

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis komparatif yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa teknik *signature-based carving* dan *structure-based carving* sama-sama mampu digunakan untuk memulihkan data yang telah dihapus pada media penyimpanan eksternal dengan sistem file exFAT. Diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kedua teknik mencapai *recovery rate* identik 71,43% (5 dari 7 file) dengan 100% integritas MD5 *perfect match* pada 3 JPEG + 2 MP4 yang berhasil dipulihkan, memenuhi standar *chain of custody* forensik digital. *Signature-based carving* (MIDa) berhasil dalam waktu (3 jam 43 menit vs 35 menit) dengan 134 file terdeteksi di folder linear (SCarved Files), ideal untuk investigasi *time-critical*.
2. Kegagalan pemulihan 2 JPEG disebabkan fragmentasi *cluster* exFAT yang menghilangkan pola *header-footer* (FF D8-FF D9), menunjukkan limitasi kedua teknik pada kondisi fragmentasi ekstrem.
3. *Signature-based carving* (MIDa) berhasil dalam waktu (3 jam 43 menit vs 35 menit) dengan 134 file terdeteksi di folder linear (SCarved Files), ideal untuk investigasi *time-critical*. *Structure-based carving* (MIDb) superior dalam organisasi data hierarkis (*By Type/Images + Videos*) melalui metadata exFAT (*Stream Extension Entry + FAT Region*), lebih reliabel untuk pembuktian hukum. Namun, berdasarkan hasil pengujian empiris pada media penyimpanan dengan volume data residual yang tinggi, teknik ini menunjukkan waktu pemrosesan yang lebih lama. Kondisi tersebut disebabkan oleh tingginya jumlah data sisa yang teridentifikasi sebagai kandidat file, sehingga meningkatkan jumlah false positive dan berdampak pada beban operasi penulisan (write I/O) selama proses ekstraksi file. *Structure-based carving* (MIDb) superior dalam organisasi data hierarkis

(*By Type/Images + Videos*) dan *false positives minimal* melalui metadata exFAT (*Stream Extension Entry + FAT Region*), lebih reliable untuk pembuktian hukum. *Structure-based carving* memanfaatkan metadata dan struktur internal sistem file exFAT dalam proses rekonstruksi file, seperti informasi alokasi *cluster* dan ukuran file. Pendekatan ini menghasilkan jumlah file output yang lebih terkontrol dan terorganisasi, sehingga waktu pemrosesan menjadi lebih efisien dan stabil, khususnya pada media penyimpanan yang telah lama digunakan dan mengandung banyak data lampau.

4. Dengan demikian, pemilihan teknik *data carving* tidak dapat ditentukan secara tunggal, melainkan perlu dilakukan secara adaptif dengan mempertimbangkan kondisi media penyimpanan, karakteristik data, serta tujuan investigasi forensik digital. Pendekatan ini diperlukan agar hasil pemulihan data yang diperoleh tidak hanya optimal secara teknis, tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan secara forensik.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan skenario pengujian dengan variasi tingkat fragmentasi file dan volume data residual yang lebih beragam, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai performa masing-masing teknik *data carving* pada sistem file exFAT.

Selain itu, penggunaan lebih dari satu perangkat lunak forensik digital dapat dipertimbangkan untuk membandingkan konsistensi hasil pemulihan data antar tools pada sistem file yang sama. Penambahan dokumentasi visual, seperti tangkapan layar struktur direktori hasil *carving* dan contoh file hasil pemulihan, juga disarankan guna memperkuat penjelasan hasil analisis serta meningkatkan validitas dan integritas penelitian.