominasi vegetasi yang tersebar di hampir seluruh wilayah penelitian. Terlihat bahwa banjir yang ditunjukkan oleh daerah dengan warna merah menggenangi area sekitar sungai.



Gambar 6. Peta penggunaan lahan Kabupaten Konawe Utara

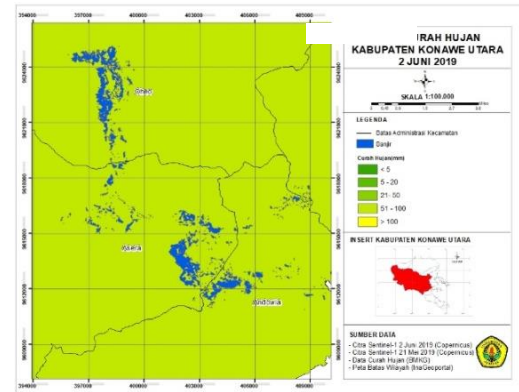
Hal ini menunjukkan bahwa banjir yang terjadi di Kabupaten Konawe Utara merupakan banjir akibat luapan air sungai. Banyaknya pembukaan ladang di sekitar sungai menyebabkan tanah rentan terhadap erosi dan menyebabkan berkurangnya vegetasi. Hal ini menyebabkan tanah bagian hulu menjadi jenuh dan tidak mampu menyerap air hujan dengan baik. Hasil luas banjir per kelas penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi luas banjir per kelas penggunaan lahan

Kelas	Luas Area (Km ²)	Luas Banjir (Km ²)
Vegetasi	1762,80	1,34
Ladang	106,66	3,57
Sawah	88,74	3,21
Pemukiman	9,64	0,15
Sungai	9,16	0
Total	1977,00	8,27

Curah hujan pada wilayah penelitian memiliki intensitas yang sama. Gambar 7 menunjukkan bahwa curah hujan pada daerah penelitian tanggal 2 Juni 2019 termasuk ke dalam rentang 51–100 mm dan masuk dalam kategori lebat. Curah hujan yang lebat, sangat berpotensi terjadinya banjir dikarenakan curah hujan yang tinggi menyebabkan debit air sungai

semakin tinggi yang kemudian meluap menuju daerah sekitar sungai dan menggenang.



Gambar 7. Peta curah hujan Kabupaten Konawe Utara 2 Juni 2019

Pada daerah penelitian dapat diidentifikasi bahwa banjir merendam jenis tanah aluvial, mediteran dan podsol seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil perhitungan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa sebagian besar banjir menggenangi jenis tanah aluvial. Jenis tanah aluvial terdapat di dataran rendah, sekitar muara sungai, rawa-rawa ataupun sekitar sungai besar yang terbentuk dari lumpur dan pasir halus yang mengalami arosi. Tanah dengan tekstur halus rawan terj adinya banjir, hal ini disebabkan tanah tekstur halus menyebabkan air yang berasal dari air hujan maupun luapan sungai sulit untuk meresap ke dalam tanah.

Korelasi antara luas banjir dengan variabel penyebab banjir menggunakan analisis pearson yang ditentukan dalam nilai koefisien korelasi (r). Tabel 6 merupakan hasil nilai koefisien pearson (r) antara luas banjir dengan penggunaan lahan, curah hujan, dan jenis tanah. Nilai korelasi distribusi banjir dengan jenis tanah 0,88 dinyatakan korelasinya sangat kuat. Korelasi antara jenis tanah terhadap luas banjir merupakan faktor dominan penyebab banjir di Kabupaten Konawe Utara. Hal ini dikarenakan hubungan antara variabel jenis tanah dengan luas banjir sangat mendekati 1, berarti ada hubungan korelasi paling kuat dibandingkan dengan variabel lainnya.

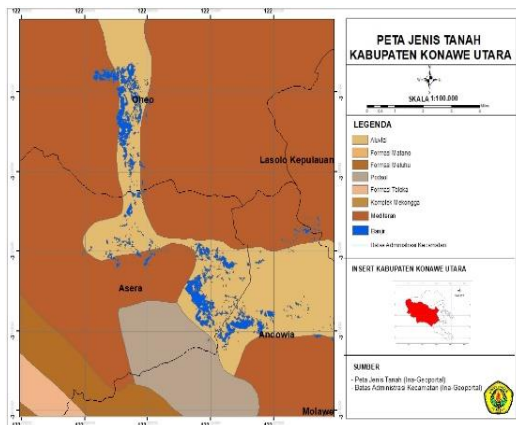
Tabel 5. Luas banjir pada jenis tanah perkecamatan

Kecamatan	Jenis Tanah	Luas Banjir (Km ²)
Andowi	Alluvial	1,406
	Mediterran	0,199
Asera	Alluvial	2,512
	Mediterran	0,762
Oheo	Alluvial	3,103
	Podsol	0,009
	Mediterran	0,265

lebih kecil di wilayah Kabupaten Konawe Utara sehingga akan diperoleh data curah hujan yang kemungkinan besar berbeda antara satu kecamatan dengan kecamatan lainnya yang berimplikasi pada berubahnya nilai korelasi antara variabel banjir dan curah hujan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi daerah banjir yang terjadi di wilayah Kabupaten Konawe Utara menggunakan data satelit Sentinel 1B dengan metode *supervised classification* dan algoritma *random forest* dengan akurasi 99,37%. Banjir terjadi di wilayah 3 kecamatan yaitu Kecamatan Oheo, Kecamatan Asera dan Kecamatan Andowia. Analisis korelasi keterkaitan hubungan penggunaan lahan terhadap distribusi genangan sedang, korelasi hubungan curah hujan terhadap distribusi genangan sangat lemah karena data curah hujan seragam, sedangkan hubungan jenis tanah terhadap distribusi genangan korelasinya sangat kuat. Analisis akan lebih baik apabila data curah hujan bisa diperoleh pada wilayah yang lebih sempit sehingga datanya bervariasi dan dikembangkan dengan menggunakan beberapa parameter penyebab banjir lainnya seperti kemiringan lereng dan ketinggian wilayah.



Gambar 8. Peta jenis tanah Kabupaten Konawe Utara

Tabel 6. Nilai koefisien korelasi Pearson (r)

	Penggunaan Lahan	Curah Hujan	Jenis Tanah	Luas Banjir
Penggunaan Lahan	1			
Curah Hujan	0	1		
Jenis Tanah	0,26	0	1	
Luas Banjir	-0,59	0	0,88	1

Nilai korelasi distribusi banjir dengan penggunaan lahan adalah -0,59 dinyatakan korelasinya sedang. Korelasi yang negatif atau berlawanan arah diartikan bahwa ketika penggunaan lahan yang memiliki resapan tinggi maka luas banjirnya semakin tinggi. Nilai korelasi distribusi banjir dengan curah hujan adalah 0 dinyatakan korelasinya sangat lemah. Hal tersebut dikarenakan daerah penelitian memiliki nilai curah hujan yang sama namun banjir tidak menggenangi seluruh daerah penelitian. Nilai korelasi ini mungkin akan berbeda jika data curah hujan yang digunakan adalah data hasil pengukuran pada lingkup yang

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih atas bantuan dan bimbingan kepada staff dan peneliti di LAPAN yang banyak membantu dalam mengolah data sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air* Bogor: IPB Press.
 Asdak C. 1995. *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
 Budianto L. 2019. *Mencari Solusi Banjir Bandang di Sulawesi Tenggara*. <https://kumparan.com/kendaronesia/mencari-solusi-banjir-bandang-di-sulawesi-tenggara-1rMZVBN6mb0/full>. [25 Juni 2020].
 Cahyono BE, Cahyatri P, Purwandari E, Misto & Febrianti, N. 2021. Mapping Flooded Risk Area in East Java Indonesia Using Remote Sensing Data. *Journal of Physics: Conference Series (IoP)*. **1825**(012081): 1-9.

- Dao PD, Liou Y-A & Chou C-W. 2015. Detection of Flood Inundation Regions with Landsat/MODIS Synthetic Data. *Proceedings of International Symposium on Remote Sensing* at Taiwan.
- Darmawan K, Hani'ah & Supriyogi A. 2017. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi UNDIP*. **6**(1): 31-40.
- Dhakal AS, Amada T, Aniya M. & Sharma R. R. 2002. Detection of Areas Associated with Flood and Erosion Caused by a Heavy Rainfall Using Multitemporal Landsat TMDat. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. **68**(3): 233-239.
- Eberhardt ID, Schultz B, Rizzi R, Sanches ID, Formaggio AR, Atzberger C, Mello MP, Immitzer M, Trabaquini K, Foschiera W & José Barreto Luiz A. 2016. Cloud Cover Assessment for Operational Crop Monitoring Systems in Tropical Areas. *Remote Sensing*. **8**(3).
- Feng Q, Liu J & Gong J. 2015. Urban Flood Mapping Based on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Random Forest Classifier-A Case of Yuyao, China. *Water*. **7**(4).
- Harto S. 1993. *Analisis Hidrologi* Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Ibeje AO, Osuagwu JC & Onosakponome OR. 2018. Impacts of Land Use on Infiltration. *World Journal of Engineering Research and Technology*. **4**(6): 95-102.
- Kirkham MB. 2014. *Principles of Soil and Plant Water Relations*. 2nd Ed. Manhattan, USA: Academic Press.
- Kwak Y, Arifuzzanman B & Iwami Y. 2015. Prompt Proxy Mapping of Flood Damaged Rice Fields Using MODIS-Derived Indices. *Remote Sensing*. **7**(12): 15969-15988.
- Mason DC, Dance SL & Cloke HL. 2021. Floodwater Detection in Urban Areas Using Sentinel-1 and World DEM Data. *Journal of Applied Remote Sensing*. **15**(3): 032003.
- Moharrami M, Javanbakht, M & Attarchi S. 2021. Automatic Flood Detection Using Sentinel-1 Images on the Google Earth Engine. *Environmental Monitoring and Assessment*. **193**(5): 248.
- Morissan. 2016. *Statistika Sosial* Jakarta: Kencana.
- Polamuri S. 2017. *How Random Forest Algorithm Works In Machine Learning*. <https://dataaspirant.com/random-forest-algorithm-machine-learning/>. [21 Juni 2021].
- Romero BR, Hirpa FA, Pozo JT, Salamon P, Brakenridge R, Pappenberger F & Groeve, TD. 2015. On the Use of Global Flood Forecasts and Satellite-Derived Inundation Maps for Flood Monitoring in Data-Sparse Regions. *Remote Sensing*. **7**(11).
- Schumann GJP. 2015. Preface: Remote Sensing in Flood Monitoring and Management. *Remote Sensing*. **7**(12).
- Shahabi H, Shirzadi A, Ghaderi K, Omidvar E, Al-Ansari N, Clague JJ, Geertsema M, Khosravi K, Amini A, Bahrami S, Rahmati O, Habibi K, Mohammadi A, Nguyen H, Melesse AM, Ahmad BB & Ahmad A. 2020. Flood Detection and Susceptibility Mapping Using Sentinel-1 Remote Sensing Data and a Machine Learning Approach: Hybrid Intelligence of Bagging Ensemble Based on K-Nearest Neighbor Classifier. *Remote Sensing*. **12**(2): 1-30.
- Tahsin S, Medeiros SC, Hooshyar M & Singh A. 2017. Optical Cloud Pixel Recovery via Machine Learning. *Remote Sensing*. **9**(6): 1-19.
- Zhang M, Chen F, Liang D, Tian, B. & Yang, A. 2020. Use of Sentinel-1 GRD SAR Images to Delineate Flood Extent in Pakistan. *Sustainability*. **12**(5784): 1-19.
- Zufrizal. 2021. *1.205 Bencana Alam Terjadi Selama 1 Januari-30 April 2021*. <https://kabar24.bisnis.com/read/20210501/15/1389038/bnpb-1205-bencana-alam-terjadi-selama-1-januari-30-april-2021>. [21 Juni 2021].