

SIMULASI HIDRODINAMIKA SUNGAI MATAKABO MENGUNAKAN MODEL *IRIC*

Ruslan Malik^{1,3*}, Muh. Saleh Pallu², Muhammad Arsyad Thaha²,
dan Mukhsan Putra Hatta²

¹Mahasiswa Program Doktor Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

³Balai Wilayah Sungai Maluku

*malikruslan79@gmail.com

Intisari

Bencana banjir dan sedimentasi merupakan salah satu dari akibat perubahan iklim dan penurunan fungsi daerah tangkapan air yang terjadi saat ini akibat tingginya intensitas hujan dan angkutan sedimen dari hulu sungai, demikian juga terjadi di Sungai Matakabo, Pulau Seram, Kabupaten Seram Bagian Timur. Salah satu upaya dalam pencegahan bahaya banjir dan sedimentasi adalah menganalisa pola aliran dan transport sedimen sehingga diperlukan suatu model yaitu model fisik dan model numerik yang dapat mensimulasikan dinamika pola aliran dan sebaran banjir yang pernah terjadi melalui berbagai data dan info kejadian. Salah satu model numerik dua dimensi yang dapat diterapkan untuk permasalahan hidrodinamika adalah *iRIC (International River Interface Cooperative)* dengan model *Solver Nays2DFlood*. *Nays2DFlood* merupakan model komputasi numerik dua dimensi yang mampu menyelesaikan beberapa masalah khususnya pemodelan, analisis banjir, perhitungan pola aliran, transport sedimen, erosi dasar dan erosi sungai, genangan banjir dengan *multiple inflow*. Persamaan yang digunakan adalah *unsteady flow* dua dimensi dalam *cartesian coordinates* dari *continuity equation* dan *momentum equations*. Hasil simulasi model *Nays2DFlood* memperlihatkan perubahan morfodinamika sungai yang berhubungan dengan sebaran banjir. Mengetahui dampak pembangunan Sabo Dam dalam meredam banjir sehingga menjadi sebuah referensi dalam penanganan, perencanaan, rekayasa sungai dan meningkatkan optimalisasi fungsi Sungai Matakabo.

Kata Kunci: Morfodinamika, banjir, sabo dam, *iRIC*

LATAR BELAKANG

Sungai Matakabo merupakan salah satu sungai besar di Wilayah Sungai (WS) Ambon–Seram yang memiliki panjang 42 km dengan luas DAS 286 km² dan 8 ordo sungai. Permasalahan utama di Sungai Matakabo adalah banjir dan sedimen yang disebabkan oleh tingginya angkutan sedimen dari hulu sungai sebagai dampak dari penurunan fungsi daerah tangkapan air. Penurunan fungsi daerah tangkapan air dapat memicu terjadinya longsoran dan *landslide* di bagian hulu yang dapat mempercepat proses sedimentasi di sepanjang sungai sampai ke hilir. Permasalahan ini harus segera ditangani karena Sungai Matakabo dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi dengan areal seluas 3.050 Ha. Salah satu upaya dalam pencegahan bahaya

banjir adalah menganalisa pola aliran dan transport sedimen yang terjadi. Untuk itu, diperlukan adanya suatu model numerik yang dapat mensimulasikan dinamika pola aliran dan sebaran banjir dan rekayasa pemodelan banjir yang akan datang melalui berbagai data dan info kejadian. Salah satu model numerik dua dimensi yang dapat diterapkan untuk kasus-kasus hidrodinamika adalah *iRIC (International River Interface Cooperative)* dengan model *Solver Nays2Dflood* yaitu model dua dimensi (2D) yang mampu menyelesaikan beberapa masalah khususnya pemodelan dan analisis banjir perhitungan pola aliran, transpor sedimen, evolusi dasar dan erosi sungai yang dikembangkan oleh Dr. Yasuyuki Shimizu dari Hokkaido University. Model *Solver Nays2Dflood* menggunakan data input topografi area penelitian, peta DAS dan perhitungan curah hujan rencana untuk menganalisis banjir dan memeriksa pengaruh curah hujan terhadap kejadian banjir di daerah tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

International River Interface Cooperative (iRIC) adalah perangkat lunak *open-source*. Perangkat lunak ini memiliki banyak pemecah, di antaranya pemecah *Nays2DFlood* dimasukkan dalam *iRIC* setelah model dimodifikasi oleh Ichiro Kimura dan Toshiki Iwasaka dari Universitas Hokkaido. Model ini memberikan kerangka terpadu yang lengkap, di mana informasi umum yang diperlukan oleh pemecah dapat dikumpulkan, pemodelan dapat dilakukan dan output simulasi dapat dianalisis. Dalam sistem koordinat Cartesian, persamaan aliran *unsteady* 2D, yaitu persamaan kontinuitas dan momentum, dapat dinyatakan seperti Persamaan (1) sampai Persamaan (7) berikut ini (Jang, dan Shimizu, 2005; Wongs, 2014; Shokory,dkk., 2016;).

Persamaan Kontinuitas:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial t} = q + r \quad (1)$$

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x \quad (2)$$

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + D^y \quad (3)$$

$$\frac{\tau_x}{\rho} = C_f u \sqrt{(u^2 + v^2)} \quad (4)$$

$$\frac{\tau_y}{\rho} = C_f v \sqrt{(u^2 + v^2)} \quad (5)$$

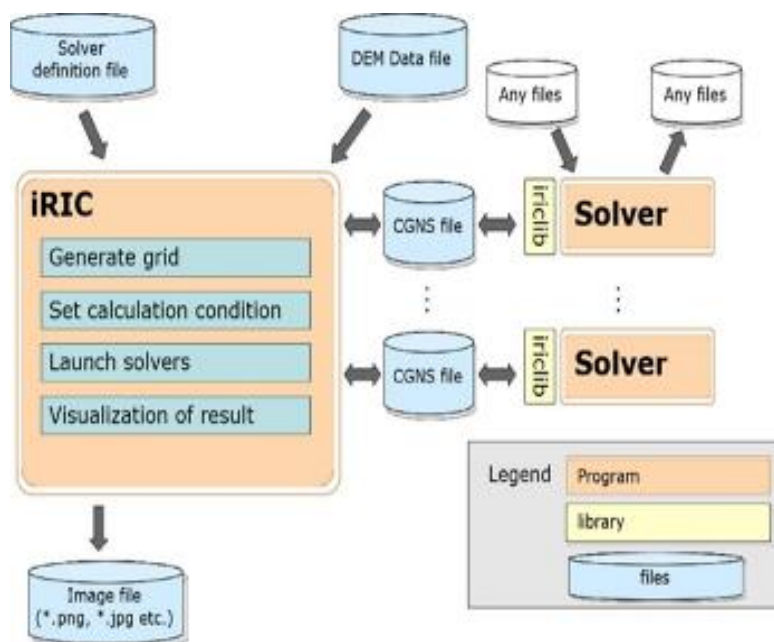
$$D^x = \frac{\partial}{\partial x} + \left[v_t \frac{\partial(uh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_t \frac{\partial(uh)}{\partial y} \right] \quad (6)$$

$$D^y = \frac{\partial}{\partial x} + \left[v_t \frac{\partial(vh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_t \frac{\partial(vh)}{\partial y} \right] \quad (7)$$

dengan:

- h : kedalaman air (m)
- t : waktu (s)
- u, v : kecepatan rata-rata arah x dan y (m/s)
- g : percepatan gravitasi,
- H : elevasi muka air (m)
- τ_x, τ_y : komponen tegangan geser dasar sungai arah x dan y
- Cf : koefisien gesek dasar sungai,
- Vt : koefisien viskositas eddy
- ρ : kerapatan massa air

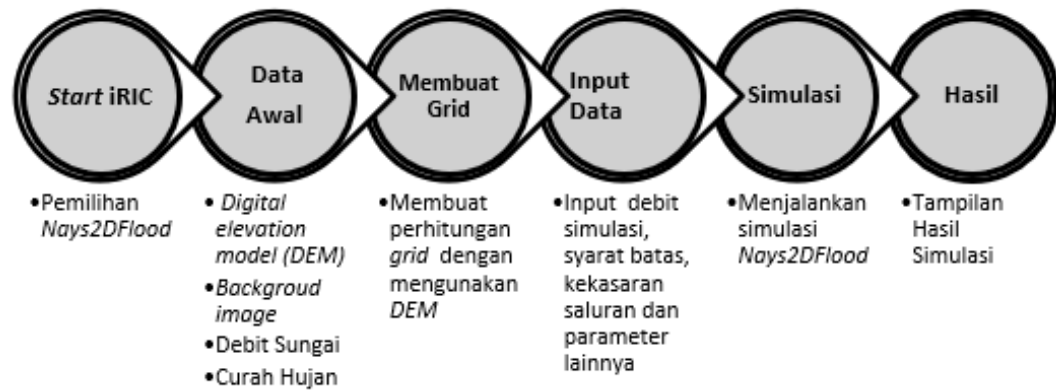
Persamaan berada dalam sistem koordinat Kartesius, aturan rantai Jacobian digunakan untuk mengkonversikannya menjadi sistem koordinat batas yang bergerak. Metoda *Cubic Interpolation Pseudo-particle (CIP)* juga disebut *high-order Godunov*, digunakan untuk penerapan persamaan aliran air. Variabel secara spasial diinterpolasi pada langkah waktu sebelumnya dengan menggunakan interpolasi *Cubic* dengan asumsi bahwa gradien spasial juga ditransportasi menggunakan persamaan konvektif yang sama. Informasi tentang sejumlah kecil *cell* yang berdekatan cukup untuk pendekatan ini untuk menghitung profil yang tepat dari variabel konveksi. Perubahan dalam konfigurasi aliran dan *floodplan* dihitung secara numerik pada langkah waktu terkecil yang diizinkan oleh kriteria CFL-nya. Perangkat lunak ini telah banyak ditemukan dalam pemodelan sungai, pemetaan banjir bandang (Shokory, dkk., 2016). Secara lengkap struktur umum model *iRIC* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur umum model *iRIC* (Nelson dkk., 2015)

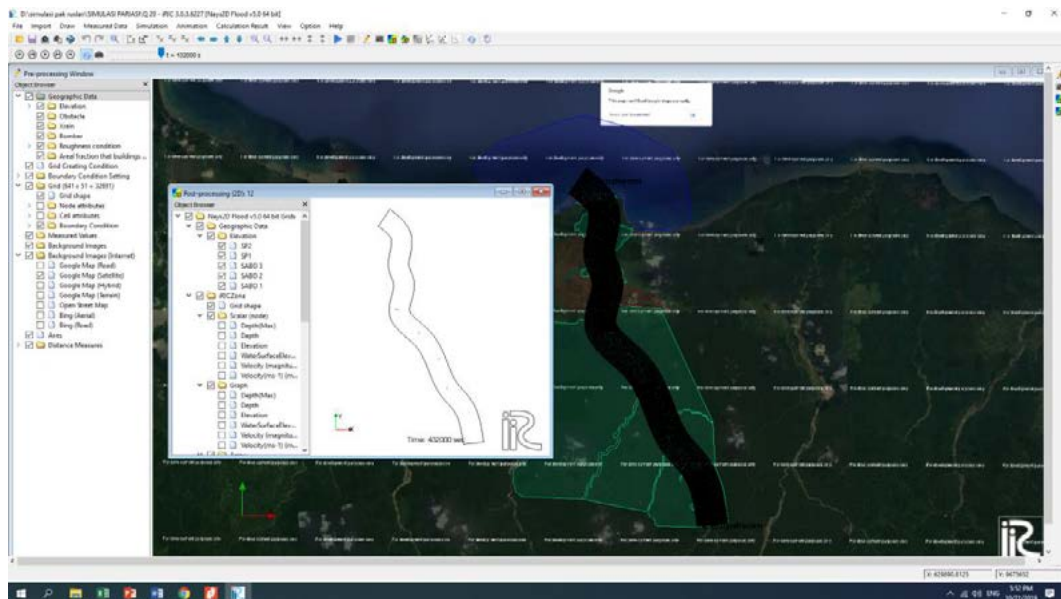
METODOLOGI STUDI

Tahapan pelaksanaan model banjir dua dimensi ini mengikuti prosedur pengoperasian *Nays2DFlood-iRIC* seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prosedur pengoperasian *Nays2DFlood-iRIC*

Ada beberapa tampilan berbeda yaitu tampilan pra-pemrosesan tempat data telah disiapkan, kondisi perhitungan telah ditetapkan, tampilan *solver* menjalankan simulasi dan tampilan akhir pemrosesan memvisualisasikan hasilnya. Visualisasi tampilan model *iRIC-Nays2DFlood* dapat dilihat pada Gambar 3.

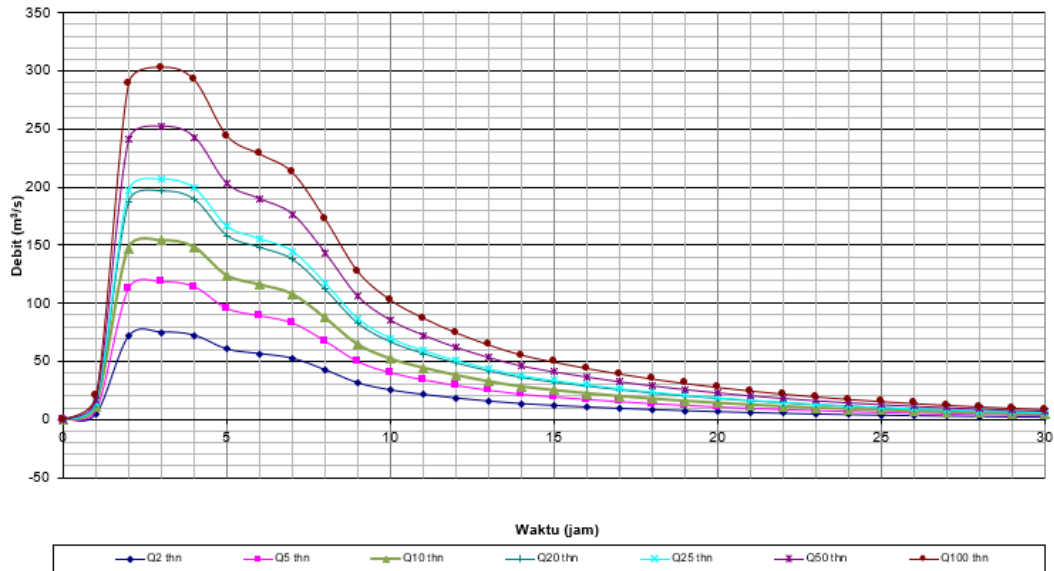


Gambar 3. Tampilan *iRIC Nays2DFlood*

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Debit Rencana

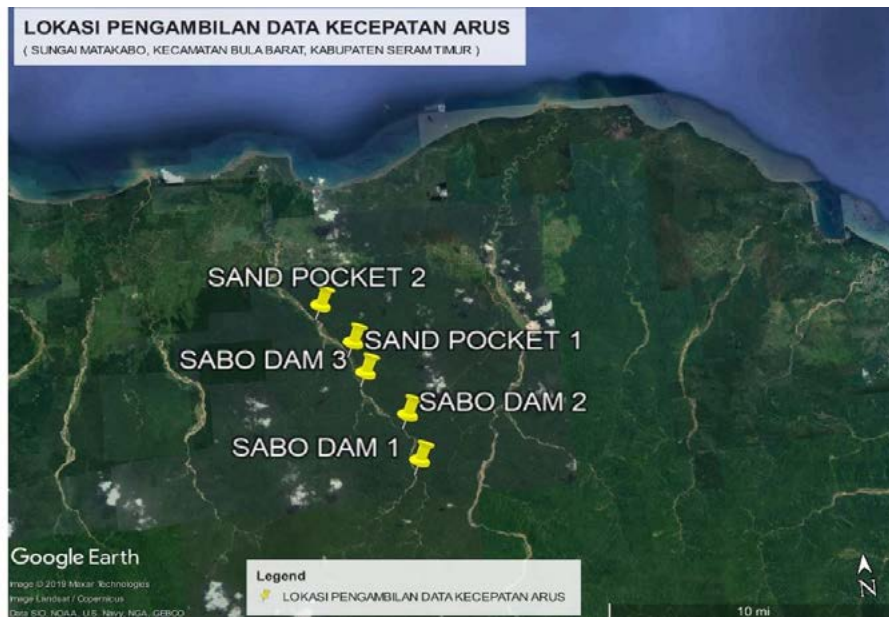
Debit Rencana adalah debit dengan periode ulang tertentu yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air. Adapun debit rencana yang digunakan menggunakan (HSS) Nakayasu dan ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Debit rencana metode HSS Nakayasu

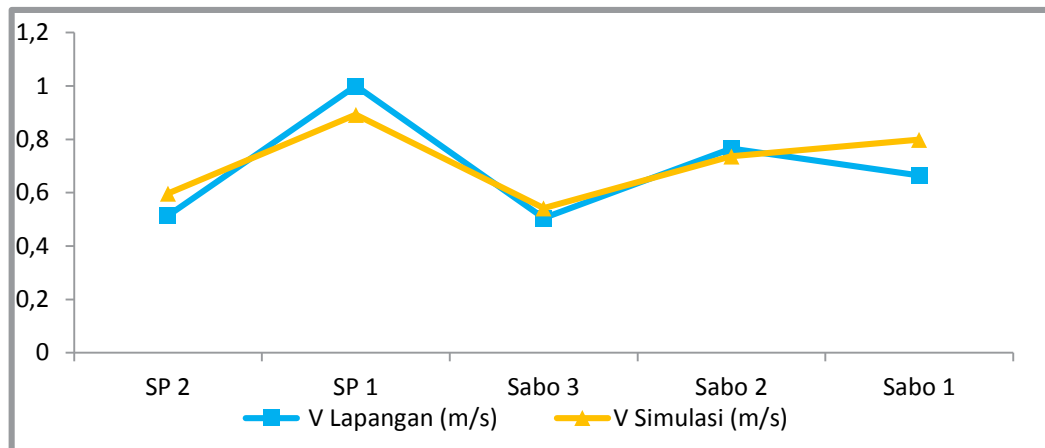
Kalibrasi Model

Kalibrasi model pengukuran kecepatan dilakukan pada bulan Agustus 2018. Lokasi pengambilan data kecepatan dan arus di Daerah Aliran Sungai Matakabo ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi pengambilan data kecepatan arus

Hasil perbandingan kecepatan arus antara pengukuran lapangan dengan hasil analisis dilakukan pada kondisi Q_{normal} $6,63 \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh selisih berkisar antara 3,94-20,12%. Hasil tersebut disimpulkan bahwa data valid, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 6.



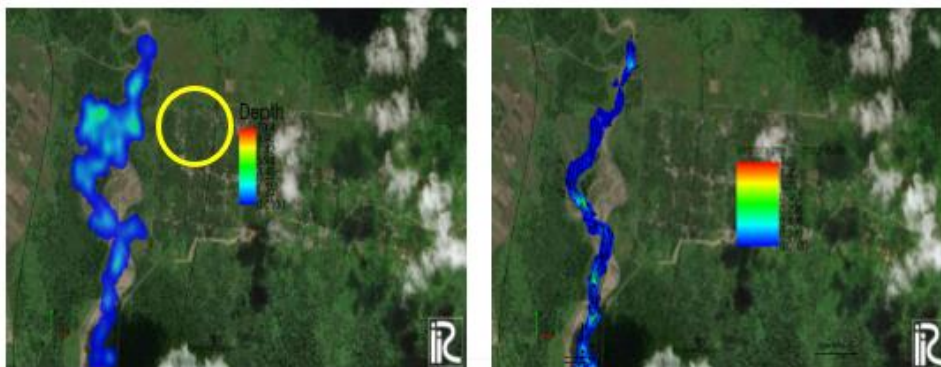
Gambar 6. Validasi Kecepatan Arus Pengukuran Lapangan dan Kecepatan Arus Hasil Simulasi

Simulasi

Simulasi banjir dilakukan dengan membandingkan kondisi sungai tanpa Sabo dan dengan Sabo. Variasi debit yang digunakan yaitu Q_{normal} $6,63 \text{ m}^3/\text{s}$, Q_{20} tahun $196,59 \text{ m}^3/\text{s}$ dan Q_{50} tahun $252,02 \text{ m}^3/\text{s}$ selama 432.000 sekon (5 hari). Hasil post process untuk simulasi banjir Sungai Matakabo dengan beberapa debit banjir dan kondisi ada atau tanpa sabo menunjukkan perbedaan ditinjau dari besar perubahan kedalaman dan kecepatan dibagian hilir sungai matakabo tersebut, adapun pembahasan mengenai tiap -tiap kondisi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kondisi $Q = 6,63 \text{ m}^3/\text{s}$ Tanpa Sabo

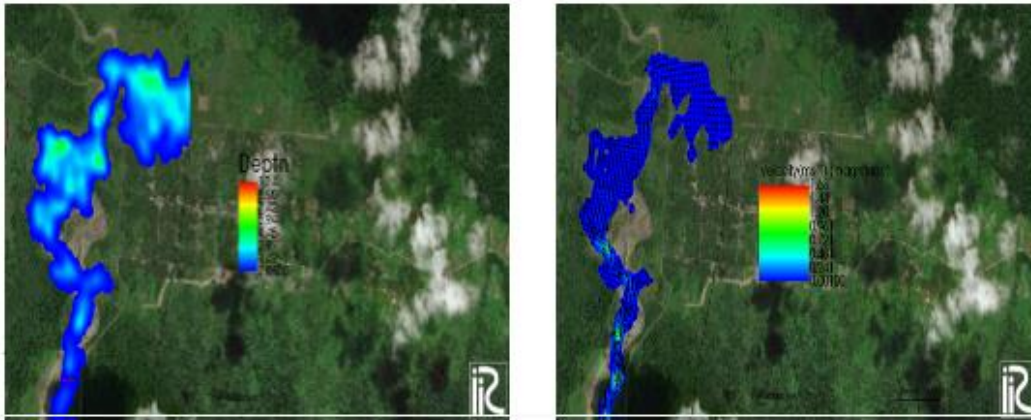
Hasil simulasi untuk $Q = 6,63 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{normal}) diperoleh kapasitas tampung Sungai Matakabo dapat menampung aliran sungai tersebut yang ditunjukkan dengan tidak adanya genangan banjir pada daerah hilir, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil simulasi kedalaman (*depth*) dan kecepatan (*velocity*) dengan Q_{normal}

2. Kondisi $Q = 196,59 \text{ m}^3/\text{s}$ Tanpa Sabo

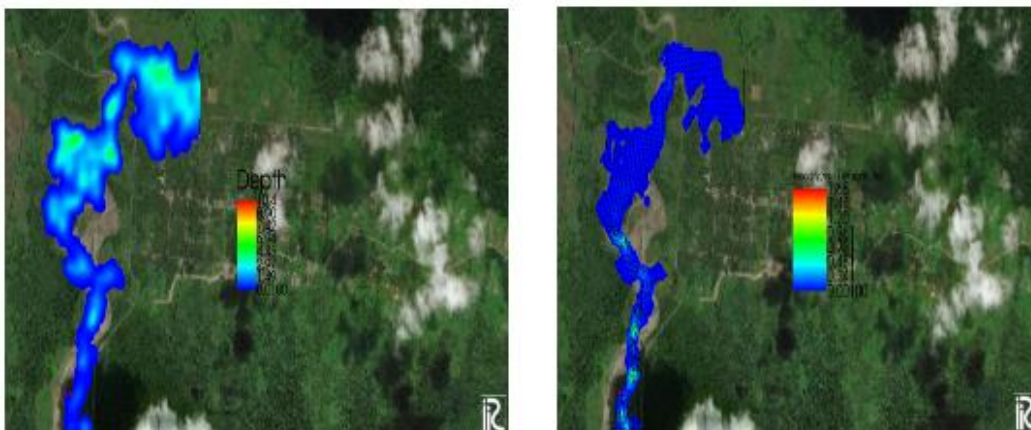
Hasil simulasi untuk $Q = 196,59 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{20} Tahun) diperoleh kapasitas tampung Sungai Matakabo tidak dapat menampung aliran sungai tersebut yang ditunjukkan dengan adanya genangan banjir pada daerah hilir dengan kedalaman (depth) maksimum 4,148 m dan kecepatan aliran (velocity) 0,71 m/s, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil simulasi kedalaman (*depth*) dan kecepatan (*velocity*) pada Q_{20} tahun

3. Kondisi $Q = 252,02 \text{ m}^3/\text{s}$ Tanpa Sabo

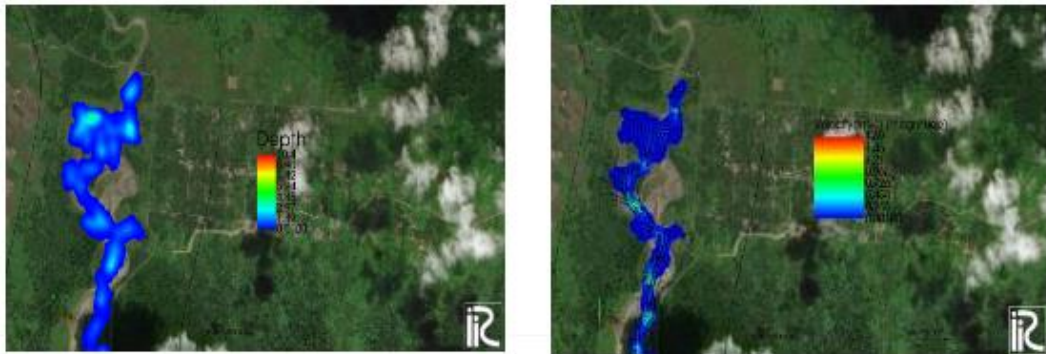
Hasil simulasi untuk $Q = 252,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{50} Tahun) diperoleh kapasitas tampung Sungai Matakabo tidak dapat menampung aliran sungai tersebut yang ditunjukkan dengan adanya genangan banjir pada daerah hilir dengan kedalaman (depth) maksimum 4,680 m dan kecepatan aliran (velocity) 0,72 m/s, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil simulasi kedalaman (*depth*) dan kecepatan (*velocity*) pada Q_{50} tahun

4. Kondisi $Q = 6,63 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan Sabo

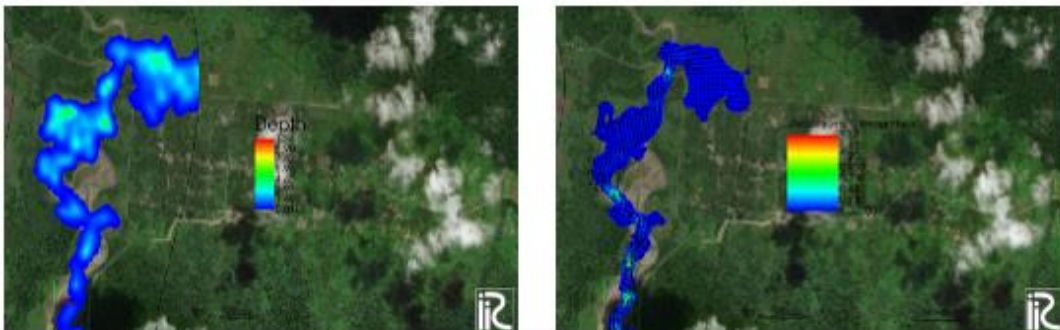
Hasil simulasi untuk $Q = 6,63 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{normal}) dengan Sabo menunjukkan tidak adanya genangan banjir pada daerah hilir, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil simulasi kedalaman (*depth*) dan kecepatan (*velocity*) pada Q_{normal} dengan Sabo

5. Kondisi $Q = 196,59 \text{ m}^3/\text{s}$ Dengan Sabo

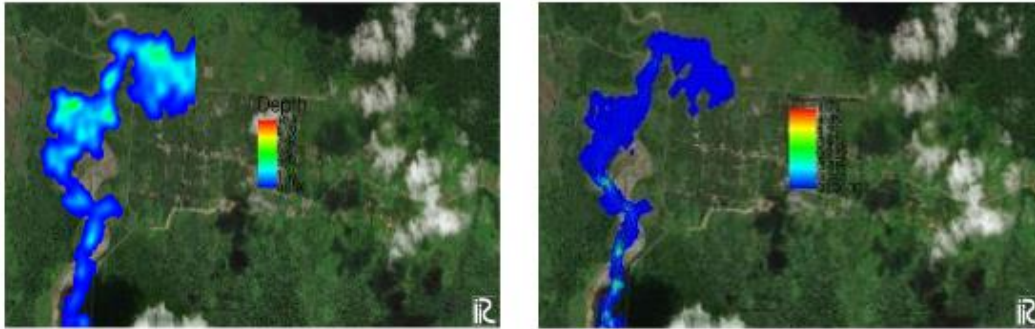
Hasil simulasi untuk $Q = 196,59 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{20} Tahun) menunjukkan adanya genangan banjir pada daerah hilir dengan kedalaman (*depth*) maksimum berada diangka 3,671 m dan kecepatan aliran (*velocity*) 0,68 m/s, hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya sabo kecepatan aliran dan ketinggian banjir dapat tereduksi, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil simulasi kedalaman (*depth*) dan kecepatan (*velocity*) pada Q_{20} tahun dengan Sabo

6. Kondisi $Q = 252,02 \text{ m}^3/\text{s}$ Dengan Sabo

Hasil simulasi untuk $Q = 252,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{50} Tahun) diperoleh kapasitas tampung Sungai Matakabo tidak dapat menampung aliran sungai tersebut yang ditunjukkan dengan adanya genangan banjir pada daerah hilir dengan kedalaman (*depth*) maksimum yakni 4,126 m dan kecepatan aliran (*velocity*) 0,0199 m/s, pada Q_{50} juga menunjukkan hal yang serupa bahwa dengan adanya sabo banjir tersebut dapat direduksi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil simulasi kedalaman (*depth*) dan kecepatan (*velocity*) dengan Q_{50} tahun dengan Sabo

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Banjir dan genangan tidak terjadi di bagian hilir sebelah kanan sungai Matakabo pada debit normal.
2. Banjir dan genangan terjadi di bagian hilir sebelah kanan sungai Matakabo dengan ketinggian (*depth*) maksimum tanpa Sabo setinggi 4,148 m ($Q=196,59 \text{ m}^3/\text{s}$) dan kecepatan aliran (*velocity*) 0,713 m/s ($Q=196,59 \text{ m}^3/\text{s}$) sedangkan ketinggian (*depth*) maksimum dengan Sabo setinggi 3,671 m ($Q=196,59 \text{ m}^3/\text{s}$) dan kecepatan aliran (*velocity*) 0,680 m/s ($Q=196,59 \text{ m}^3/\text{s}$).
3. Penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil maksimal, perlu ditambahkan data topografi hasil pengukuran langsung di Sungai Matakabo serta perlu perluasan daerah simulasi untuk melihat dampak yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, terkhusus buat Kepala BWS Maluku, bapak Hariyono Utomo, ST., MM yang telah banyak memberikan saran dan waktu sehingga penulisan makalah ini dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Jang, C. L., and Shimizu, Y, 2005. Numerical Simulation of Relatively Wide, Shallow Channels with Erodible Banks. *Journal of Hydraulic Engineering*, 131 (7): 565-575.
- Jonathan M. Nelson, Shimizu, Y, Takaaki Abe, et all, 2015. The International River Interface Cooperative: Public Domain Flow and Morphodynamics Software for Education and Applications. *Advances in Water Resources* : 62-74
- Shokory, J. A. N., Tsutsumi, J. G., Sakai, K., 2016. Flood Modeling and Simulation using iRIC: A Case Study of Kabul City. *Floodrisk*, 2016: 1- 6.
- Wongsa, S., 2014. Simulation of Thailand Flood 2011. *International Journal of Engineering and Technology*, 6 (6): 452-458