

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian komputasi, dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Implementasi model *Artificial Neural Network* (ANN) jenis *Multilayer Perceptron* (MLP) untuk memprediksi harga rumah di Sapphire Residence Tegal telah berhasil dibangun menggunakan 6 atribut masukan fisik bangunan (luas tanah, luas bangunan, jumlah kamar tidur, jumlah kamar mandi, nama blok, dan tahap) dengan rancangan arsitektur jaringan dalam (*deep topology*) berkonfigurasi 6 -64-32-16-1 beraktivasi ReLU. Berdasarkan hasil uji komparatif terhadap ketiga algoritma optimasi (*optimizer*), terbukti bahwa algoritma L-BFGS (*Limited-memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno*) merupakan metode optimasi yang paling akurat, stabil, dan presisi dalam memetakan pola regresi harga properti dibandingkan dengan algoritma Adam dan SGD.
2. Tingkat akurasi yang dihasilkan oleh model *Artificial Neural Network* (ANN) dalam memprediksi harga jual rumah pada dataset uji Sapphire Residence Tegal berdasarkan pengukuran metrik *Mean Absolute Error* (MAE) dan koefisien determinasi R^2 Score menunjukkan performa yang sangat kontras antar-algoritma, di mana algoritma L-BFGS terbukti sebagai model terbaik dengan tingkat akurasi tertinggi melalui perolehan deviasi kesalahan absolut rata-rata (MAE) terminim sebesar Rp 143.443 dan koefisien determinasi R^2

Score mencapai 0,999989 atau 99,99%, yang membuktikan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi hampir sempurna dengan tingkat pergeseran kesalahan tebakan di bawah 0,2% dari total harga resmi properti. Sementara itu, algoritma Adam menempati posisi model alternatif yang juga sangat baik dan efektif dengan perolehan MAE sebesar Rp 495.009 serta R^2 *Score* mencapai 0,999890 atau 99,99%, sedangkan algoritma SGD terbukti tidak efektif karena gagal mencapai konvergensi (*divergen*) dengan perolehan MAE ekstrem sebesar Rp $4,40 \times 10^{18}$ dan R^2 *Score* bernilai negatif $-2,64 \times 10^{18}\%$ akibat terjadinya fenomena ledakan gradien (*exploding gradient*) pada arsitektur jaringan berlapis tanpa adaptasi laju pembelajaran.

3. Efektivitas Sistem Berbasis Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan (SPK) berbasis web yang dikembangkan menggunakan *framework* Flask terbukti sangat efektif dalam membantu calon pembeli maupun pihak pengembang. Efektivitas ini dibuktikan melalui kemampuan sistem dalam mengintegrasikan luaran harga prediksi model ANN L-BFGS secara *real-time* ke dalam modul analisis finansial berbasis *Debt Service Ratio* (DSR). Dengan memasukkan parameter Penghasilan Bulanan, Uang Muka (DP), Tenor Kredit, dan Cicilan Eksisting, sistem mampu mengalkulasi dan memberikan rekomendasi keputusan objektif berupa status "LAYAK" (jika rasio cicilan $< 30\%$) atau "PERTIMBANGKAN KEMBALI" (jika rasio cicilan $> 30\%$), serta dilengkapi fitur *retrain model* bagi admin untuk memperbarui kecerdasan sistem menggunakan dataset terbaru.

5.2 Saran

Berdasarkan pengalaman eksploratif, hasil pengujian, serta identifikasi kelemahan selama proses penelitian dan pengembangan sistem berlangsung, penulis merumuskan beberapa usulan dan saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian sejenis di masa mendatang:

5.2.1 Saran Praktis bagi Sapphire Residence Tegal

1. Penerapan Sistem Secara Bertahap (*Phased Implementation*): Pihak manajemen Sapphire Residence Tegal disarankan untuk mengimplementasikan Sistem Pendukung Keputusan ini secara bertahap. Implementasi dapat diawali melalui proses *internal testing* oleh tim *marketing* dan staf administrasi untuk menyelaraskan pencatatan data calon pembeli (*leads*). Setelah tervalidasi sepenuhnya secara internal, sistem dapat diluncurkan secara publik di situs resmi perusahaan sebagai sarana kalkulator KPR digital interaktif bagi calon konsumen.
2. Pemanfaatan Dasbor Admin untuk *Follow-up Sales*: Tim *marketing* disarankan memanfaatkan fitur Dasbor *Data Leads* secara optimal untuk memprioritaskan komunikasi dengan calon pembeli yang memperoleh status finansial "LAYAK", sehingga efisiensi dan tingkat konversi penjualan KPR dapat ditingkatkan.

5.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

1. Eksplorasi Teknik Mitigasi *Error* Algoritma: Mengingat ditemukannya kegagalan konvergensi (*exploding gradient*) pada penggunaan algoritma dasar SGD, disarankan bagi peneliti selanjutnya yang menggunakan arsitektur jaringan saraf dalam untuk mengimplementasikan teknik

stabilisasi seperti *Gradient Clipping* atau penyesuaian fungsi inisialisasi bobot (seperti *He Initialization* atau *Xavier Initialization*) sejak awal konfigurasi model.

2. Penambahan Variabel Prediktor Makro dan Geospasial: Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperkaya himpunan data (*dataset*) dengan variabel eksternal seperti jarak properti menuju fasilitas publik (menggunakan titik koordinat geospasial), aksesibilitas jalan raya utama, maupun tren fluktuasi suku bunga acuan perbankan guna menghasilkan estimasi nilai pasar yang lebih komprehensif.
3. Pengembangan Modul Kelayakan DSR yang Dinamis: Algoritma *Debt Service Ratio* (DSR) pada sistem saat ini menggunakan ambang batas (*threshold*) statis sebesar 30%. Diharapkan pengembangan sistem di masa depan dapat merancang fitur konfigurasi di mana parameter persentase DSR dan suku bunga KPR dapat disesuaikan secara dinamis dan *real-time* oleh pihak pengelola (*admin*) langsung melalui antarmuka web menyesuaikan dengan kebijakan perbankan yang berlaku.
4. Integrasi Ekstraksi Dokumen Finansial: Untuk menghindari kesalahan atau kebohongan pengisian data (validitas data masukan) oleh pengguna terkait nominal penghasilan bulanan, penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan teknologi pendeteksi citra seperti *Optical Character Recognition* (OCR) untuk mengekstraksi nilai gaji secara otomatis langsung dari unggahan foto slip gaji atau rekening koran pengguna.