



## Pemodelan Banjir Berdasarkan Pendekatan Hidrometeorologi dan Perubahan Tutupan Lahan di Sub-DAS Distrik Abepura

Finnyalia Napitupulu <sup>1\*</sup>, Johnson Siallagan <sup>2</sup>, Maklon Warpur <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan

Universitas Cenderawasih-Kota Jayapura, Indonesia

\* Korepondensi Penulis : [finny.alia.n70@gmail.com](mailto:finny.alia.n70@gmail.com)

**Abstract** Land cover change has a significant impact on the hydrology of watershed areas, including increasing flood risk. This study aims to analyze land cover changes in the Siborgonyi and Acai sub-watersheds between 2013 and 2022 and their impact on flood potential. The methods used include spatial analysis with GIS, flood modeling using HEC-RAS, and Curve Number (CN) calculations to identify changes in soil infiltration capacity. The results show that land cover changes have a substantial effect on the increase in flood risk. The reduction of forest areas and the expansion of built-up land indicate a large-scale conversion of natural vegetation into residential and infrastructure areas. CN values in 2022 increased across most areas, indicating reduced soil infiltration capacity and increased surface runoff. Flood modeling shows that both the extent and depth of inundation significantly increased in 2022, particularly in downstream areas with basin-like topography.

**Keywords** : Land Cover Change, Flood Modelling, Curve Number

**Abstrak** Perubahan tutupan lahan memberikan dampak signifikan terhadap sistem hidrologi daerah tangkapan air, khususnya dalam meningkatkan risiko banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di Sub-DAS Siborgonyi dan Acai pada tahun 2013 dan 2022 serta dampaknya terhadap potensi banjir. Metode yang digunakan mencakup analisis spasial menggunakan GIS, pemodelan banjir dengan HEC-RAS, serta perhitungan *Curve Number* (CN) untuk mengidentifikasi perubahan kapasitas infiltrasi tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan risiko banjir. Penurunan luas hutan dan meningkatnya lahan terbangun menunjukkan konversi besar-besaran vegetasi alami menjadi kawasan permukiman. Nilai CN tahun 2022 mengalami peningkatan di sebagian besar wilayah, yang mengindikasikan menurunnya kapasitas infiltrasi tanah dan meningkatnya limpasan permukaan. Pemodelan banjir memperlihatkan bahwa luas dan kedalaman genangan meningkat signifikan pada tahun 2022, terutama di wilayah hilir dengan topografi cekungan. Hal ini menunjukkan bahwa daerah yang sebelumnya memiliki tingkat bahaya rendah kini mengalami peningkatan kerentanan terhadap banjir.

**Kata kunci** : Perubahan Tutupan Lahan, Pemodelan Banjir, Curve Number

### I. PENDAHULUAN

Bencana hidrometeorologi, terutama banjir, merupakan ancaman utama di Indonesia akibat interaksi faktor meteorologi, hidrologi, dan perubahan lingkungan (Hermon, 2012). Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2022) menunjukkan bahwa dalam satu dekade terakhir, 80,65% dari total bencana di Indonesia disebabkan oleh banjir. Kota Jayapura, khususnya Distrik Abepura, menjadi salah satu wilayah dengan risiko tinggi akibat curah hujan ekstrem, perubahan tutupan lahan, serta kondisi topografi cekungan yang mempercepat akumulasi air (BPBD Provinsi Papua, 2022).

Perubahan tutupan lahan di Distrik Abepura antara tahun 2013 hingga 2022 menunjukkan peningkatan signifikan dalam pembangunan infrastruktur dan permukiman yang menyebabkan berkurangnya vegetasi serta area resapan air. Hal ini mempercepat aliran permukaan menuju sungai, meningkatkan risiko banjir (Bronstert et al., 2018 dalam *Science of*

*the Total Environment*). Selain itu, Sungai Siborgonyi dan Acai sering meluap akibat sedimentasi dan penyempitan alur sungai, memperburuk dampak banjir di wilayah ini (Loebis Joesron, 1984).

Banjir besar pada Januari 2022 dengan curah hujan ekstrem mencapai 300 mm menjadi salah satu bencana hidrometeorologi terbesar di Kota Jayapura, menyebabkan korban jiwa serta kerusakan infrastruktur yang luas (BPBD Kota Jayapura, 2022). Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan dan pola curah hujan mempengaruhi debit puncak dan volume limpasan banjir (Farid et al., 2021; Pabi et al., 2021). Namun, penelitian sebelumnya belum sepenuhnya mengkaji hubungan antara faktor hidrometeorologi dan dinamika tutupan lahan dalam konteks banjir di Distrik Abepura.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik banjir serta mengeksplorasi potensi strategi mitigasi yang dapat diterapkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemangku kepentingan dalam memahami risiko banjir di wilayah ini serta merumuskan langkah-langkah mitigasi yang lebih optimal.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pemodelan hidrologi dan analisis spasial bahaya banjir di Sub DAS Distrik Abepura berdasarkan perubahan tutupan lahan dan curah hujan. Penelitian dilakukan di Sub DAS Distrik Abepura, yang meliputi DAS Siborgonyi dan DAS Acai. Lokasi ini dipilih karena memiliki frekuensi banjir yang tinggi akibat perubahan tutupan lahan dan kondisi topografi yang mendukung akumulasi air. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan ekstrem harian yaitu tanggal 6 Januari 2022, Data Citra Satelit Landsat Tahun 2013 dan 2022, Peta DEM, Peta Catchment Area, Peta Jenis Tanah dan Peta Infiltrasi.

Pengolahan data dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak analisis spasial dan hidrologi, seperti *QGIS*, *HEC-RAS*, dan *SWAT*. Pertama, citra Landsat 8 diproses menggunakan metode *supervised classification* di *QGIS* untuk mengidentifikasi dan menganalisis perubahan tutupan lahan tahun 2013 dan 2022. Selanjutnya, pemodelan hidrologi dilakukan dengan menggunakan *SWAT* (*Soil and Water Assessment Tool*) untuk membuat *delineasi catchment area* berdasarkan data DEM (*Digital Elevation Model*). Simulasi aliran air dilakukan dengan menggunakan *HEC-RAS* untuk menganalisis kapasitas saluran sungai dalam menampung aliran air serta dampak dari perubahan tutupan lahan terhadap pola banjir. Dengan melalui berbagai tahapan pengolahan data ini, penelitian bertujuan untuk menghasilkan model yang

dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai dampak perubahan tutupan lahan terhadap potensi banjir di wilayah penelitian.

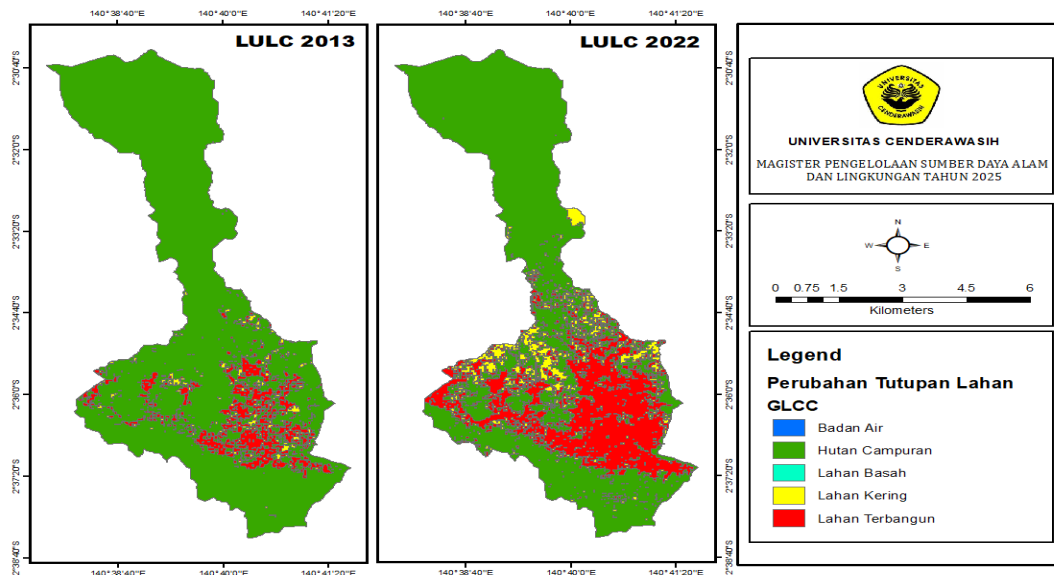
### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Perubahan Tutupan Lahan Sub-DAS Siborgonyi dan Acai (2013 dan 2022)**

Tutupan lahan merupakan elemen penting dalam analisis hidrologi dan pemodelan bencana alam, termasuk banjir. Tutupan lahan mencakup berbagai jenis penggunaan lahan, seperti hutan, lahan terbuka, lahan terbangun, badan air, dan lahan basah. Masing-masing jenis tutupan lahan ini memiliki peran yang berbeda dalam proses aliran air dan kapasitas tanah untuk menyerap air hujan. Sebagai contoh, hutan dan vegetasi alami memiliki kemampuan tinggi untuk menyerap air hujan dan mengurangi aliran permukaan, sementara lahan terbangun, seperti jalan dan permukiman, menghambat penyerapan air dan memperburuk aliran permukaan (runoff) yang dapat memperburuk potensi banjir (Mahan et al., 2021).

Perubahan tutupan lahan seringkali dipengaruhi oleh faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan, seperti urbanisasi, pertanian, dan pembangunan infrastruktur. Perubahan ini dapat mengubah struktur aliran hidrologi, meningkatkan laju limpasan air, dan mengurangi kapasitas daerah untuk menahan atau mengalirkan air hujan. Oleh karena itu, pemahaman tentang perubahan tutupan lahan sangat penting untuk merancang strategi mitigasi banjir di Sub-DAS Siborgonyi dan Acai.

Pada periode 2013 hingga 2022, perubahan tutupan lahan di Sub-DAS Siborgonyi dan Acai menunjukkan perubahan yang signifikan, yang berkontribusi terhadap peningkatan potensi banjir di kawasan tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh, perubahan yang paling mencolok adalah penurunan luas hutan dan peningkatan luas lahan terbuka serta lahan terbangun. Gambar 1 menunjukkan perubahan spasial tutupan lahan antara tahun 2013 dan 2022 pada Sub-DAS Siborgonyi dan Acai. Terlihat jelas bahwa terjadi ekspansi pada lahan terbangun, terutama di sekitar pusat-pusat pemukiman dan kawasan hilir. Penyebaran lahan pertanian kering juga semakin meluas pada bagian tengah dan tepi kawasan hutan, yang menandakan adanya konversi lahan yang tidak terkendali. Hal ini berpotensi meningkatkan potensi bencana alam, terutama banjir, di wilayah tersebut.



Gambar 1. Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2013 dan 2022

Gambar 1, menunjukkan perubahan yang cukup signifikan dalam penggunaan lahan Sub-DAS Siborgonyi dan Acai antara tahun 2013 dan 2022. Salah satu perubahan paling signifikan adalah penurunan luas hutan yang terjadi di kawasan ini. Pada tahun 2013, luas hutan mencapai 3.626,7 ha, namun pada tahun 2022, luas hutan menurun menjadi 2.692,1 ha, yang berarti penurunan sebesar 25,77%. Penurunan luas hutan ini mencerminkan adanya deforestasi besar-besaran yang diakibatkan oleh konversi lahan untuk pemukiman, pembangunan infrastruktur, dan sektor ekonomi lainnya. Deforestasi ini mengurangi kemampuan daerah tersebut untuk menyerap air hujan, karena vegetasi yang seharusnya menyerap air hujan berkurang. Akibatnya, air hujan lebih banyak mengalir sebagai limpasan permukaan, meningkatkan potensi banjir di kawasan tersebut (Arief et al., 2023).

Luas lahan terbuka mengalami peningkatan drastis sebesar 284,9%, dari 98,2 ha pada tahun 2013 menjadi 378,2 ha pada tahun 2022. Peningkatan ini disebabkan oleh deforestasi yang tidak diikuti oleh konversi lahan menjadi lahan produktif seperti pertanian atau pemukiman. Lahan terbuka tanpa vegetasi memperburuk risiko banjir karena tidak mampu menyerap air hujan, sehingga meningkatkan aliran permukaan yang tidak terkendali (Mahan et al., 2021).

Perubahan lainnya yang signifikan adalah peningkatan luas lahan terbangun, yang mencakup kawasan pemukiman, jalan, dan infrastruktur lainnya. Pada tahun 2013, luas lahan terbangun tercatat 403,1 ha, sementara pada tahun 2022 meningkat menjadi 1.056,3 ha. Peningkatan ini sejalan dengan pesatnya urbanisasi dan perkembangan ekonomi yang mengarah pada peningkatan kebutuhan akan pemukiman dan infrastruktur. Pembangunan

kawasan terbangun ini menambah luas permukaan kedap air, yang mengurangi kapasitas tanah untuk menyerap air hujan. Dengan semakin luasnya area permukaan kedap air, aliran permukaan meningkat, yang berujung pada genangan air yang lebih besar saat hujan deras (Darmawan et al., 2021).



Gambar 2. Grafik Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2013 dan 2022

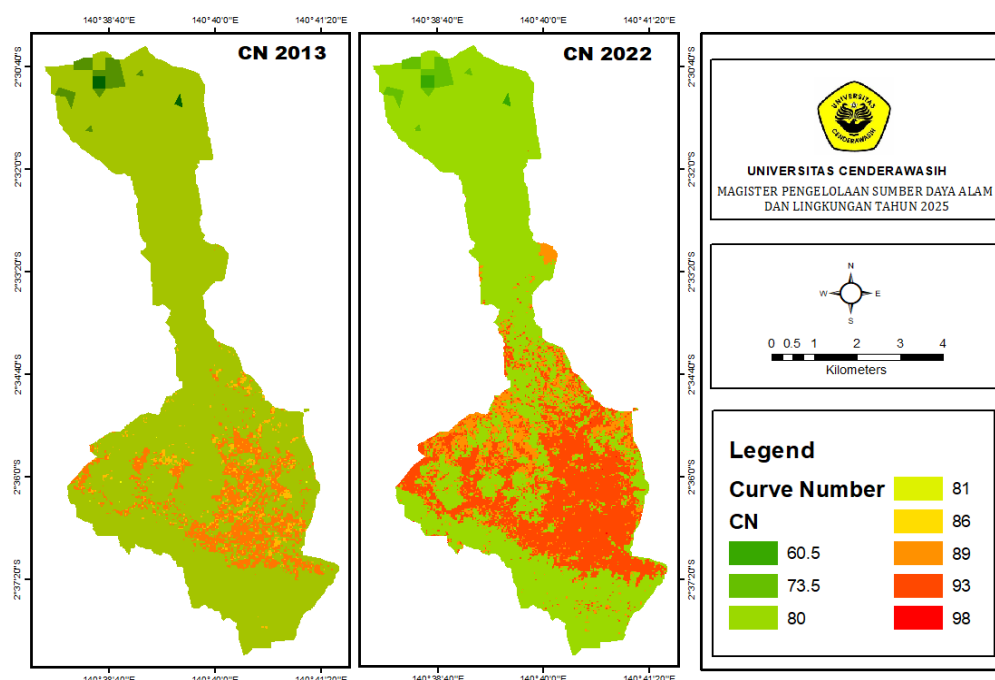
Perubahan lainnya yang signifikan adalah peningkatan luas lahan terbangun, yang mencakup kawasan pemukiman, jalan, dan infrastruktur lainnya. Pada tahun 2013, luas lahan terbangun tercatat 403,1 ha, sementara pada tahun 2022 meningkat menjadi 1.056,3 ha. Peningkatan ini sejalan dengan pesatnya urbanisasi dan perkembangan ekonomi yang mengarah pada peningkatan kebutuhan akan pemukiman dan infrastruktur. Pembangunan kawasan terbangun ini menambah luas permukaan kedap air, yang mengurangi kapasitas tanah untuk menyerap air hujan. Dengan semakin luasnya area permukaan kedap air, aliran permukaan meningkat, yang berujung pada genangan air yang lebih besar saat hujan deras (Darmawan et al., 2021).

Sementara itu, lahan basah yang berfungsi sebagai penyerap air alami hanya mengalami perubahan kecil, dari 0,6 ha menjadi 0,7 ha. Meskipun tidak terjadi perubahan signifikan, keberadaan lahan basah tetap penting dalam mengurangi limpasan air dan menjaga keseimbangan ekosistem. Namun, dengan semakin berkurangnya lahan basah dan meningkatnya konversi lahan menjadi area terbangun, kemampuan daerah ini untuk menahan air hujan semakin terbatas (Khamdan et al., 2021).

### **Kondisi Curve Number (CN) dan Pengaruhnya terhadap Limpasan Permukaan**

Perubahan tutupan lahan secara langsung mempengaruhi nilai Curve Number (CN), yang digunakan untuk memodelkan limpasan permukaan dalam sistem hidrologi. CN adalah parameter yang menggambarkan potensi limpasan permukaan berdasarkan karakteristik tutupan lahan, kondisi tanah, dan penggunaan lahan. Nilai CN yang lebih tinggi mengindikasikan kemampuan tanah yang lebih rendah dalam menyerap air hujan, yang berkontribusi pada meningkatnya aliran permukaan yang dapat memperburuk genangan banjir.

Gambar 3, Peta distribusi nilai CN menunjukkan bahwa wilayah dengan nilai CN tinggi (86-98) semakin meluas, mencerminkan berkurangnya area yang dapat menyerap air hujan akibat konversi lahan ke permukiman dan infrastruktur terbangun. Peningkatan nilai CN ini mengindikasikan bahwa daerah-daerah yang sebelumnya lebih mudah menyerap air hujan kini semakin sulit melakukannya, menyebabkan limpasan permukaan yang lebih besar (Wen et al, 2023). Hal ini berhubungan erat dengan peningkatan potensi banjir di kawasan-kawasan yang memiliki permukaan kedap air, seperti permukiman dan infrastruktur.



Gambar 3. Peta *Curve Number* Tahun 2013 dan 2022

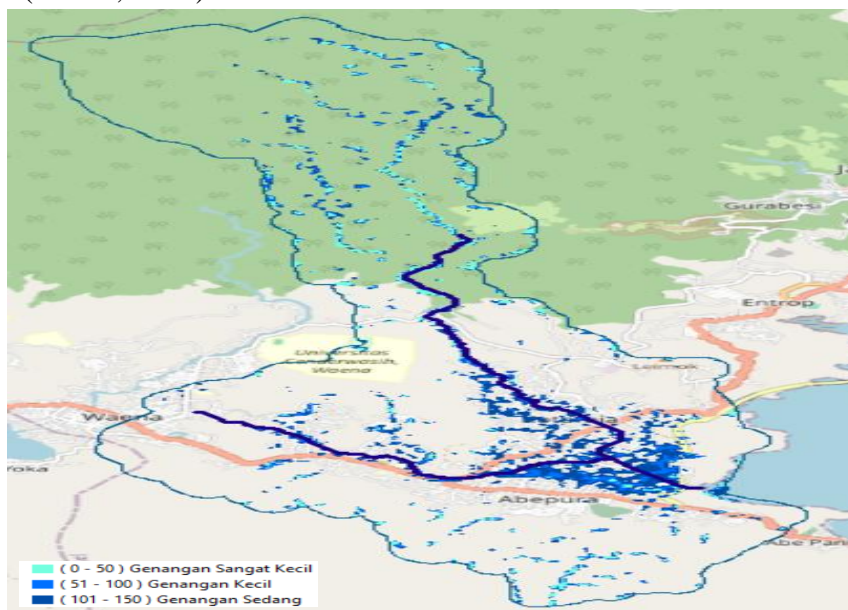
Sebaliknya, pada tahun 2013, nilai CN lebih rendah pada sebagian besar kawasan yang masih memiliki tutupan vegetasi alami, seperti hutan dan semak. Vegetasi alami ini memiliki kapasitas resapan yang lebih tinggi, sehingga aliran permukaan dapat dikurangi dan genangan banjir lebih cepat surut. Menurut USDA-NRCS (1986), nilai CN rendah menunjukkan bahwa sebagian besar air hujan akan meresap ke dalam tanah, sehingga hanya sebagian kecil yang menjadi limpasan .

## Pemodelan Banjir

Pemodelan banjir menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dan GIS menunjukkan perubahan signifikan dalam pola sebaran banjir antara tahun 2013 dan 2022. Peningkatan luas dan kedalaman genangan banjir ini berhubungan erat dengan perubahan tutupan lahan, khususnya akibat urbanisasi yang pesat di Distrik Abepura. Peningkatan nilai Curve Number (CN) yang mencerminkan penurunan kapasitas resapan air semakin memperburuk kondisi hidrologi daerah ini, mengakibatkan peningkatan aliran permukaan dan risiko banjir yang lebih besar.

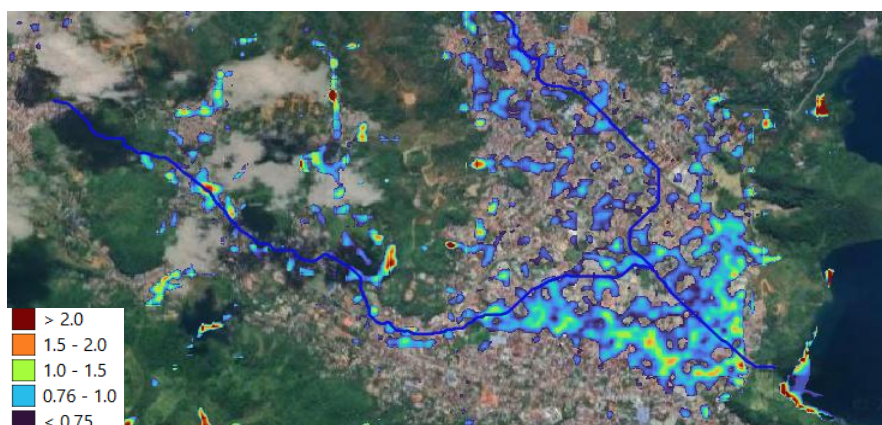
Hasil pemetaan luas genangan banjir tahun 2013 (Gambar 4), menunjukkan bahwa genangan utama tersebar di sepanjang Sungai Acai dan Siborgonyi, dengan dominasi di wilayah hilir Distrik Abepura yang memiliki elevasi rendah dan kontur cekungan. Wilayah hulu dengan kontur lebih tinggi mengalami genangan kecil (0–50 ha), sementara area permukiman padat dan lahan terbangun mencatat genangan lebih luas (51–100 ha). Genangan terbesar (101–150 ha) terkonsentrasi di dataran rendah dekat Teluk Youtefa, yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

Peta kedalaman genangan (Gambar 5), menunjukkan bahwa sebagian besar area terdampak mengalami genangan di bawah 0,75 hingga 1,5 meter yang ditemukan di daerah dengan elevasi lebih rendah dan permukiman padat. Berdasarkan klasifikasi tingkat bahaya banjir yang digunakan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), genangan dengan kedalaman mulai dari 0,76 – 1,5 meter termasuk dalam kategori bahaya sangat rendah hingga rendah (BNPB, 2012).



Gambar 4. Peta Luas Genangan Banjir 2013

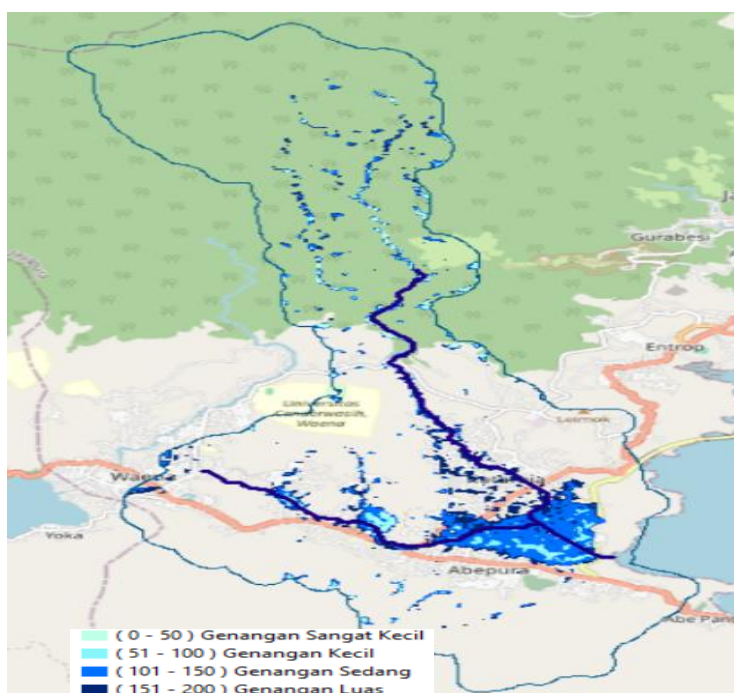




Gambar 5. Peta Kedalaman Banjir 2013

Oleh karena itu, meskipun sebagian besar wilayah terdampak berada pada kategori bahaya sangat rendah, persebarannya yang luas di area permukiman menjadikan wilayah ini tetap memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap gangguan aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat (BNPB, 2021).

Berlanjut ke tahun 2022, hasil pemodelan banjir (Gambar 6), menunjukkan perubahan yang signifikan dalam pola sebaran dan karakteristik banjir. Luas daerah yang tergenang semakin meluas, terutama di daerah hilir yang memiliki topografi cekungan dan kapasitas drainase yang terbatas. Peta sebaran genangan banjir tahun 2022 menunjukkan bahwa area dengan genangan besar (151–200 ha) mengalami peningkatan signifikan dibandingkan tahun 2013.



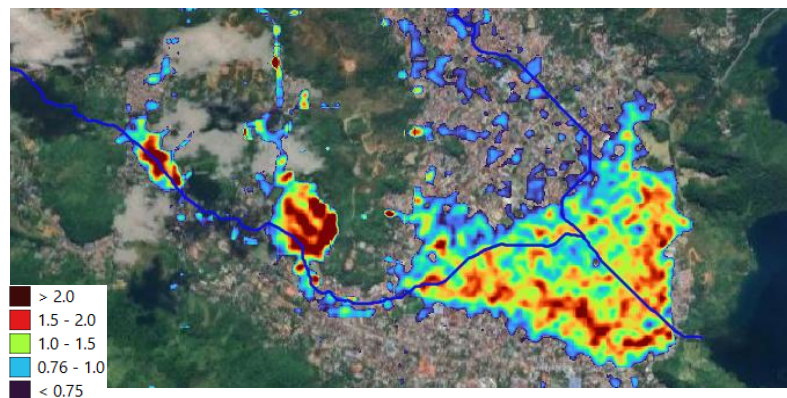
Gambar 6. Peta Luas Genangan Banjir 2022

Hal ini mencerminkan adanya peningkatan volume aliran permukaan akibat perubahan tutupan lahan yang masif, terutama konversi lahan vegetasi menjadi kawasan terbangun seperti



perumahan, jalan, dan kawasan komersial. Kondisi ini diperburuk oleh sistem drainase yang tidak mampu mengimbangi laju limpasan air hujan. Beberapa wilayah yang sebelumnya hanya mengalami genangan sedang kini berubah menjadi daerah dengan genangan yang lebih luas dan dalam. Pada beberapa titik, genangan semakin sulit surut karena terbatasnya jalur keluar air menuju laut, terutama di wilayah yang berdekatan dengan Teluk Youtefa. Selain peningkatan luas genangan, kedalaman banjir pada tahun 2022 juga menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan.

Berdasarkan analisis peta kedalaman genangan (Gambar 7), sebagian besar wilayah terdampak mengalami genangan lebih dari 0,75 meter, dengan beberapa titik bahkan mencapai lebih dari 1,5 meter. Area dengan kedalaman genangan yang lebih tinggi ini terutama ditemukan di sepanjang bantaran sungai utama serta di wilayah hilir yang terpengaruh oleh pasang surut air laut. Kondisi ini menunjukkan bahwa wilayah yang kini lebih padat permukiman dan infrastruktur memiliki sistem drainase yang semakin tidak memadai. Dampaknya, air lebih lama menggenang, menyebabkan peningkatan risiko kerusakan properti, infrastruktur, dan potensi bahaya bagi masyarakat. Faktor sedimentasi sungai juga semakin memperburuk keadaan, mengurangi kapasitas tampungan sungai dan mempercepat luapan air ke permukiman sekitar.



Gambar 7. Peta Kedalaman Banjir 2022

Peningkatan luas dan kedalaman genangan banjir pada tahun 2022 sangat berkorelasi dengan perubahan tutupan lahan di Distrik Abepura. Analisis peta perubahan tutupan lahan menunjukkan bahwa kawasan yang sebelumnya masih didominasi oleh vegetasi alami mengalami konversi besar-besaran menjadi permukiman dan infrastruktur. Hal ini mengakibatkan berkurangnya kemampuan tanah dalam menyerap air hujan dan meningkatnya limpasan permukaan yang langsung mengalir ke sistem drainase dan sungai (Kodoatie & Sjarief, 2010).

Peta distribusi nilai Curve Number (CN) tahun 2022 menunjukkan bahwa daerah dengan nilai CN tinggi (86-98) semakin meluas dibandingkan tahun 2013. Nilai CN yang tinggi mencerminkan rendahnya kapasitas *infiltrasi* tanah, yang berkontribusi pada peningkatan volume aliran permukaan dan memperburuk risiko banjir. Penelitian Sutrisno et al. (2012) juga menunjukkan bahwa nilai CN yang tinggi berkorelasi positif terhadap besarnya debit limpasan yang terjadi akibat hujan, khususnya di wilayah yang mengalami urbanisasi cepat.

Dampak dari peningkatan luas dan kedalaman banjir di Distrik Abepura sangat signifikan, baik bagi masyarakat maupun lingkungan. Berdasarkan klasifikasi tingkat bahaya banjir yang digunakan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), genangan dengan kedalaman mulai dari 0,76 – lebih dari 2,0 meter termasuk dalam kategori bahaya sangat rendah hingga sangat tinggi (BNPB, 2012)

Pada tahun 2022, banjir tidak hanya menyebabkan kerugian material seperti rusaknya rumah dan infrastruktur jalan, tetapi juga meningkatkan risiko kesehatan akibat genangan yang bertahan lama. Air yang menggenang dalam waktu lama dapat menjadi tempat berkembang biaknya penyakit berbasis air, seperti demam berdarah dan leptospirosis (Syawal, Manalu, & Siallagan, 2023). Selain itu, banjir yang semakin parah juga berdampak pada sektor ekonomi dan sosial. Aktivitas perdagangan, transportasi, serta mobilitas masyarakat terganggu akibat genangan yang melumpuhkan akses jalan utama di Distrik Abepura.

#### **4. KESIMPULAN**

Perubahan tutupan lahan di Sub-DAS Siborgonyi dan Acai dari tahun 2013 hingga 2022 menunjukkan dinamika yang signifikan, yang secara langsung berdampak pada kondisi hidrologi dan peningkatan risiko banjir di kawasan tersebut. Penurunan luas hutan dan peningkatan luas lahan terbangun merupakan indikasi utama adanya konversi besar-besaran vegetasi alami menjadi kawasan pemukiman dan infrastruktur.

Perubahan tutupan lahan turut mempengaruhi nilai *Curve Number* (CN) secara signifikan. Tahun 2022 menunjukkan perluasan wilayah dengan CN tinggi (86–98), menandakan menurunnya kapasitas infiltrasi tanah akibat dominasi permukaan kedap air. Nilai CN yang tinggi mengindikasikan bahwa hujan yang turun lebih banyak menjadi limpasan permukaan daripada meresap ke dalam tanah, sehingga memperbesar potensi terjadinya banjir.

Dampak nyata dari perubahan tutupan lahan dan peningkatan nilai CN tercermin dalam pola sebaran dan kedalaman genangan banjir. Pemodelan banjir menunjukkan bahwa luas genangan pada tahun 2022 meningkat dibandingkan tahun 2013, terutama di wilayah hilir yang memiliki topografi cekungan. Kedalaman genangan pun bertambah, dengan beberapa wilayah

mencapai lebih dari 1,5 meter. Hal ini menandakan bahwa daerah yang sebelumnya memiliki tingkat bahaya rendah kini berubah menjadi wilayah dengan tingkat kerentanan yang lebih tinggi terhadap banjir.

## REFERENSI

- Arief, A., Bronstert, A., Agarwal, A., Boessenkool, B., Crisologo, I., Fischer, M., Heistermann, M., & Reinhardt-Imjela, C. (2023). Deforestation and its impact on flood risks in urban areas. *Urban Development Review*, 34(2), 88–102.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2012). *Kajian risiko bencana Indonesia*. BNPB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2021). *Kajian risiko bencana Indonesia tahun 2021*. BNPB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2022). *Rencana nasional penanggulangan bencana*. SC-DRR.
- Bronstert, A., Agarwal, A., Boessenkool, B., Crisologo, I., Fischer, M., Heistermann, M., & Reinhardt-Imjela, C. (2018). Analisis hidro-meteorologi forensik dari banjir bandang ekstrem: Peristiwa 2016–05-29 di Braunsbach, SW Jerman. *Science of the Total Environment*, 630, 977–991.
- Darmawan, I., Farid, M., Pratama, M. I., & Kuntoro, A. A. (2021). Urbanization and flood risk in coastal cities. *Journal of Urban Environment*, 52(4), 402–419.
- Farid, M., Pratama, M. I., & Kuntoro, A. A. (2021). Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit banjir di Daerah Aliran Sungai Ciliwung Hulu. *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*.
- Khamdan, A., Fauzi, A., Wijaya, R., & Hasanah, U. (2021). Wetland conservation for flood mitigation. *Wetland Science*, 40(2), 78–92.
- Koch, J., Müller, A., Tan, S., & Becker, M. (2022). Hydrological impacts of land use change on flooding. *Environmental Management Journal*, 45(3), 345–360.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Pengelolaan banjir terpadu*. Andi.
- Loebis Joesron. (1984). *Banjir: Rencana untuk bangunan air*. Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Mahan, J., Smith, T., & Rivera, L. (2021). Effects of land cover change on surface runoff and flooding. *Water Resources Journal*, 47(5), 457–471.
- Pabi, O., Egyir, S., & Attua, E. M. (2021). Flood hazard response to scenarios of rainfall dynamics and land use and land cover change in an urbanized river basin in Accra, Ghana. *Journal of City and Environment Interactions*.

- Sutrisno, S., Kodoatie, R., & Aryani, T. (2012). Aplikasi metode curve number untuk mempresentasikan hubungan curah hujan dengan aliran permukaan. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 2(1), 45–52.
- Syawal, M., Manalu, J., & Siallagan, J. (2023). Strategi pengurangan risiko banjir di Distrik Abepura, Kota Jayapura. *Jurnal Median*, 15(2), 101–110.
- United States Department of Agriculture–Natural Resources Conservation Service. (1986). *Hidrologi perkotaan untuk daerah aliran sungai kecil (Rilis Teknis 55)*.
- Wen, X., Zhang, Y., & Liu, J. (2023). Land use change impacts on curve number and flood risk in watersheds. *Environmental Hydrology Journal*, 29(4), 78–92.