

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang gelombang air dangkal dengan metode *finite volume* sudah pernah dilakukan, baik pada persamaan berbentuk satu dimensi maupun dua dimensi. Dalam sebuah penelitian, terdapat usulan baru skema *finite volume* satu dimensi, yaitu menggunakan tahap *predictor* dan tahap *corrector*. Pada tahap *predictor*, metode karakteristik digunakan untuk merekonstruksi perhitungan fluks. Sementara melalui tahap *corrector*, persamaan konservasi akan dipulihkan (Benkhaloun & Mohammed, 2010). Penelitian lainnya, membahas mengenai pentingnya melakukan rekonstruksi spasial (ruang). Keakuratan rekonstruksi spasial sangat berpengaruh terhadap keakuratan metode numerik. Rekonstruksi konstan, sederhana dan memiliki beban komputasi kecil, sementara rekonstruksi linear, dapat memperbaiki akurasi metode yang digunakan (Hidayat, et al., 2014).

Kurganov memperkenalkan skema *finite volume central-upwind* orde dua untuk mensimulasikan gelombang air dengan variasi dasar/topografi bawah dalam bentuk satu maupun dua dimensi. Skema tersebut mampu menjaga ketinggian air tetap bernilai positif, sekaligus mempertahankan kondisi air pada saat tenang (*lake at rest*) (Kurganov & Petrova, 2007). Selanjutnya, Bollermann dkk. (dan kawan-kawan), mencoba melakukan perbaikan pada metode yang digunakan Kurganov sebelumnya, dengan mengusulkan prosedur alternatif untuk merekonstruksi perhitungan bagian air yang berbatasan langsung dengan daerah kering (*wet/dry fronts*) (Bollermann, et al., 2013). Pendekatan yang berbeda dilakukan oleh Balbas untuk rekonstruksi ini, yaitu dengan cara memodifikasi diskritisasi rata-rata tekanan hidrostatik (Balbas & Hernandez-Duenas, 2014).

Penelitian lain mencoba mengembangkan skema numerik untuk mengatasi permasalahan gelombang kejut pada kasus bendungan bobol. Dalam penelitian ini, guna mempercepat dan memperbaiki solusi, Roe's Riemann *solver* diasosiasikan dengan MUSCL (Monotone Upstream-centred Scheme for Conservation Law) pada skema *finite volume* dengan pendekatan Godunov (Ahmad, et al., 2013).

Diskritisasi spasial pada penelitian yang telah dibahas sebelumnya menggunakan *grid* (satu dimensi) dan *mesh* terstruktur (dua dimensi). Untuk persamaan multidimensi, nonlinear, hiperbolik, yang menggunakan *mesh* tidak terstruktur, perancangan diskritisasi fluks akan lebih sulit. Salah satu skema yang dapat digunakan adalah *semi discrete central-upwind* (Kurganov, et al., 2001), yang juga dikembangkan secara khusus untuk *mesh* berbentuk segitiga (Kurganov & Petrova, 2005).

Skema baru *central-upwind* orde dua untuk memodelkan persamaan gelombang air dangkal pada *mesh* segitiga diperkenalkan oleh Bryson dkk., dengan keunggulan yaitu dapat mempertahankan nilai positif dan kondisi tenang air. Lebih dari itu, skema ini dapat diterapkan untuk model dengan topografi bawah yang diskontinu, serta kanal dengan lebar yang tidak beraturan. Skema ini juga telah diuji akurasi, resolusi, dan ketahanannya (Bryson, et al., 2011). Skema *central-upwind* sendiri dapat diterapkan pada *mesh* berbentuk kuadrilateral tidak terstruktur (Shirkhani, et al., 2016).

Penelitian lainnya, telah berhasil melakukan simulasi model aliran air dangkal dengan metode *finite volume* yang dikemas dalam perangkat lunak khusus yaitu ANUGA. Perangkat lunak ini dapat mensimulasikan berbagai fenomena bencana hidrologi seperti banjir, tsunami, bendungan bobol dan gelombang pasang. Model pada ANUGA menggunakan *mesh* berbentuk segitiga dengan diskritisasi fluks menggunakan skema *central-upwind* (Sudi & Roberts, 2011). Proses komputasi ANUGA sendiri, telah memanfaatkan algoritma paralel *clutser* CPU, namun tanpa melibatkan GPU.

Salah satu validasi ANUGA, didasarkan pada kasus tsunami tahun 1993 di pulau Okushiri Jepang (Nielsen, et al., 2005). Sebelumnya, kejadian tsunami tersebut, telah direkonstruksi ulang melalui percobaan secara eksperimental dalam tangki gelombang (*wave tank simulation*) (Matsuyama & Tanaka, 2001). Validasi dilakukan dengan cara membandingkan ketinggian air yang dihasilkan dari ANUGA dan percobaan eksperimental. Hasil menunjukkan bahwa alur ANUGA sangat mirip dengan percobaan eksperimental tersebut.

Sejak tahun 2000-an, GPU telah dikembangkan untuk mempercepat proses komputasi, dan hingga saat ini perkembangan GPU mengalami peningkatan yang cukup tajam (Brodtkorb, et al., 2013). Semenjak meluasnya penggunaan GPU, banyak penelitian yang mengkaji implementasi dari teknologi GPU ini. Misalnya, tentang proses dan teknik komputasi GPU pada arsitektur CUDA (Ghorpad & dkk., 2012), serta pemrograman GPU untuk komputasi dengan metode FDTD (Finite Different Time Domain) (Donno & dkk, 2010).

Penggunaan GPU pada simulasi aliran air dangkal dengan metode *finite volume* sudah pernah diteliti oleh beberapa pihak. Dalam artikelnya, Castro dkk. mengkaji penggunaan GPU untuk model air dangkal pada *mesh* terstruktur maupun tidak terstruktur dengan satu maupun dua lapis fluida (Castro, et al., 2011). Model tersebut menggunakan skema dengan metode Roe. Sementara peneliti lainnya, melakukan simulasi untuk kasus yang lebih spesifik, yaitu banjir (Vacondio, et al., 2014). Penelitian tersebut mampu mensimulasikan banjir secara cepat menggunakan GPU.

Brodtkorb dkk. berhasil mengimplementasikan simulasi air dangkal menggunakan GPU, disertai verifikasi, validasi, dan visualisasi (Brodtkorb, et al., 2013). Verifikasi tersebut dilakukan pada domain berbentuk parabola (*parabolic basin*), sementara validasi didasarkan pada kasus bobolnya bendungan Malpasset. Visualisasi grafis dalam tiga dimensi memanfaatkan pustaka OpenGL, serta diskritisasi spasial menggunakan *grid* Cartesian.

Penelitian simulasi air dangkal dengan metode *finite volume* sudah pernah dilakukan. Namun, sejauh yang penulis ketahui, belum ada penelitian yang sama persis membahas implementasi GPU pada simulasi ini dengan perhitungan fluks menggunakan *central-upwind* pada *mesh* segitiga tidak terstruktur, terlebih dengan penyajian visualisasi tiga dimensi yang juga memanfaatkan GPU. Oleh karena itu, penulis akan mengembangkan penelitian mengenai simulasi gelombang air ini menggunakan metode yang lebih spesifik, yaitu metode *finite volume semi discrete central-upwind* pada *mesh* segitiga tidak terstruktur berbasis komputasi paralel GPU CUDA, disertai visualisasi tiga dimensi dengan GPU.