

ANALISIS KERUNTUHAN WADUK KUWIL – KAWANGKOAN DENGAN MENGGUNAKAN BANTUAN PROGRAM HEC- RAS

Ronaldo Toar Palar

Isri R Mangangka, Cindy J. Supit.

Prodi S2 Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi

email: ronaldo.palar@gmail.com

ABSTRAK

Fungsi utama Waduk Kuwil Kawangkoan adalah sebagai pengendalian banjir, penyimpanan dan pengaturan pasokan air guna kebutuhan domestik dan industri. Disamping memiliki manfaat yang besar, juga memiliki ancaman bencana apabila terjadi keruntuhan baik secara overtopping maupun pipping.

Analisis untuk memperoleh informasi mengenai daerah genangan dari simulasi keruntuhan Waduk Kuwil menggunakan program HEC-RAS. Hasil analisis Daerah genangan air untuk Kecamatan Paldua dengan luas genangan 8,27 km² tinggi air 0,003-83,038 m, Kecamatan Tikala luas daerah tergenang 3,15 km² tinggi muka air 0,003 – 83,038 m, Desa Kuwil luas daerah genangan 2,21 km² tinggi muka air 0,67 – 29,02 m, Kecamatan Wenang 2,06 km² tinggi muka air 0,003 – 83,038 m, Kecamatan Singkil dengan daerah yang tergenang 1,79 km² ketinggian muka air 0,003 – 83,038 m, Kecamatan Tuminting daerah yang tergenang 0,73 km² tinggi muka air 0,003 – 83,038 m, Kecamatan Sario daerah yang tergenang 0,44 km² tinggi muka air 0,003 -83,038 m dan Kecamatan Wanea dengan daerah genangan 0,26 km² tinggi muka air 0,157 – 9,83 m.

Kata kunci : *genangan, keruntuhan waduk, HEC-RAS, overtopping, pipping*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Waduk Kuwil Kawangkoan berfungsi utama sebagai pengendalian banjir serta penyimpanan dan pengaturan pasokan air guna kebutuhan domestik dan industri yang akan melayani kebutuhan air di kota Bitung, Kota Manado serta KAPET Manado-Bitung yang merupakan salah satu kawasan strategis Nasional (KSN), disamping memiliki manfaat yang besar juga memiliki ancaman bencana apabila terjadi keruntuhan.

Pada umumnya keruntuhan waduk disebabkan karena terjadinya *overtopping*, yaitu melimpasnya air melalui puncak bendungan. Penyebab lain keruntuhan bendungan adalah *piping*, yaitu mengalirnya air melalui lubang-lubang pada tubuh atau pondasi bendungan. Karena keruntuhan waduk akan mengakibatkan timbulnya banyak korban jiwa, harta benda, fasilitas umum, dan kerusakan lingkungan yang sangat parah didaerah hilir akibatnya dapat menggenangi daerah/kawasan yang banyak terdapat fasilitas umum.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan suatu analisis untuk memperoleh informasi mengenai daerah genangan berdasarkan hasil simulasi keruntuhan Waduk Kuwil dengan menggunakan program HEC-RAS.

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan latar belakang masalah dan judul yang diangkat, maka ada beberapa teori yang melandasi penelitian ini yaitu, pertama Teori Hidrologi yang memerlukan suatu perhitungan analisis frekuensi curah hujan, perhitungan limpasan aliran dan debit banjir. Kedua Analisa hidrolika sungai, yang bertujuan untuk menganalisa profil muka air banjir di sungai dari debit banjir serta memetakan daerah genangan akibat keruntuhan bendung.

Lahamendu (2019) dalam penelitiannya tentang Analisis Pengaruh Pembangunan Waduk Kuwil-Kawangkoan terhadap Debit Banjir di Hilir Sungai Tondano menyatakan bahwa waduk akan mereduksi banjir secara

optimal apabila elevasi air dalam waduk tidak melebihi ketinggian low water level atau elevasi 87 meter ketika terjadi banjir, sehingga disarankan bagi instansi terkait pengelolaan waduk untuk menjaga elevasi tinggi muka air waduk tetap pada low water level ketika kemungkinan akan terjadinya banjir.

Widiantoro (2017) dalam penelitiannya Penelusuran Banjir akibat Keruntuhan Bendungan Kadumalik Jawa Barat merupakan salah satu proyek Ditjen Sumber Daya Air (SDA) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Pembangunan konstruksi bendungan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air yang beragam, akan tetapi bendungan juga dapat menimbulkan bencana banjir pada daerah hilir apabila terjadi keruntuhan. Pada penelitian ini dilakukan penelusuran banjir akibat keruntuhan Bendungan Kadumalik yang bertujuan untuk mendapatkan perilaku banjir akibat keruntuhan bendungan dalam rangka mitigasi bencana banjir akibat keruntuhan Bendungan Kadumalik.

Keruntuhan Bendungan Kadumalik dimodelkan secara 1D dengan HECRAS versi 4.1.0. Keruntuhan bendungan disimulasikan terjadi akibat overtopping dan piping. Simulasi keruntuhan dibagi menjadi tiga skenario untuk setiap tipe keruntuhan. Skenario bentuk keruntuhan tipe overtopping dan piping sama, yang membedakan saat menentukan durasi keruntuhan di setiap skenario keruntuhannya.

Ofanata dan Ruzardi (2018) melakukan Analisis Aliran Akibat Keruntuhan Bendungan Gonggang dengan Menggunakan HEC-RAS 4.1.0 menyatakan bahwa hasil simulasi keruntuhan bendungan menunjukkan debit puncak banjir dengan kecepatan banjir yang tinggi karena topografi Bendungan Gonggang yang memiliki kemiringan yang curam dan berbentuk v.

Hasil simulasi menunjukkan Bendungan Gonggang berada pada tingkat keamanan yang cukup tinggi terhadap limpasan akibat overtopping, Bendungan Gonggang terjadi overtopping apabila terjadi debit inflow sebesar 4,3x QPMF. Pada simulasi dengan overtopping menghasilkan banjir yang besar pada daerah hilir bendungan sebelum bendungan mengalami keruntuhan, hal ini karena debit inflow yang digunakan sebesar 4,3x QPMF melebihi kapasitas tampang Sungai Gonggang.

Uji Data Hujan Outlier

Sebelum data curah hujan dianalisa untuk mendapatkan curah hujan rancangan, terlebih dahulu dilakukan uji data outlier, untuk mengetahui apakah ada data curah hujan yang ekstrim karena kelalaian dalam pencatatan atau terjadi kondisi ekstrim. Uji data outlier dilakukan untuk data outlier tinggi rendah dengan syarat-syarat sbb:

- Uji outlier tinggi terlebih dahulu jika:
 $CsLog > 0.4$
- Uji outlier rendah terlebih dahulu jika:
 $CsLog < -0.4$
- Uji outlier tinggi dan rendah sekaligus jika:
 $-0.4 < CsLog < 0.4$

Penentuan Hujan Kawasan

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tinjauan, ada tiga metode untuk menentukan hujan rerata, antara lain :

1. Metode rerata aritmatik
2. Metode poligon Thiessen
3. Metode Isohiet

Distribusi Probabilitas Curah hujan

Dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III.

Dalam penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data harus dilakukan pengujian dengan menggunakan parameter statistik. Terdapat parameter-parameter yang dapat membantu dalam menentukan jenis sebaran yang tepat.

Parameter-parameter tersebut dibagi dalam 4 (empat) bagian besar pengukuran yaitu, pengukuran *central tendency*, pengukuran variabilitas, pengukuran kemencengan (skewness), dan pengukuran keruncingan (kurtosis).

Tabel 1. Parameter distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1.	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
2.	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
3.	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4.	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

Debit Banjir Rencana

Banjir rencana adalah debit maksimum yang dipakai sebagai dasar untuk perhitungan debit sehingga bisa digunakan untuk ukuran bangunan yang kita rencanakan berdasarkan periode kala ulang. Dalam menentukan besarnya debit banjir sungai yaitu berdasarkan data curah hujan perlu ditinjau hubungan antara hujan dan aliran sungai.

Besarnya debit di dalam sungai dapat ditentukan dari besarnya hujan, intensitas hujan, luas daerah hujan, lama waktu hujan, luas DAS dan ciri-ciri daerah itu, dengan demikian debit banjir rencana dapat dihitung. Dalam menganalisis debit banjir rencana digunakan bantuan program HEC-HMS

Program HEC-HMS

Software HEC-HMS dirancang untuk menghitung proses hujan aliran suatu sistem DAS. Software ini dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* dari *US Army Corps of Engineering*. Di dalam pemodelan HEC-HMS ini, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat digunakan, yaitu (HEC-HMS *Technical Reference Manual*, 2000:38):

1. *The initial and constant-rate loss model*,
2. *The deficit and constant-rate loss model*,
3. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded)*, dan
4. *The Green and Ampt loss model*.

Program HEC-RAS

HEC-RAS merupakan aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, River Analysis System (RAS), software ini dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam Institut for Water Resources (IWR) (Istiarto, 2014). HEC-RAS merupakan software satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one dimensional flow model*). HECRAS memiliki empat komponen analisa hidraulika satu dimensi untuk :

1. Hitungan profil muka air aliran permanen,
2. Simulai aliran tak permanen,
3. Hitungan transport sedimen,
4. Hitungan kualitas air.

Koefisien Kekasaran Manning

Brunner (2010) nilai koefisien kekasaran manning sangat bervariasi dan bergantung pada beberapa faktor seperti:

1. kekasaran permukaan,

2. vegetasi,
3. ketidakteraturan saluran,
4. alinyemen saluran,
5. penggerusan dan deposisi,
6. struktur penghambat,
7. ukuran dan bentuk dari saluran,
8. tinggi muka air dan debit,
9. perubahan musim,
10. temperature.

Pemilihan nilai koefisien kekasaran manning berpengaruh pada hasil komputasi profil muka air. Chow (1959) dalam Brunner (2010) memberikan angka minimum, normal, dan maksimum

Parameter Keruntuhan Bendungan

Keruntuhan bendungan diawali dengan rekahan (*breach*) yang terbentuk pada tubuh bendungan. Rekahan adalah bukaan yang terbentuk pada proses runtuhnya tubuh bendungan. Mekanisme keruntuhan bendungan tidak dapat dipahami dan diperkirakan dengan baik.

Keruntuhan bendungan dapat disimulasikan dengan anggapan bendungan runtuh secara total dan mendadak. Asumsi rekahan total dan secara mendadak ini digunakan untuk mempermudah jika diterapkan dalam teknik matematika untuk menganalisis gelombang banjir dari keruntuhan bendungan.

Beberapa badan Pemerintah Federal Amerika Serikat telah mempublikasikan petunjuk penentuan angka kisaran parameter keruntuhan bendungan yang mungkin terjadi. Apabila hasil parameter yang diperoleh dari pendekatan persamaan regresi tidak sesuai dengan kondisi topografi dan geologi lapangan, maka kisaran angka yang telah ditetapkan tersebut dapat digunakan sebagai batas minimum dan maksimum untuk mengestimasi parameter keruntuhan bendungan. Prediksi dalam menentukan parameter keruntuhan bendungan ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Parameter keruntuhan

Tipe Bendungan	Lebar Rata Rata Rekahan	Kemiringan Rekahan (H:V)	Waktu Keruntuhan (Jam)	Badan Federal
Earthem-Rockfill	(0,5-3,0)xHD	0 - 1,0	0,5 - 4,0	USACE
	(1,0-5,0)xHD	0 - 1,0	0,1 - 1,0	FERC
	(2,0-5,0)xHD	0 - 1,0 (slightly larger)	0,1 - 1,0	NWS

(Sumber: Brunner, 2014)

HD : tinggi bendungan

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Bendungan Kuwil direncanakan pada Sungai Tondano di sebelah hilir PLTA Tanggari II, tepatnya terletak di desa Kuwil, Kecamatan Kalawat, Kabupaten Minahasa Utara, Propinsi Sulawesi Utara dimana secara geografis terletak antara 124 ° 55 ' - 124 ° 56 ' Bujur Timur dan 1 ° 26 ' - 1 ° 27 ' Lintang Utara. Kondisi Topografi di sekitar rencana bendungan merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian berkisar antara 120 m sampai 125 m diatas permukaan laut.

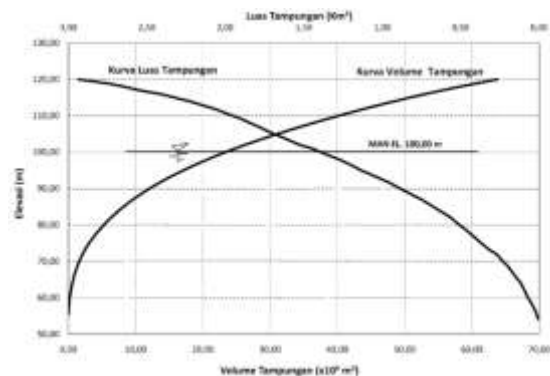
Data Teknis Waduk Kuwil

Bendungan

- Tipe : Urugan Batu dengan Inti Tegak
- Tinggi bendungan: 65.00 m
- Lebar puncak: 11,00 m
- Panjang puncak: 345,00 m
- Elevasi puncak: El. 106 m
- Kemiringan lereng : Hulu : 1 : 3,00
: Hilir : 1 : 2,50
- Volume timbunan: 2,737.600,00 m³

Bangunan Pelimpah (Spillway)

- Tipe: Kombinasi Pelimpah Bebas dan Berpintu
- Elevasi ambang bebas: El. 100,00 m
- Lebar Ambang bebas: 68,00 m (2@ 34,00 m)
- Elevasi Ambang berpintu: El. 95,50 m
- Lebar Ambang Berpintu: 11,00 m (2@ 5,50 m)
- Pintu Baja dengan roda tetap : 5,50 m (L) x 4,5 m (T), 2 set
- Stoplog Baja: 2 block @ 5,5 m (L) x 2,3 m (T), 1 set
- Panjang total: 295.00 m
- Panjang Peredam Energi: 40,00 m



Gambar 1. Hubungan antara elevasi, luas dan volume waduk Kuwil

Berdasarkan hasil survey Topografi di daerah genangan Waduk Kuwil maka didapatkan hubungan antara elevasi, luas dan volume waduk Kuwil seperti disajikan pada Gambar 1.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan Rencana

Data curah hujan merupakan data sekunder yang diperoleh dari stasiun pencatat curah hujan yang terdekat dengan lokasi penelitian. Data yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahunan yang diambil dari stasiun Sawangan, Rumengkor dan Kaleosan, dimana stasiun tersebut adalah yang paling dekat dengan lokasi penelitian. Data yang dipakai berjumlah 15 data dengan 15 tahun pengamatan (2005-2019).

Rekapitulasi dari data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data curah hujan maksimum

Tahun	Stasiun		
	Sawangan	Rumengkor	Kaleosan
2005	135.51	105.9	38.3
2006	81.36	63.6	74
2007	100.6	55.4	108
2008	130.8	82.1	70
2009	100.3	118.4	50.3
2010	123	104.5	76.1
2011	116	87.8	57
2012	110	111.5	90.2
2013	180.4	146.6	80.6
2014	110.5	183	170
2015	90	94.9	105
2016	70	76.2	478
2017	180	96	149
2018	76	78	103.5
2019	130	34	96

Analisis Data Outlier

Selanjutnya dilakukan Uji outlier ketiga stasiun yaitu sebagai berikut:

a. Sta Sawangan

Tabel 5. Outlier Sta Sawangan

Nb.	Tahun	Xi (mm)	Log Xi	(log Xi - log X)	(log Xi - log X) ²	(log Xi - log X) ³
1	2005	135.51	2.1320	0.0848	0.0072	0.0006
2	2006	81.36	1.9104	-0.1368	0.0187	-0.0026
3	2007	100.60	2.0026	-0.0446	0.0020	-0.0001
4	2008	130.80	2.1166	0.0694	0.0048	0.0003
5	2009	100.30	2.0013	-0.0459	0.0021	-0.0001
6	2010	123.00	2.0899	0.0427	0.0018	0.0001
7	2011	116.00	2.0645	0.0173	0.0003	0.0000
8	2012	110.00	2.0414	-0.0058	0.0000	0.0000
9	2013	180.40	2.2562	0.2091	0.0437	0.0091
10	2014	110.50	2.0434	-0.0038	0.0000	0.0000
11	2015	90.00	1.9542	-0.0929	0.0086	-0.0008
12	2016	70.00	1.8451	-0.2021	0.0408	-0.0083
13	2017	180.00	2.2553	0.2081	0.0433	0.0090
14	2018	76.00	1.8808	-0.1664	0.0277	-0.0046
15	2019	130.00	2.1139	0.0668	0.0045	0.0003
Jumlah		1734.47	30.7076	0.0000	0.2056	0.0031
		Mean (log X) =		2.0472		

Sumber: Hasil Olahan

b. Sta Rumengkor

Tabel 6. Outlier Sta Rumengkor

No.	Tahun	Xi (mm)	Log Xi	log Xi - log Xp	log Xi - log Xg	log Xi - log Xj
1	2005	105.90	2.0249	0.0710	0.0050	0.0004
2	2006	63.60	1.8035	-0.1505	0.0226	-0.0034
3	2007	55.40	1.7435	-0.2104	0.0443	-0.0093
4	2008	82.10	1.9143	-0.0396	0.0016	-0.0001
5	2009	118.40	2.0734	0.1194	0.0143	0.0017
6	2010	104.50	2.0191	0.0652	0.0043	0.0003
7	2011	87.80	1.9435	-0.0104	0.0001	0.0000
8	2012	111.50	2.0473	0.0934	0.0087	0.0008
9	2013	146.60	2.1661	0.2122	0.0450	0.0096
10	2014	183.00	2.2625	0.3085	0.0952	0.0294
11	2015	94.90	1.9773	0.0233	0.0005	0.0000
12	2016	76.20	1.8820	-0.0720	0.0052	-0.0004
13	2017	96.00	1.9823	0.0283	0.0008	0.0000
14	2018	78.00	1.8921	-0.0618	0.0038	-0.0002
15	2019	37.78	1.5772	-0.3767	0.1419	-0.0535
Jumlah		1441.68	29.3088	0.0000	0.3933	-0.0247
Mean (log X) =		1.9539				

Sumber: Hasil Olah

c. Sta Kaleosan

Tabel 7. Outlier Sta Kaleosan

No.	Tahun	Xi (mm)	Log Xi	g Xi - log Xp	g Xi - log Xg	g Xi - log Xj
1	2005	38.30	1.5832	-0.3923	0.1539	-0.0604
2	2006	74.00	1.8692	-0.1063	0.0113	-0.0012
3	2007	108.00	2.0334	0.0579	0.0034	0.0002
4	2008	70.00	1.8451	-0.1304	0.0170	-0.0022
5	2009	50.30	1.7016	-0.2740	0.0750	-0.0206
6	2010	76.10	1.8814	-0.0941	0.0089	-0.0008
7	2011	57.00	1.7559	-0.2196	0.0482	-0.0106
8	2012	90.20	1.9552	-0.0203	0.0004	0.0000
9	2013	80.60	1.9063	-0.0692	0.0048	-0.0003
10	2014	170.00	2.2304	0.2549	0.0650	0.0166
11	2015	105.00	2.0212	0.0457	0.0021	0.0001
12	2016	278.03	2.4441	0.4686	0.2196	0.1029
13	2017	149.00	2.1732	0.1977	0.0391	0.0077
14	2018	103.50	2.0149	0.0394	0.0016	0.0001
15	2019	96.00	1.9823	0.0068	0.0000	0.0000
Jumlah		1546.03	29.3975	-0.2353	0.6502	0.0314
Mean (log X) =		1.9598				

Sumber: Hasil Olah

Penentuan Hujan Rerata Kawasan

Metode yang digunakan dalam penentuan hujan rerata kawasan adalah metode Poligon Thiessen, Dengan menggunakan bantuan program ARC-GIS diperoleh luas daerah yang mewakili stasiun hujan, yaitu sebagai berikut:

a. DAS Tikala

Tabel 8: Luasan DAS Tikala

Tahun	Stasiun			total curah hujan maksimum
	Sawangan	Rumengkor	Kaelosan	
	24.36	17.51	40.56	
2005	3301.67	1854.35	1553.40	81.39
2006	1982.32	1113.66	3001.36	73.97
2007	2451.10	970.07	4380.36	94.64
2008	3186.91	1437.60	2839.12	90.54
2009	2443.79	2073.22	2040.11	79.54
2010	2996.87	1829.83	3086.53	95.99
2011	2826.32	1537.41	2311.85	80.98
2012	2680.13	1952.40	3658.41	100.58
2013	4395.41	2567.02	3269.04	124.12
2014	2692.31	3204.39	6895.01	155.18
2015	2192.83	1661.73	4258.68	98.42
2016	1705.54	1334.29	11276.77	173.67
2017	4385.66	1680.99	6043.27	146.90
2018	1851.72	1365.81	4197.84	89.96
2019	3167.42	661.62	3893.65	93.68

Sumber: Hasil Olah

b. DAS Tondano

Tabel 9. Luasan DAS Tondano

Tahun	Stasiun		total curah hujan maksimum
	Rumengkor	Kaelosan	
	78.45	107.68	
2005	8308.38	4124.02	66.79
2006	4989.73	7968.08	69.62
2007	4346.40	11629.10	85.83
2008	6441.15	7537.38	75.10
2009	9289.06	5416.14	79.00
2010	8198.54	8194.21	88.07
2011	6888.34	6137.58	69.98
2012	8747.72	9712.45	99.18
2013	11501.49	8678.75	108.42
2014	14357.25	18305.06	175.48
2015	7445.37	11306.06	100.74
2016	5978.27	29937.90	192.96
2017	7531.67	16043.84	126.66
2018	6119.48	11144.55	92.75
2019	2964.40	10336.97	71.46

Sumber: Hasil Olah

Pemilihan Tipe Distribusi

a. DAS Tondano

No	Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik pengamatan	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0$	$C_s \approx 0$	Tidak
		$C_k \approx 3$	$C_k \approx 3$	Mendekati
2	Log Normal	$C_s \approx 0.54$	$C_s \approx 0.34$	Tidak
		$C_k \approx 3,52$	$C_k \approx 2,98$	Mendekati
3	Gumbel	$C_s \approx 1,139$	$C_s \approx 1,25$	Tidak
		$C_k \approx 5,4$	$C_k \approx 4,96$	mendekati
4	Log Person III		Selain dari nilai di atas	

b. DAS Tikala

No	Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik pengamatan	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0$	$C_s \approx 0$	Tidak
		$C_k \approx 3$	$C_k \approx 3$	Mendekati
2	Log Normal	$C_s \approx 0,54$	$C_s \approx 0,98$	Tidak
		$C_k \approx 3,52$	$C_k \approx 3,42$	Mendekati
3	Gumbel	$C_s \approx 1,139$	$C_s \approx 1,42$	Tidak
		$C_k \approx 5,4$	$C_k \approx 4,64$	mendekati
4	Log Person III		Selain dari nilai di atas	

Berdasarkan hasil tinjauan parameter-parameter statistic data pengamatan terhadap syarat batas parameter, maka tipe distribusi yang digunakan adalah Log Pearson III.

Perhitungan Curah Hujan Rencana

Tabel 1. Curah hujan rencana untuk DAS Tikala

T	1/T	Kt	Sy	ȳ	Ytr	Xtr
1000	0.1	4.361234	0.11302	2.007764	2.500669	316.7152

Tabel 2. Curah hujan rencana untuk DAS Tondano Outlet Waduk Kuwil

T	1/T	Kt	Sy	ȳ	Ytr	Xtr
1000	0.1	3.620799	0.145028	1.976844	2.416985	261.2073

Analisis Debit Banjir dengan HEC-HMS

Sebelum dilakukan perhitungan pemodelan HEC-HMS untuk debit banjir rencana, harus dilakukan kalibrasi model perhitungan, karena kalibrasi adalah proses untuk membandingkan debit observasi dilapangan dengan debit hasil perhitungan. Data yang dikalibrasikan adalah data Curve Number (CN):

DAS Tondano



DAS Tikala



Setelah dilakukan kalibrasi CN, selanjutnya dilakukan perhitungan debit banjir,

berikut adalah hasil perhitungan debit banjir dengan menggunakan program HEC-HMS:

a. DAS Tikala



b. Waduk Kuwil

Untuk perhitungan debit banjir untuk keruntuhan Waduk Kuwil berdasarkan *overtopping* dan *piping* digunakan parameter keruntuhan, adalah sebagai berikut :

Overtopping

Tipe Keruntuhan berdasarkan rekahan	Tipe Keruntuhan berdasarkan waktu	Q1000	QPMF
0,5HD = 32,5M	30menit	17043.9	19241.2
	1 jam	11059.8	14034.7
	2 jam	6324.1	9132.7
1,5HD = 97,5M	30menit	22879.2	26028.4
	1 jam	12613.1	15285.2
	2 jam	7192.1	9901.1
3HD = 195M	30menit	22876.7	26441.7
	1 jam	13047.6	16175.8
	2 jam	7681	10257.9

Piping

Tipe Keruntuhan berdasarkan rekahan	Tipe Keruntuhan berdasarkan waktu	Piping		Overtopping	
		Q1000	QPMF	Q1000	QPMF
0,5HD = 32,5M	30menit	13786.2	19385.9	17043.9	19241.2
	1 jam	10902.6	11918.4	11059.8	14034.7
	2 jam	8028.1	10671.7	6324.1	9132.7
1,5HD = 97,5M	30menit	15650.7	17328.1	22860.8	26028.4
	1 jam	14637.4	17002.8	12598.8	15285.2
	2 jam	11387	13779.8	7187.5	9901.1
3HD = 195M	30menit	27175.3	28474	22876.7	26441.7
	1 jam	21736.6	24408.9	13047.6	16175.8
	2 jam	14010.3	15904.8	7681	10257.9

Analisis Pasang Surut

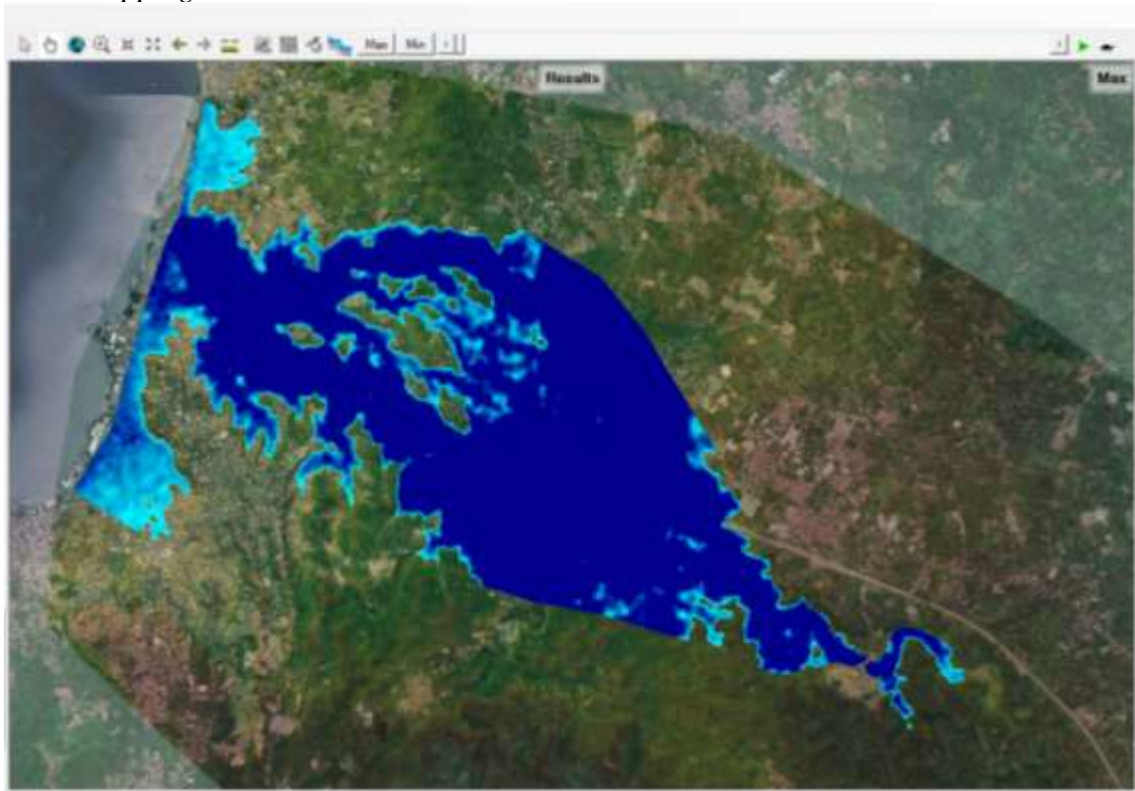
Metode yang digunakan untuk menganalisis pasang surut adalah menggunakan Metode Admiralty, dimana data yang digunakan adalah tanggal 01-29 Januari 2021. Dari perhitungan didapat :

MSL=	0.04	FORMZAHL=	0.31
HHWL=	269.35	MHWL=	239.88
LLWL=	23.01	MLWL=	52.49
Zo =	146.18		

Pemodelan Daerah Genangan dengan HEC-RAS

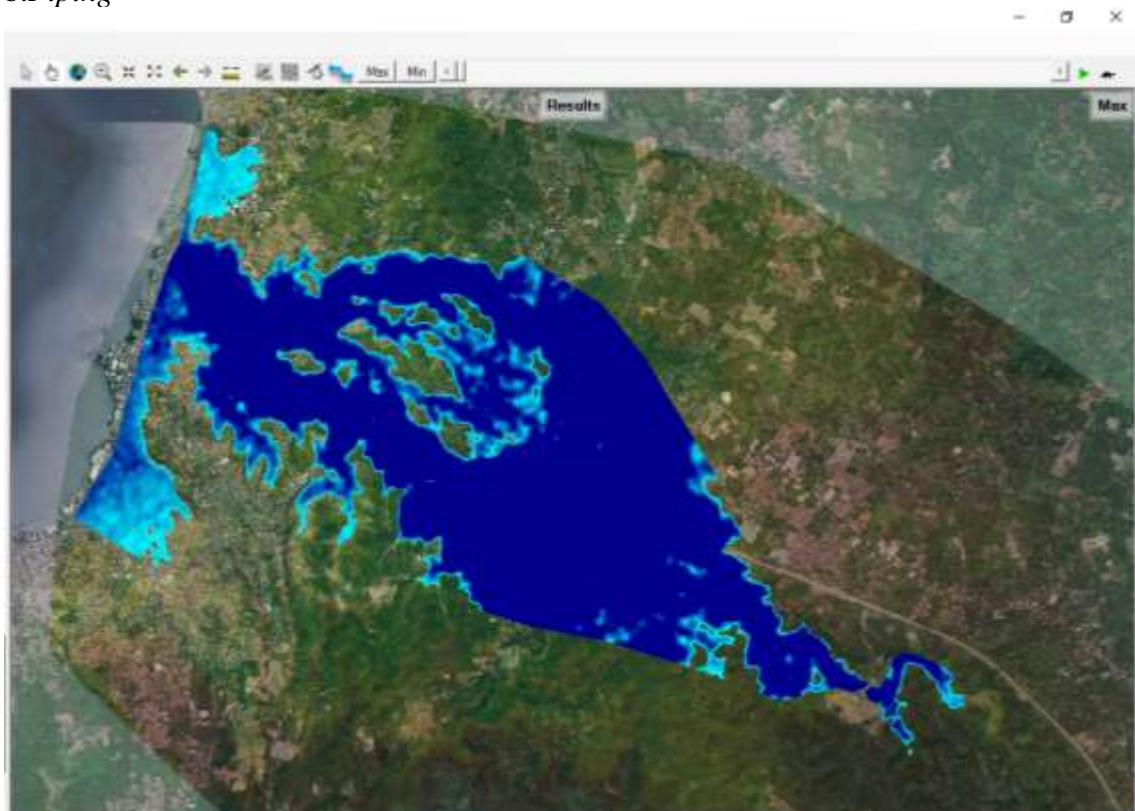
Dengan menggunakan program Hec – Ras 5.0.7 dilakukan pemodelan daerah genangan untuk keruntuhan Waduk Kuwil berdasarkan QPMF Overtopping dan Piping:

a. *Overtopping*



Sumber: Hasil olahan dengan HEC-RAS

b. *Piping*



Sumber: Hasil olahan dengan HEC-RAS

Berikut adalah hasil daerah genangan dari seluruh kelurahan di Manado yang terdampak:

Tabel 12. Daerah Genangan di Kota Manado

Kelurahan	Luas (km ²)		Kedalaman Air (m)	Kecepatan Aliran (m/det)
	Daerah	Daerah Tergenang		
Tikala Baru	0.78	0.55	0.003 - 83.038	1 - 25.65
Tikala Ares	0.33	0.33	0.003 - 83.038	
Taas	2.53	0.55	0.003 - 83.038	
Paal Empat	2.43	1.09	0.003 - 83.038	
Banjer	0.86	0.63	0.003 - 83.038	
Dendengan Dalam	0.72	0.69	0.003 - 83.038	1.37 - 113.16
Dendengan Luar	0.45	0.37		
Kairagi Weru	1.45	1.26		
Paldua	2.99	2.31		
Perkamil	0.72	0.61		
Ranomut	1.59	1.18		
Malendeng	1.85	1.85		
Calaca	0.24	0.24		
Istiqal	0.10	0.10		
Komo Luar	0.06	0.06		
Lawangirung	0.24	0.24	0.003 - 83.038	1.23 - 113.16
Mahakeret Barat	0.22	0.09		
Mahakeret Timur	0.18	0.05		
Pinaesaan	0.38	0.38		
Teling Bawah	0.30	0.06		
Tikala Kumaraka	0.23	0.23		
Wenang Selatan	0.45	0.07		
Wenang Utara	0.54	0.54		
Bumi Beringin	0.51	0.00		
Karame	0.16	0.16		
Ketang Baru	0.09	0.09	0.003 - 83.038	1.23 - 113.16
Kombos Barat	0.48	0.38		
Kombos Timur	1.97	0.43		
Singkil I	0.65	0.25		
Singkil II	1.11	0.05		
Ternate Baru	0.13	0.13		
Ternate Tanjung	0.12	0.12		
Wawonasa	0.18	0.18		
Bitung Karangria	0.36	0.21		
Kampung Islam	0.40	0.24		
Sindulang I	0.27	0.19	0.003 - 83.038	1.23 - 113.16
Sindulang II	0.13	0.10		
Sario Utara	0.41	0.08		
Titiwungan Utara	0.18	0.16	0.003 - 83.038	0,07 - 1,15
Titiwungan Selatan	0.23	0.20		
Tanjung Batu	0.58	0.26	0.157 - 9,83	0.02 - 20.98

Sumber: Hasil Olahan

Sistem Peringatan Dini

Sistem peringatan dini dilaksanakan, apabila alat pengukur ketinggian muka air Waduk Kuwil telah mencapai level siaga dan terus naik, maka status Waduk Kuwil harus ditingkatkan menjadi siaga. Sehingga Pemerintah dapat memberikan informasi kepada masyarakat untuk segera siap siaga.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Dari hasil simulasi keruntuhan waduk dengan menggunakan program HEC-RAS didapat daerah genangan yaitu Kecamatan

Paldua dengan luas genangan 8,27 Km² tinggi air 0,003-83,038 m dengan kecepatan 1,37 – 113,16 m/dtk dengan Kelurahan yang tergenang Dendengan Dalam daerah yang tergenang 0,69 km², Dendengan Luar 0,37 km², Kairagi Weru km², Paldua 2,31 km², Perkamil 0,61 km², Ranomut 1,18 km², dan Malendeng 1,85 km², Kecamatan Tikala 3,15 Km² tinggi muka air 0,003 – 83,038 m dengan kecepatan 1 – 25,65 m/dtk dengan Kelurahan yang tergenang Tikala Baru 0,55 km², Tikala Ares 0,33 km², Paal Empat 1,09 km², dan Banjer 0,63 km²., Desa Kuwil 2,21 Km² tinggi muak air 0,67 – 29,02 m dengan kecepatan 0,74 – 59,17m/dtk, Kecamatan Wenang 2,06 km² tinggi muka air 0,003 – 83,038 m dengan kecepatan 1,23 – 113,16 m/dtk dengan Kelurahan yang tergenang Calaca 0,24 km², Istiqal 0,1 km², Komo Luar 0,06 km², Lawangirung 0,24 km², Mahakeret Barat 0,09 km²,Mahakeret Timur 0,05 km², Pinaesaan 0,38 km², Teling Bawah 0,06 km², Tikala Kumaraka 0,23 km², Wenang Selatan 0,07 km², Wenang Utara 0,54 km², Kecamatan Singkil dengan daerah yang tergenang 1,79 Km² ketinggian muka air 0,003 – 83,038 m dengan kecepatan 1,23 – 113,16 m/dtk Kelurahan yang tergenang Karame 0,16 km², Ketang Baru 0,09 km², Kombos Barat 0,38 km², Kombos Timur 0,43 km², Singkil I 0,25 km², Singkil II 0,05 km², Ternate Baru 0,13 km², Ternate Tanjung 0,12 km², dan Wawonasa 0,18 km², Kecamatan Tuminting daerah yang tergenang 0,73 Km² tinggi muka air 0,003 – 83,038 m dengan kecepatan 1,23 – 113,16 m/dtk kelurahan yang tergenang Bitung Karangria 0,21 km², Kampung Islam 0,24 km², Sindulang I 0,19 km², dan Sindulang II 0,1 km², Kecamatan Sario daerah yang tergenang 0,44 Km² tinggi muka air 0,003 -83,038 m dengan kecepatan 0,07 – 1,15 m/dtk kelurahan yang tergenang Sario Utara 0,08 km², Titiwungan Utara 0,16 km² dan Titiwungan Selatan 0,02 km² dan Kecamatan Wanea hanya Kelurahan Tanjung Batu dengan daerah genangan 0,26 Km² tinggi muka air 0,157 – 9,83 m dengan kecepatan 0,02 – 20,98 m/dtk.

2. Debit banjir yang diperoleh dari hasil keruntuhan Waduk Kuwil dipengaruhi oleh

perubahan parameter rekahan dan waktu keruntuhan. Untuk tipe keruntuhan berdasarkan rekahan 3HD =195m dengan waktu keruntuhan 30 menit yaitu Piping $Q_{1000} = 27157,3$ m³/dtk QPMF = 28474 m³/dtk, Overtopping $Q_{1000} = 22876,7$ m³/dtk QPMF = 26441,7

Saran

1. Sebaiknya dilakukan juga perhitungan transport sedimen sehingga hasil bisa lebih efektif dalam keruntuhan waduk.
2. Perlu adanya antisipasi bencana untuk mengurangi dampak banjir yang dihasilkan dari keruntuhan Waduk Kuwil

DAFTAR PUSTAKA

- Brunner, G.W., 2010. Hydraulic Reference Manual. Army. Corps of Engineers. Unites States.
- Chow, V. T., 1989. Hidrolika Saluran Terbuka, Erlangga. Jakarta.
- Istiarto. (2014). *Bahan Ajar Simulasi Aliran Satu Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hec-RAS*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Lahamendu, V., 2019. Analisis Pengaruh Pembangunan Waduk Kuwil Kawangkoan terhadap Debit Banjir di Hilir Aliran Sungai Tondano, Jurnal Sipil Statik Vol 7, No 5, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Ofananta, Yusuf., Ruzardi., 2018. Analisis Aliran Akibat Keruntuhan Bendungan Gonggang dengan Menggunakan HEC-RAS 4.1.0, Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
- US Army Corps Of Engineers. (2010). *User Manual Hec-HMS*. US Army.
- Widiantoro, Hadid., Istiarto, 2017. Penelusuran Banjir akibat Keruntuhan Bendungan Kadumalik Jawa Barat, Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan