

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem permainan Pong berhasil direalisasikan pada FPGA Altera Cyclone IV dengan *output* VGA 640x480 @ 60Hz. Seluruh sinyal sinkronisasi (*Hsync* dan *Vsync*) serta logika permainan seperti deteksi tabrakan bola, pergerakan *paddle*, dan penghitungan skor dapat berjalan sesuai spesifikasi.

Validitas sistem telah dikonfirmasi melalui simulasi berbasis *testbench* di ModelSim, yang memastikan bahwa logika sinyal VGA berjalan sesuai ekspektasi sebelum diunggah ke FPGA. Selain itu, pengujian fisik pada monitor melalui *output* VGA menunjukkan tampilan visual yang stabil dan bebas dari *glitch*.

Dari sisi penggunaan sumber daya dan konsumsi daya, sistem ini menunjukkan kinerja dalam konsumsi daya yang hanya menggunakan sekitar 61,73 mW, dan pemanfaatan sumber daya berada pada 34% dari total kapasitas FPGA yang tersedia. Nilai *fan-out* dengan nilai yang relatif rendah menunjukkan distribusi sinyal yang terkendali.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, berikut merupakan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1. Implementasi dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur tambahan seperti pengaplikasian efek suara.
2. Permainan ini masih terbatas dalam mode bermain *multiplayer*, mode permainan *single-player* atau 4 *player* dapat ditambahkan untuk pengembangan lebih lanjut.
3. Pengujian Skalabilitas Resolusi dan Frekuensi, Meskipun resolusi 640x480 @ 60Hz merupakan standar yang umum digunakan karena stabil dan kompatibel dengan banyak *display*, penelitian lanjutan dapat menguji batas atas dari sistem VGA *controller* yang dirancang, seperti resolusi 768x576 atau 800x600. Namun, perlu diperhatikan bahwa beberapa mode resolusi tinggi seperti 768x576@75Hz (*pixel clock*

45.51 MHz) atau @85Hz (51.84 MHz) membutuhkan *clock* yang tidak langsung tersedia pada *board* Cyclone IV 50 MHz. Penelitian ini dapat mengkaji apakah kombinasi PLL (*Phase Locked Loop*) bisa menghasilkan frekuensi tersebut secara stabil.

4. Penelitian ini masih menggunakan *input* sederhana dari *push-button*; penggunaan *joystick* atau *input* analog dapat diteliti lebih lanjut untuk pengalaman bermain yang lebih nyaman.