

Kajian Efektivitas Normalisasi Sungai terhadap Penurunan Risiko Banjir (Studi Kasus: Sungai Tikala Kota Manado)

Erha Intan Sukmajati^(*)

Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No.10, Bandung 40132, E-mail: erha.sukmajati@gmail.com

Muhammad Syahril Badri Kusuma

Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No.10, Bandung 40132, E-mail: msbadrik@yahoo.com

Waluyo Hatmoko

Balai Hidrologi dan Lingkungan Keairan, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jl. Ir. H.Djuanda No. 193, Dago, Coblong
Kota Bandung, Jawa Barat 40135, E-mail: whatmoko@yahoo.com

Mohammad Farid

Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No.10, Bandung 40132, E-mail: mfarid_si99@yahoo.com

Suardi Natasaputra

Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No.10, Bandung 40132, E-mail: suardi_n@yahoo.co.id

Abstrak

Sungai Tikala merupakan anak Sungai Tondano dengan tingkat risiko banjir yang cukup tinggi. Pada tahun 2014 dimana terjadi banjir besar yang mengakibatkan dampak yang cukup merugikan bagi Kota Manado. Upaya pengendalian banjir secara struktural berupa normalisasi baik di Sungai Tondano maupun Sungai Tikala dilakukan untuk mengurangi dampak banjir. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas normalisasi dalam mengurangi risiko banjir pada dataran banjir yang dipengaruhi oleh luapan banjir Sungai Tikala yang berada di wilayah Kota Manado. Kajian ini meninjau risiko banjir Sungai Tikala berdasarkan Peraturan Kepala BNPB No. 2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Indeks ancaman banjir diperoleh dari hasil model matematik luapan banjir Sungai Tikala dan Sungai Tondano dengan upaya pengendalian banjir Skenario 1 yaitu kombinasi pembangunan Bendungan Kuwil Kawangkoan dan normalisasi Sungai Tondano. Skenario 2 yaitu kombinasi pembangunan Bendungan Kuwil Kawangkoan, normalisasi Sungai Tondano dan normalisasi Sungai Tikala. Peta-peta risiko berbagai skenario hasil penelitian ini dapat menjadi bahan masukan dalam pengambilan keputusan terkait pengendalian banjir Sungai Tikala. Hasil penelitian menunjukkan kedua skenario upaya pengendalian banjir yang dilakukan tidak sepenuhnya menghilangkan banjir yang ada. Namun berdasarkan luas genangan banjir, tingkat ancaman banjir, jumlah jiwa terdampak, potensi kerugian serta tingkat risiko yang dapat diturunkan atau di reduksi, maka upaya pengendalian banjir secara struktural sangat direkomendasikan untuk dilanjutkan dengan skenario 2.

Kata kunci: Sungai Tikala, banjir, tingkat risiko, normalisasi.

Abstract

The Tikala River is a Tondano River tributary with a fairly high level of flood risk. In 2014 the flood occurred and gave a quite detrimental impact to the City of Manado. Structural flood measures efforts in the form of normalization in both of the Tondano River and Tikala River are carried out to reduce the impact of flooding. This study aims to determine the effectiveness of normalization in reducing the risk of flooding on floodplains that are affected by the Tikala River flood in the City of Manado. This study reviews the Tikala River flood risk based on the Head of BNPB Regulation No. 2 of 2012 about Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. The flood threat index was obtained from the results of the mathematical model of the Tikala River and Tondano River floods with flood control measures. The 1st Scenario is the combination of the construction of the Kuwil Kawangkoan Dam and the normalization of the Tondano River. The 2nd Scenario is a combination of the construction of the Kuwil Kawangkoan Dam, the normalization of the Tondano River and the normalization of the Tikala River. The risk maps of various scenarios as a result of this research can be used as input in making decisions regarding flood control in the Tikala River. The results showed that the two scenarios of flood control measures did not completely eliminate the existing floods. However, based on the area of the flood inundation, the level of flood threat, the number of people affected, the potential loss and the level of risk that can be reduced or reduced, structural flood control efforts are highly recommended to continue with the 2nd scenario.

Keywords: Tikala river, flood, risk level, channel normalization.

**Penulis Korespondensi*

1. Pendahuluan

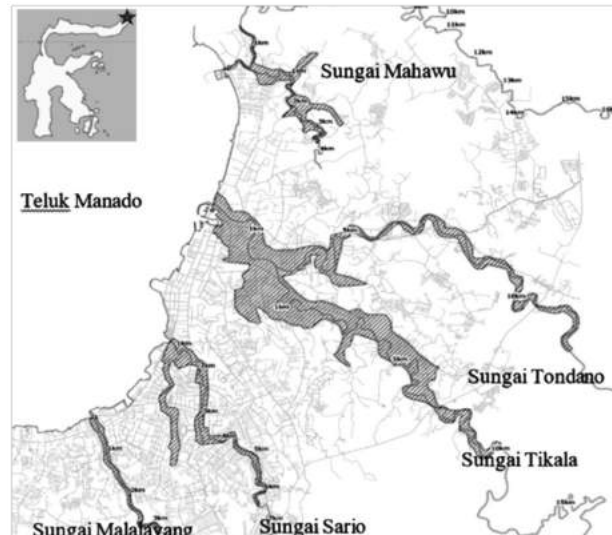
Banjir merupakan peristiwa meluapnya air sungai melebihi palung sungai atau genangan air yang terjadi pada daerah yang rendah dan tidak bisa terdrainasikan. Banjir dapat terjadi sebagai akibat dari berbagai kejadian seperti curah hujan tinggi, kenaikan air laut akibat pasang maupun tsunami atau kegagalan struktur drainase dan struktur di sungai seperti tanggul jebol dan keruntuhan bendungan (Farid dkk, 2017). Dataran banjir (*flood plain*) mengandung potensi yang merugikan sehubungan dengan terdapatnya ancaman berupa luapan dan genangan banjir. Ketika banjir terjadi di area pemukiman terutama di daerah perkotaan maka akan terjadi bencana.

Kota Manado merupakan salah satu kota di wilayah Indonesia Timur yang hampir setiap tahunnya mengalami banjir. Kota Manado mengalami banjir terutama pada daerah-daerah tertentu yang berdekatan dengan badan air (*lowland area*) (Dundu, 2014). Kota Manado dilalui kurang lebih 21 sungai, 5 (lima) diantaranya adalah sungai besar yang melintasi wilayah Kota Manado, yaitu Sungai Malalayang, Sungai Sario, Sungai Tikala, Sungai Tondano, dan Sungai Bailang. Kelima sungai tersebut berpotensi besar terhadap bencana banjir di Kota Manado (Bungkolu dkk, 2017).

Sungai Tikala merupakan salah satu sungai utama diantara lima sungai yang membelah Kota Manado. DAS Tikala merupakan bagian dari DAS sungai Tondano yang memiliki luasan 93.89 km² dengan panjang Sungai Tikala sepanjang 23.73 km (Nanlohy dkk, 2008). Sungai Tikala mengalir dari timur ke barat berhulu di Kabupaten Minahasa dan bermuara di Sungai Tondano (Kota Manado) dengan panjang sungai total 23.73 Km, dimana + 7.56 Km masuk di wilayah kota Manado dan selebihnya berada di Kabupaten Minahasa. Lebar sungai Tikala di sepanjang rata-rata 15 s/d 20 meter.

Pada saat kejadian banjir Kota Mando tanggal 15 Januari 2014, menurut catatan BWS Sulawesi I, kedalaman air di pos duga air Kairagi yang berjarak sekitar 7 km dari muara tercatat mencapai 7.85 m, dengan debit diperkirakan pada 560.38 m³/detik. Sedangkan pada hulu Sungai Tikala, di pos duga air sawangan debit banjir diperkirakan pada 622.09 m³/detik dengan tinggi muka air tercatat pada 8.07 m.

Dampak yang ditimbulkan oleh banjir tahun 2014 tersebut mengakibatkan rumah/harta benda hanyut dan rusak, kerusakan infrastruktur dan bangunan perkantoran sehingga aktivitas pemerintahan/perekonomian lumpuh total. Berdasarkan data dari BNPB Kota Manado, total kerusakan yang diakibatkan oleh banjir tahun 2014 yaitu: rumah hanyut 840 unit, rusak berat 3,688 unit, rusak sedang 1,966 unit, rusak ringan 4789 unit, 29 gereja rusak, 27 unit masjid rusak dan 99 sekolah rusak, warga yang terkena dampak banjir tersebut mencapai 86,355 jiwa dan korban meninggal 18 orang (Lahiwi, 2017). Sebaran banjir di Kota Manado pada tahun 2014 disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Sebaran banjir di Kota Manado tahun 2014
(BWS Sulawesi I, 2016)

Berbagai upaya pengendalian banjir dilaksanakan untuk menangani masalah banjir. Salah satunya adalah upaya struktural yang dilaksanakan di lokasi berupa normalisasi dan penanggulangan di hilir Sungai Tondano yang termasuk dalam kegiatan *urban flood control in selected cities* (IP-551), serta normalisasi di Sungai Tikala.

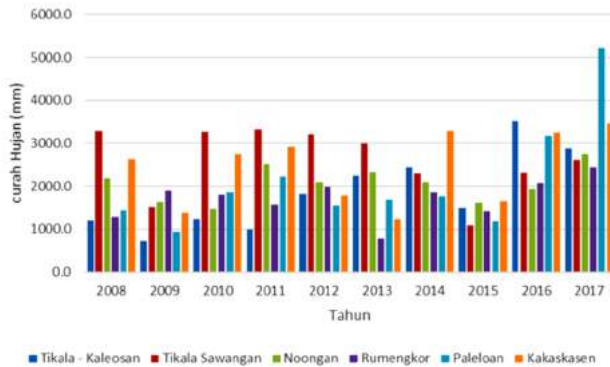
Tujuan kajian ini adalah mendapatkan daerah luapan banjir dan tingkat risiko bencana banjir Sungai Tikala di Kota Manado sehingga dapat direkomendasikan upaya pengendalian banjir yang tepat untuk mengurangi tingkat risiko bencana banjir Sungai Tikala, Kota Manado.

2. Metodologi

Lokasi kajian berada di sepanjang Sungai Tikala yang berada di wilayah Kota Manado, dari batas kota di bagian hulu dan pertemuan Sungai Tikala dengan Sungai Tondano di Bagian Hilir, sepanjang ±9,5 km. Unit analisis risiko yang digunakan adalah kelurahan, yang terdiri dari 9 kelurahan di Kota Manado yang berada di sekitar Sungai Tikala yaitu kelurahan Tikala Ares, Banjer, Tikala Baru, Paal IV, Dendengan Luar, Dendengan Dalam, Ranomuut, Perkamil dan Malendeng.

Pengumpulan data meliputi: data hujan menggunakan data pos pencatatan hujan Tikala-Sawangan, Tikala-Kaleosan, Tikala- Rumengkor, Malalayang-Kakaskasen, Noongan, dan Paleloan selama 10 tahun dari tahun 2008 hingga 2017. Data debit dari pos duga air Sawangan, Paal IV dan Kairagi. Data DEM menggunakan data DEMNAS dari <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>. Data penutupan lahan menggunakan data penutupan lahan 2011 dari <http://www.webgis.dephut.go.id:8080>. **Gambar 2** menunjukkan jumlah curah hujan tahunan pada masing-masing pos pencatatan hujan dari tahun 2008-2017.

Langkah pertama adalah membuat analisis hidrologi dengan menggunakan HSS metode GAMA-1, SCS, Snyder, Nakayasu, ITB-1 dan ITB-2. Kedalaman



Gambar 2. Curah hujan tahunan

banjir maksimum dimodelkan secara numerik dua dimensi dengan HEC-RAS 5.0.7 menggunakan data batimetri terbaru dan menyertakan pengaruh pasang surut (Farid, dkk, 2017). Hasil pemodelan dibandingkan dengan data pencatatan banjir untuk verifikasi akurasi model (Formanek, dkk, 2013). Dalam kajian ini digunakan data kejadian banjir Kota Manado tahun 2014.

Pada studi ini banjir dimodelkan pada tiga kondisi atau skenario. Kondisi pertama adalah kondisi eksisting tanpa upaya pengendalian. Kondisi kedua atau skenario 1 adalah dengan upaya pengendalian banjir normalisasi Sungai Tondano dan Bendungan Kuwil Kawangkoan. Kondisi ketiga atau skenario 2 adalah dengan upaya pengendalian banjir normalisasi Sungai Tondano, Bendungan Kuwil Kawangkoan dan Normalisasi Sungai Tikala.

Kondisi batas (*boundary condition*) pemodelan adalah hidrograf debit Q_{50} Sungai Tondano memperhitungkan debit outflow Bendungan Kuwil dimana debit outflow untuk kala ulang 50 tahun untuk kondisi elevasi air dalam waduk 103,6 m atau pada *high water level* (HWL) adalah 495,4 m³/s dengan puncak pada jam ke 9 (Lahamendu dkk, 2019), hidrograf debit Q_{50} Sungai Tikala, dan elevasi pasang tertinggi (HWS) di Teluk Manado setinggi 1,287 (Palar, 2010).

Kemudian dilakukan analisis tingkat efektifitas upaya-upaya pengendalian banjir yang dilakukan, dengan parameter tingkat reduksi risiko bencana banjir serta nilai manfaat biayanya. Analisis risiko banjir disusun berdasarkan Peraturan Kepala BNPB No. 2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Analisis nilai manfaat biaya dihitung dengan metode *benefit cost ratio*.

2.1 Risiko banjir

Risiko banjir didefinisikan sebagai kombinasi dari kemungkinan probabilitas banjir dan potensi akibat yang ditimbulkannya terhadap kesehatan manusia, lingkungan, warisan budaya dan aktivitas ekonomi yang diasosiasikan dengan sebuah kejadian banjir (*Flood Risk Directive*, 2007 dalam De Bruijn, 2009). Dalam analisis risiko banjir ada beberapa perhitungan seperti tingkat ancaman, tingkat kerugian dan tingkat kapasitas (Farid, dkk, 2020).

Tingkat risiko bencana secara umum berbanding lurus dengan besar ancaman dan kerentanan, serta berbanding terbalik

dengan kapasitas. Demikian risiko bencana seperti diuraikan dalam Perka BNPB No. 2 Tahun 2012, dalam peraturan tersebut kajian risiko bencana dapat dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

$$\text{Resiko} \approx \text{Ancaman} * \frac{\text{Kerentanan}}{\text{Kapasitas}} \quad (1)$$

Analisis risiko metode semikuantitatif ini menggunakan faktor pembobotan dan indeks untuk menyederhanakan proses analisis secara umum digunakan sejumlah penelitian terkait risiko bencana.

2.2 Indeks ancaman banjir

Bahaya banjir dicirikan dengan probabilitas banjir, kedalaman banjir, kecepatan aliran, kecepatan naiknya tinggi muka air dan sebagainya (De Bruijn, 2009), yang paling umum digunakan sebagai parameter adalah kedalaman, karena parameter kedalaman lebih mudah untuk diketahui besarnya. Studi Sarminingsih, dkk., 2014, menunjukkan hubungan peningkatan kedalaman banjir dengan peningkatan risiko bencana banjir. Namun selain kedalaman, parameter yang penting untuk diperhatikan adalah kecepatan, karena aliran dengan kecepatan yang tinggi memiliki energi yang besar dan dapat menyebabkan kerusakan besar. Menurut Sarminingsih dkk, 2014, bahaya banjir berdasarkan kecepatan diklasifikasikan sebagai bahaya rendah jika $DV < 0.75 \text{ m}^2/\text{s}$, bahaya sedang jika $0.75 \text{ m}^2/\text{s} < DV < 1.1 \text{ m}^2/\text{s}$ dan bahaya tinggi jika $DV > 1.1 \text{ m}^2/\text{s}$.

2.3 Indeks kerentanan

Kerentanan dapat dibagi-bagi ke dalam kerentanan sosial, ekonomi, fisik dan lingkungan. Penentuan indeks penduduk terpapar dihitung dari komponen sosial budaya di kawasan bencana. Komponen ini diperoleh dari indikator kepadatan penduduk dan indikator kelompok rentan pada suatu daerah bila terkena bencana.

Sedangkan kerentanan ekonomi bersama dengan kerentanan fisik dan lingkungan merupakan komponen dalam menghitung besar indeks kerugian dari suatu wilayah yaitu potensi kerugian daerah dalam satuan rupiah. Menurut Perka BNPB nomor 2 tahun 2012, terdapat dua indikator yang digunakan dalam menghitung indeks kerentanan ekonomi yaitu luas lahan produktif dan PDRB. Indikator yang digunakan untuk kerentanan fisik pada kajian ini adalah rumah, fasilitas umum dan fasilitas kritis. Indeks kerentanan lingkungan ditentukan oleh indikator tutupan lahan yang berupa hutan lindung, hutan alam, hutan bakau/mangrove, rawa dan semak belukar.

Data yang diperoleh untuk seluruh komponen kemudian dibagi dalam tiga kelas ancaman yaitu rendah, sedang dan tinggi. Dengan demikian nilai komponen kerentanan terhadap banjir adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kerentanan} = & (0.4 * \text{skor kerentanan sosial}) \\ & + (0.25 * \text{skor kerentanan ekonomi}) \\ & + (0.25 * \text{skor kerentanan fisik}) \\ & + (0.1 * \text{skor kerentanan lingkungan}) \end{aligned} \quad (2)$$

2.4 Indeks kapasitas

Indeks Kapasitas didefinisikan sebagai kemampuan suatu wilayah, baik dari sisi pemerintah maupun swasta untuk melakukan tindakan antisipasi dan mitigasi untuk mengurangi ancaman dan kerugian akibat terjadinya suatu bencana (Lahiwu, dkk, 2017).

Indeks kapasitas daerah Kota Manado adalah sedang dengan skor 0,77 (BNPB, 2018). Indeks kapasitas dihitung berdasarkan tujuh prioritas yaitu :

- Perkuatan kebijakan dan Kelembagaan,
- Pengkajian risiko dan perencanaan terpadu,
- Pengembangan Sistem Informasi, Diklat, dan Logistik,
- Penanganan Tematik Kawasan Rawan Bencana,
- Peningkatan Efektifitas Pencegahan dan Mitigasi Bencana,
- Perkuatan Kesiapsiagaan dan Penanganan Darurat Bencana,
- Pengembangan Sistem Pemulihan Bencana (BNPB,2012).

Tingkat ketahanan dan ketangguhan Kota Manado terhadap bencana adalah sedang, yang dinilai berdasarkan 9 kriteria yaitu tata ruang, infrastruktur, fasilitas pelayanan publik, social ekonomi, penelitian teknologi dan ekosistem, perencanaan dan perizinan, kemampuan dasar stakeholder, kesiapsiagaan stakeholder serta kelembagaan dan anggaran (Watung dkk, 2018).

2.5 Tingkat risiko

Peta risiko banjir dapat mencegah peningkatan risiko bahaya banjir sebagai implikasi dari kesadaran akan bahaya pembangunan tata guna lahan dan menjadi sangat penting (Farid, 2017). Setelah diperoleh indeks-indeks yang dipersyaratkan yaitu indeks ancaman, indeks kerentanan dan indeks kapasitas, maka selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan tingkat ancaman, tingkat kerugian, tingkat kapasitas dan tingkat risiko bencana. Penentuan tingkat risiko menggunakan matriks yang menggabungkan tingkat kerugian dengan tingkat kapasitas. Penentuan tingkat kerugian dilakukan dengan menghubungkan indeks kerugian dengan tingkat ancaman. Penentuan tingkat kapasitas dilakukan dengan menghubungkan Tingkat Ancaman dengan Indeks Kapasitas Daerah. Dalam matriks penentuan tingkat kapasitas, indeks kapasitas berkebalikan dengan tingkat ancaman, karena tingkat kpsitas menunjukkan bagaimana kapasitas suatu wilayah mampu mengantisipasi kerugian akibat adanya ancaman bencana. Tingkat ancaman dianalisis dengan menggunakan hasil dari Indeks Ancaman dan Indeks Penduduk Terparap.

2.6 BCR

Perhitungan BCR menggunakan komponen biaya berupa biaya konstruksi, biaya OP dan biaya risiko. Asumsi biaya OP per tahun sebesar 0.5% dari biaya konstruksi (Khafid, 2019). Biaya risiko merupakan

kerugian akibat banjir. Sedangkan keutungan (benefit) per tahun adalah sebesar reduksi kerugian banjir.

3. Hasil dan Pembahasan

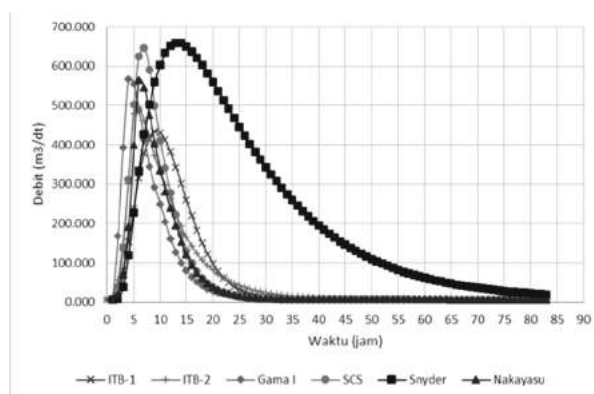
3.1 Analisis data hujan

Hasil perhitungan hujan rancangan pada DAS Tondano dan Sub DAS Tikala setelah dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan metode chi square, Smirnov-Kolmogorov serta parameter statistik dipilih distribusi Log Pearson III. **Tabel 1** memperlihatkan hasil perhitungan hujan rancangan DAS Todano dan Sub DAS Tikala.

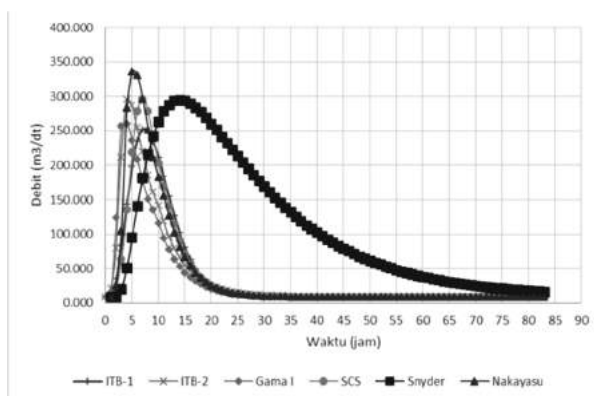
Koefisien pengaliran dianalisis berdasarkan kodoatie dan syarif, 2005, dan Sosrodarsono, 1980, dari peta

Tabel 1. Hujan rancangan DAS Tondano dan sub DAS Tikala

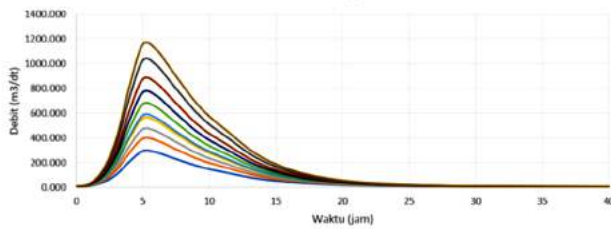
| Kala Ulang | DAS Tondano | Sub DAS Tikala |
|------------|-------------|----------------|
| 2 | 47.0 | 79.7 |
| 5 | 64.1 | 117.5 |
| 10 | 76.9 | 146.1 |
| 20 | 90.4 | 176.4 |
| 25 | 94.9 | 186.6 |
| 50 | 109.6 | 220.0 |
| 100 | 125.5 | 256.2 |
| 200 | 142.9 | 295.7 |
| 500 | 168.3 | 353.7 |
| 1000 | 189.6 | 402.3 |



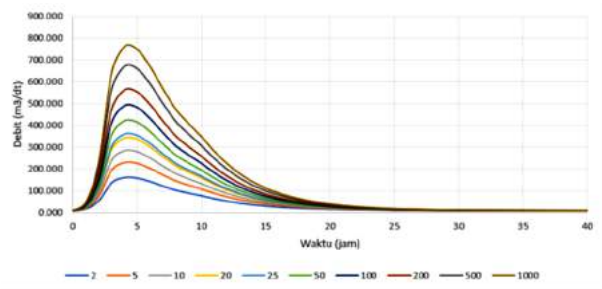
Gambar 3. Hidrograf DAS Tondano 2014



Gambar 4. Hidrograf sub DAS Tikala 2014



Gambar 5. Hidrograf debit banjir rancangan DAS Tondano

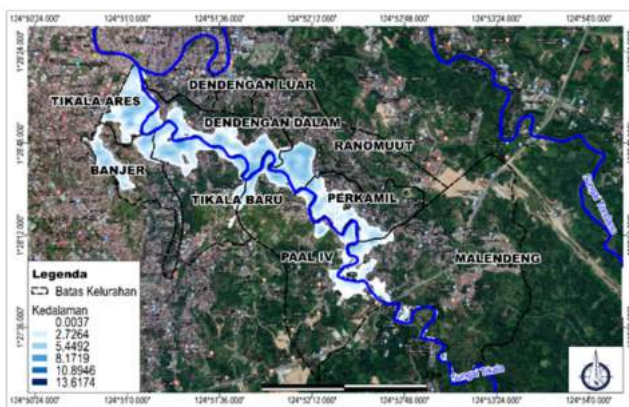


Gambar 6. Hidrograf debit banjir rancangan Sub DAS Tikala

tutupan lahan dengan menggunakan QGIS 3.10 didapatkan nilai koefisien pengaliran untuk DAS Tondano adalah 0.451 dan Sub DAS Tikala sebesar 0.509. Kalibrasi debit kejadian banjir 2014 menunjukkan metode Nakayasu lebih mendekati debit aktual maka selanjutnya digunakan HSS metode Nakayasu.

3.2 Hasil pemodelan banjir 2014

Pemodelan menggunakan HEC-RAS 5.0.7 secara dua dimensi. Hasil pemodelan HEC-RAS untuk kejadian banjir 2014 (Gambar 7) yang dikalibrasi dengan data luasan banjir aktual, kedalaman banjir aktual serta tinggi



Gambar 7. Hasil pemodelan banjir 2014

muka air di Pos Duga Air Tikala-Paal IV menunjukkan hasil yang bagus dengan nilai RMSE 0.11 untuk kalibrasi luasan dan 0.56 untuk kalibrasi kedalaman. Nilai kalibrasi dengan metode RSME mendekati nol menunjukkan bahwa model cukup mendekati nilai aktual. Sedangkan untuk kalibrasi tinggi muka air di pos duga air Tikala Paal IV menunjukkan selisih 0.58 m atau 58 cm. Hasil kalibrasi model cukup baik merepresentasikan luas dan kedalaman banjir aktual sehingga model dapat

digunakan untuk pemodelan selanjutnya, yaitu pemodelan berdasarkan skenario pengendalian banjir.

3.3 Analisis genangan banjir

Banjir disimulasikan untuk periode ulang 50 tahunan (Q_{50}) Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28 tahun 2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau. Hasil pemodelan banjir Sungai Tikala dengan debit Q_{50} di wilayah studi pada kondisi eksisting menghasilkan luasan banjir 2.454 km² (Gambar 8). Hasil pemodelan banjir Sungai Tikala dengan debit Q_{50} di wilayah studi pada skenario 1 menghasilkan luasan banjir 0.950 km² atau memberikan reduksi luasan banjir sebesar 61.29%. Hasil pemodelan banjir Sungai Tikala dengan debit Q_{50} di wilayah studi pada skenario 2 menghasilkan luasan banjir 0.169 km² atau memberikan reduksi luasan banjir sebesar 93.09%. Luasan banjir pada masing-masing kelurahan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luasan Banjir

| No | Kelurahan | Luasan Banjir (km ²) | | |
|---------|-----------------|----------------------------------|------------|------------|
| | | Eksisting | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 1 | Tikala Ares | 0.302 | 0.010 | 0.002 |
| 2 | Tikala Baru | 0.356 | 0.116 | 0.015 |
| 3 | Banjir | 0.231 | 0.015 | 0.000 |
| 4 | Paal IV | 0.386 | 0.198 | 0.045 |
| 5 | Dendengan Luar | 0.0066 | 0.000 | 0.000 |
| 6 | Dendengan Dalam | 0.409 | 0.154 | 0.032 |
| 7 | Ranomuut | 0.182 | 0.157 | 0.002 |
| 8 | Perkamil | 0.292 | 0.159 | 0.015 |
| 9 | Malendeng | 0.289 | 0.140 | 0.058 |
| Total | | 2.454 | 0.950 | 0.169 |
| Selisih | | | 1.504 | 2.285 |
| Reduksi | | | 61.29% | 93.09% |

3.4 Analisis risiko

Hasil penentuan tingkat ancaman dari indeks ancaman dan indeks kerugian dengan upaya pengendalian dengan skenario 1 berdampak cukup besar pada penurunan luasan banjir di beberapa kelurahan sehingga tingkat ancaman dapat diturunkan dari tinggi menjadi sedang. Sementara upaya pengendalian banjir skenario 2 secara signifikan menurunkan luasan banjir bahkan mengatasi banjir pada sebagian besar kelurahan meskipun secara penurunan tingkat ancaman sama dengan skenario 1. Tingkat ancaman tiap skenario pada masing-masing kelurahan ditampilkan pada Tabel 3.

Sedangkan hasil penentuan tingkat kerugian dengan upaya pengendalian dengan skenario 1 menurunkan tingkat kerugian di Kelurahan Dendengan Luar dari tinggi menjadi rendah. Kelurahan Banjir dari sedang menjadi rendah. Kelurahan Tikala Ares, Paal IV, Dendengan Dalam, Ranomuut, Perkamil dan Malendeng dari tinggi menjadi sedang. Sedangkan Kelurahan Tikala Baru tetap, hal ini terjadi karena indeks kerugian di Kelurahan Tikala Baru tidak mengalami perubahan tetap pada tingkat sedang.

Tabel 3. Tingkat ancaman

| No. | Kelurahan | Eksisting | Skenario 1 | Skenario 2 |
|-----|-----------------|-----------|------------|------------|
| 1 | Tikala Ares | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 2 | Tikala Baru | SEDANG | SEDANG | SEDANG |
| 3 | Banjer | SEDANG | SEDANG | SEDANG |
| 4 | Paal IV | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 5 | Dendengan Luar | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 6 | Dendengan Dalam | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 7 | Ranomuut | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 8 | Perkamil | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 9 | Malendeng | TINGGI | SEDANG | SEDANG |

Sementara upaya pengendalian banjir dengan skenario 2 menurunkan tingkat kerugian pada enam kelurahan menjadi rendah, karena penurunan tingkat ancaman dan tingkat kerugian. Pada tiga kelurahan yaitu Kelurahan Paal IV, Dendengan Dalam, Malendeng menjadi sedang. Tingkat kerugian tiap skenario pada masing-masing kelurahan ditampilkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Tingkat kerugian

| No. | Kelurahan | Eksisting | Skenario 1 | Skenario 2 |
|-----|-----------------|-----------|------------|------------|
| 1 | Tikala Ares | TINGGI | SEDANG | RENDAH |
| 2 | Tikala Baru | SEDANG | SEDANG | RENDAH |
| 3 | Banjer | SEDANG | RENDAH | RENDAH |
| 4 | Paal IV | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 5 | Dendengan Luar | TINGGI | RENDAH | RENDAH |
| 6 | Dendengan Dalam | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 7 | Ranomuut | TINGGI | SEDANG | RENDAH |
| 8 | Perkamil | TINGGI | SEDANG | RENDAH |
| 9 | Malendeng | TINGGI | SEDANG | SEDANG |

Dari hasil penentuan tingkat kapasitas, pada kondisi eksisting hampir seluruh kelurahan memiliki tingkat kapasitas rendah kecuali kelurahan Tikala Baru dan Banjer. Hal ini disebabkan oleh tingkat ancaman yang sedang pada kedua kelurahan tersebut. Upaya pengendalian banjir skenario 1 meningkatkan tingkat kapasitas di seluruh kelurahan menjadi sedang. Demikian pula dengan upaya pengendalian banjir skenario 2. Hal ini terjadi karena indeks ancaman dapat diturunkan menjadi rendah atau luasan, kedalaman dan kecepatan banjir secara signifikan telah berkurang. Tingkat kapasitas tiap skenario pada masing-masing kelurahan ditampilkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Tingkat kapasitas

| No. | Kelurahan | Eksisting | Skenario 1 | Skenario 2 |
|-----|-----------------|-----------|------------|------------|
| 1 | Tikala Ares | RENDAH | SEDANG | SEDANG |
| 2 | Tikala Baru | SEDANG | SEDANG | SEDANG |
| 3 | Banjer | SEDANG | SEDANG | SEDANG |
| 4 | Paal IV | RENDAH | SEDANG | SEDANG |
| 5 | Dendengan Luar | RENDAH | SEDANG | SEDANG |
| 6 | Dendengan Dalam | RENDAH | SEDANG | SEDANG |
| 7 | Ranomuut | RENDAH | SEDANG | SEDANG |
| 8 | Perkamil | RENDAH | SEDANG | SEDANG |
| 9 | Malendeng | RENDAH | SEDANG | SEDANG |

Dari hasil penentuan tingkat risiko yang dilakukan, diketahui bahwa tingkat risiko bencana pada kondisi eksisting hampir di seluruh kelurahan berada pada tingkat risiko tinggi kecuali kelurahan Tikala Baru dan Banjer (**Gambar 8**). Upaya pengendalian banjir dengan skenario 1 menurunkan tingkat risiko di Kelurahan Dendengan Luar dari tinggi menjadi rendah, di Kelurahan Tikala Ares, Paal IV, Dendengan Dalam, Ranomuut, Perkamil dan Malendeng dari tinggi menjadi sedang, serta Kelurahan Banjer dari sedang menjadi rendah. Kelurahan Tikala Baru tetap pada tingkat risiko sedang karena tingkat kerugian tidak berubah masih pada tingkat kerugian sedang (**Gambar 9**). Sementara upaya pengendalian banjir skenario 2 menurunkan tingkat risiko seluruh kelurahan baik dari tinggi menjadi sedang seperti pada Kelurahan Paal IV, Dendengan Dalam dan Malendeng, maupun dari tinggi menjadi rendah seperti pada Kelurahan Tikala Ares, Dendengan Luar, Ranomuut dan Perkamil. Sedangkan tingkat risiko di Kelurahan Tikala Baru dan Banjer turun dari sedang menjadi rendah (**Gambar 10**). **Tabel 2** menunjukkan rekapitulasi tingkat risiko untuk masing-masing kondisi pada tiap kelurahan. Tingkat risiko tiap skenario pada masing-masing kelurahan ditampilkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Tingkat risiko

| No. | Kelurahan | Eksisting | Skenario 1 | Skenario 2 |
|-----|-----------------|-----------|------------|------------|
| 1 | Tikala Ares | TINGGI | SEDANG | RENDAH |
| 2 | Tikala Baru | SEDANG | SEDANG | RENDAH |
| 3 | Banjer | SEDANG | RENDAH | RENDAH |
| 4 | Paal IV | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 5 | Dendengan Luar | TINGGI | RENDAH | RENDAH |
| 6 | Dendengan Dalam | TINGGI | SEDANG | SEDANG |
| 7 | Ranomuut | TINGGI | SEDANG | RENDAH |
| 8 | Perkamil | TINGGI | SEDANG | RENDAH |
| 9 | Malendeng | TINGGI | SEDANG | SEDANG |

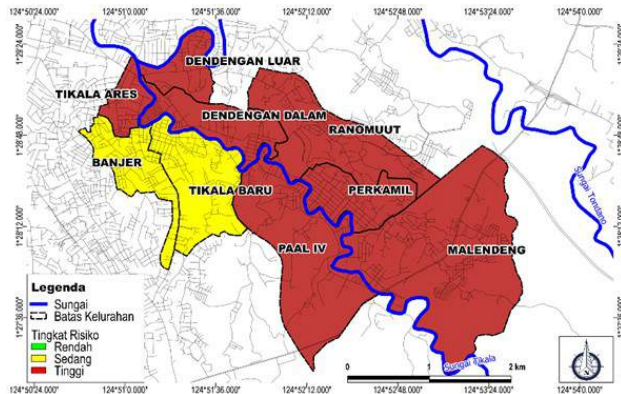
3.5 Analisis manfaat biaya

Perhitungan BCR menggunakan komponen biaya berupa biaya konstruksi, biaya OP dan biaya risiko. Bangunan diperkirakan berfungsi dengan baik pada tahun ke-50 atau 2069. Asumsi biaya OP per tahun sebesar 0.5% dari biaya konstruksi (Khafid, 2019). Menurut data Bank Indonesia 2014-2018, rata-rata suku bunga pinjaman investasi adalah sebesar 10.44%. Nilai Investasi untuk Normalisasi Sungai Tondano (IP551 paket 6A+6B) adalah Rp 119,579,050,288.00, Normalisasi Sungai Tikala sebesar Rp 481,888,517,800.00 dan Bendungan Kuwil Kawangkoan adalah Rp 1,467,724,000,000. Biaya risiko merupakan kerugian akibat banjir tiap skenario. Sedangkan keuntungan (benefit) per tahun adalah sebesar reduksi kerugian banjir, ditunjukkan pada **Tabel 7**.

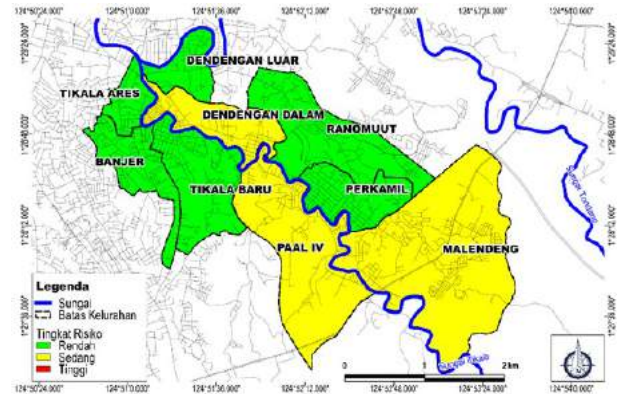
Dari hasil analisis BCR didapatkan nilai BCR untuk upaya pengendalian banjir skenario 1 sebesar 1.09 dan upaya pengendalian banjir skenario 2 sebesar 1.03.

Tabel 7. Nilai reduksi kerugian banjir (benefit) masing-masing skenario

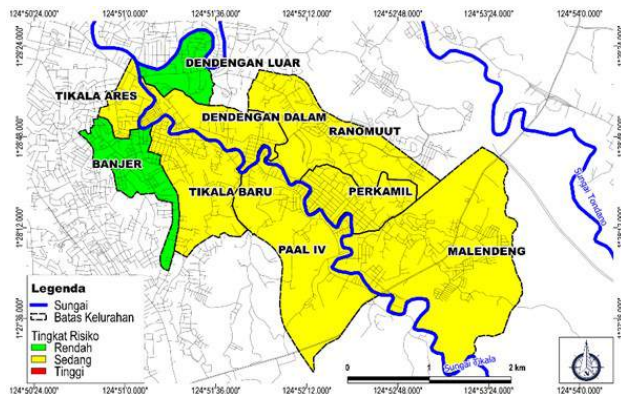
| No | Upaya Pengendalian | Kerugian Banjir (Rp) | Reduksi (benefit) (Rp) |
|----|------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 | Eksisting/tanpa upaya pengendalian | 309,875,395,637.00 | - |
| 2 | Skenario 1 | 28,759,265,497.00 | 281,116,130,140 |
| 3 | Skenario 2 | 3,833,124,446.00 | 306,042,271,191 |



Gambar 8. Tingkat risiko banjir eksisting



Gambar 10. Tingkat risiko banjir skenario 2



Gambar 9. Tingkat risiko banjir skenario 1

4. Kesimpulan

1. Tingkat risiko bencana banjir pada kondisi eksisting di tujuh kelurahan yaitu kelurahan Tikala Ares, Paal IV, Dendengan Luar, Dendengan Dalam, Ranomuut, Perkamil dan Malendeng adalah tinggi. Sedangkan di dua kelurahan yaitu Kelurahan Tikala Baru dan Banjer adalah sedang. Upaya Pengendalian Banjir dengan Skenario 1 menurunkan tingkat risiko di Kelurahan Dendengan Luar dari tinggi menjadi rendah, di Kelurahan Tikala Ares, Paal IV, Dendengan Dalam, Ranomuut, Perkamil dan Malendeng dari tinggi menjadi sedang, serta Kelurahan Banjer dari sedang menjadi rendah. Kelurahan Tikala Baru tetap pada tingkat risiko sedang. Upaya pengendalian Skenario 2 menurunkan tingkat risiko seluruh kelurahan baik dari tinggi menjadi sedang seperti pada Kelurahan Paal IV, Dendengan Dalam dan Malendeng, maupun dari tinggi menjadi rendah seperti pada Kelurahan Tikala Ares, Dendengan Luar, Ranomuut dan Perkamil. Sedangkan tingkat risiko di Kelurahan Tikala Baru dan Banjer turun dari sedang menjadi rendah. Sedangkan berdasarkan hasil analisis

ekonomi kedua skenario tersebut menghasilkan nilai $BCR > 1$, yang berarti kedua skenario tersebut layak untuk pembiayaan. (*feasible*).

2. Kedua skenario upaya pengendalian banjir yang dilakukan tidak sepenuhnya menghilangkan banjir yang ada. Namun berdasarkan luas genangan banjir, tingkat ancaman banjir, jumlah jiwa terdampak, potensi kerugian serta tingkat risiko yang dapat diturunkan atau di reduksi, maka upaya pengendalian banjir secara struktural sangat direkomendasikan untuk dilanjutkan dengan skenario 2 atau kombinasi antara Bendungan Kuwil Kawangkoan, Normalisasi di Sungai Tondano dan Normalisasi di Sungai Tikala.
3. Pengelolaan DAS secara menyeluruh, baik struktural dan nonstruktural yang didukung dengan koordinasi yang baik dari setiap pemangku kepentingan dari hulu ke hilir perlu dilaksanakan, karena upaya pengendalian secara struktural terutama di daerah hilir tidak dapat menghilangkan risiko yang ada secara keseluruhan. Untuk mendapatkan karakteristik banjir di lokasi studi yang lebih baik, diperlukan pendataan kejadian banjir yang lebih akurat. Perlu dilakukan pengkajian risiko pada tingkat administrasi yang lebih kecil (tingkat RW atau lingkungan) untuk mendapatkan peta risiko yang lebih akurat dan aplikatif.

Daftar Pustaka

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 2018, IRBI (Indeks Risiko Bencana Indonesia) Tahun 2018, BNPB. Jakarta.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 2012, Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) No.2 Tahun 2012: Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, BNPB, Jakarta.

- Bungkolu, Ivone P., Rumagit, Grace A. J. dan Kaunang, R., 2017, Analisis Kerentanan Kawasan Pemukiman pada Kawasan Rawan Banjir di Bagian Hilir Sungai Sario, *Jurnal Agri-Sosio Ekonomi Unsrat* ISSN: 1907-4298, 13, 119-132.
- De Bruijn K. M. and Klijn, F, 2009, Risky Places in The Netherlands: a First Approximation for Floods, *Journal of Flood Risk Management*, Vol. 2, 58-67.
- Dundu, A. K. T., 2014, Banjir Manado Apa yang Harus Dilakukan dan Oleh Siapa, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 12, 38-45.
- Farid, M., Gunawan, B., Kusuma, M. S.B., Habibi, S. A., Yahya, A., 2020, Assessment of Flood Risk Reduction in Bengawan Solo River: A Case Study of Sragen Regency, *International Journal of GEOMATE*, Vol 18, Issue 70, pp. 229-234.
- Farid, M., Marlina, A., Kusuma, M. S. B., 2017, Flood Hazard Mapping of Palembang City by using 2D Model, *AIP Conference Proceedings*, 1903, 1000009.
- Farid, M., Pusparani H. H., Kusuma, M. S. B., Natasapurta, S., 2017, Study of Effectiveness of Flood Control based on Risk Level: Case Study of Kampung Melayu Village and Bukit Duri Village, *MATEC Web Conf.*, Vol 101, 05003
- Formánek, A., Silasaari, R., Kusuma, M. S. B., Kardhana, H., 2013, Two-dimensional Model of Ciliwung River Flood in DKI Jakarta for Development of the Regional Flood Index Map. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, Vol. 45, Issue 3, pp. 307-325
- Khafid, A., Kuntoro, A, A., Natasaputra, S., Farid, M., Hatmoko, W., 2020, Flood Overflow Modelling for Analysis of Impact Loss and Flood Control Scenario Selection (Case Study: Karang Mumus River Samarinda City), *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, Vol. 5, Issue 1, pp. 282-287.
- Lahamendu, V. C., Hendratta, L. A., Jansen, T., 2019, Analisis Pengaruh Pembangunan Waduk Kuwil-Kawangkoan Terhadap Debit Banjir di Hilir Sungai Tondano, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 5, 491-504.
- Lahiwu, M., Hadihardaja, I. K., Suryadi, Y., 2017, Kajian Permodelan Spasial Dalam Mendukung Pengelolaan Dataran Banjir (Flood Plain Area) di Sungai Tondano Kota Manado, *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, Vol. 3 No. 2, 85-100.
- Nanlohy, B. J. B., Jayadi, R., dan Istiarto., 2008, Studi Alternatif Pengendalian Banjir Sungai Tondano di Kota Manado, *Forum Teknik Sipil*, Vol. I, 756-767.
- Palar, H. J., 2010, Pengaruh Reklamasi Terhadap Perubahan Garis Pantai di Teluk Manado, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung. 5-37.
- Sarminingsih, A., Soekarno, I., Hadihardaja, I.K., and Kusuma, M. S. B., 2014, Flood Vulnerability Assesment of Upper Citarum River Basin, West Java, Indonesia, *International Journal of Applied Engineering Research*, 9, 22921-22940.
- Watung, C. H. T., Sela, Rieneke L. E., Tondobala, Linda. (2018): Tingkat Ketangguhan dan Ketahanan Kota Manado Terhadap Bencana, *Jurnal Spasial*, 5, 46-60.