

Analisis Efektivitas Teknik File Carving pada Pemulihan Data Digital Menggunakan PhotoRec

Susanto ^{a,1,*}, Irfan Hanafi ^{b,2}, Narisa Aulia ^{b,3}, Muhammad Jauhar Fardani ^{d,4}, Muhammad Nur Irfan ^{e,5}

^{a, b, c, d, e} Program Studi Sistem Informasi, Universitas Semarang,
Jl. Soekarno-Hatta, Semarang, Jawa Tengah, 50196, Indonesia

¹ susanto@usm.ac.id *; ² hanairfan28@gmail.com; ³ narisaaul31@gmail.com; ⁴ muhjauharfardani@gmail.com; ⁵ mnirfan33@gmail.com

* Korespondensi penulis

Submission: 14/12/2025, Revision: 24/02/2026, Accepted : 03/03/2026

Abstract

Data loss is a critical issue in the digital era, both in everyday computing and in forensic investigations. This study aims to evaluate the effectiveness of PhotoRec, an open-source file carving tool, in recovering lost files from a FAT32 storage medium. A strict digital forensic approach was applied by performing disk imaging, preserving evidence integrity, and documenting each stage in detail. Data loss was simulated through logical deletion and by scanning unallocated sectors to closely replicate real-case conditions. PhotoRec was then utilized to select the target media, identify partitions, determine the file system type, and scan free space to extract files based on signature recognition. The findings show that PhotoRec successfully recovered a total of 50 files, including all primary files deleted during the experiment. In addition, several system-related files such as ELF were also recovered, illustrating the aggressive nature of carving techniques that extract any recognizable data structure. These results confirm that PhotoRec can operate effectively in data loss scenarios on FAT32 media, even when file metadata is no longer available. This study contributes to a deeper understanding of PhotoRec's performance within the context of digital forensics and highlights its relevance as an investigative tool that prioritizes accuracy, integrity, and procedural traceability.

Keywords: Digital Forensics, PhotoRec, File Carving, Data Recovery, FAT32

Abstrak

Kehilangan data merupakan salah satu permasalahan krusial dalam era digital, baik dalam konteks penggunaan sehari-hari maupun investigasi forensik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas PhotoRec sebagai perangkat lunak open-source berbasis file carving dalam proses pemulihan file yang hilang dari media penyimpanan FAT32. Pendekatan forensik digital diterapkan secara ketat dengan melakukan imaging, menjaga integritas bukti, serta mendokumentasikan seluruh tahapan secara rinci. Simulasi kehilangan data dilakukan melalui penghapusan logis dan pemindaian sektor tidak teralokasi untuk memastikan replikasi kondisi nyata. PhotoRec kemudian digunakan untuk melakukan seleksi media, identifikasi partisi, penentuan tipe sistem berkas, serta pemindaian ruang bebas untuk mengekstraksi file berdasarkan signature. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PhotoRec berhasil memulihkan total 50 file, termasuk semua file utama yang dihapus selama uji coba. Selain itu, beberapa file sistem seperti ELF juga ikut terecover, menggambarkan karakteristik agresif metode carving yang memulihkan setiap struktur data yang dikenali. Temuan ini mengonfirmasi bahwa PhotoRec mampu bekerja secara efektif pada kasus kehilangan data di media FAT32, bahkan ketika metadata file sudah tidak tersedia. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pemahaman mengenai performa PhotoRec dalam konteks forensik digital serta relevansinya sebagai alat bantu investigasi yang mengedepankan akurasi, integritas, dan keterlacakan proses pemulihan..

Kata kunci: Forensika Digital, PhotoRec, File Carving, Data Recovery, FAT32.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital yang semakin pesat membawa dampak signifikan terhadap cara individu dan organisasi mengelola data. Aktivitas sehari-hari kini sangat bergantung pada keberadaan file digital, baik berupa dokumen kerja, foto, video, maupun arsip penting lainnya[1][2]. Namun, seiring dengan meningkatnya penggunaan perangkat penyimpanan digital seperti hard disk, flash drive, SD card, dan SSD, risiko hilangnya data juga semakin besar. Kehilangan file dapat terjadi akibat berbagai faktor, mulai dari kerusakan perangkat keras, kesalahan pengguna (human error), serangan malware, hingga proses formatting yang tidak disengaja[3][4]. Kondisi tersebut mendorong pentingnya penelitian di bidang digital forensics, khususnya pada aspek data recovery.

Dalam ranah forensika digital, proses pemulihan data tidak hanya menjadi upaya untuk menyelamatkan file yang hilang, tetapi juga berfungsi sebagai langkah pembuktian dalam penyelidikan insiden keamanan[5][6]. Data yang berhasil dipulihkan dapat menjadi bukti penting dalam investigasi cybercrime, pelanggaran data, maupun analisis insiden. Oleh karena itu, pemilihan metode dan alat pemulihan data yang tepat menjadi faktor kunci dalam menjaga integritas dan akurasi hasil pemulihan[7]. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam praktik forensik adalah PhotoRec, sebuah tool open-source yang dirancang khusus untuk mengekstraksi file yang hilang dari berbagai jenis media penyimpanan[8][9].

PhotoRec dikenal sebagai alat yang sederhana namun efektif, karena bekerja berdasarkan file carving, yaitu teknik mengidentifikasi pola header dan footer file tanpa bergantung pada struktur sistem berkas. Pendekatan ini memungkinkan PhotoRec untuk memulihkan file meskipun partisi telah terformat atau tabel partisi rusak. Selain itu, kemampuan PhotoRec untuk menangani berbagai tipe file mulai dari foto, video, dokumen, hingga arsip menjadikannya pilihan ideal bagi peneliti dan praktisi forensik. Keunggulan tersebut juga membuat PhotoRec sering dijadikan objek penelitian terkait pengujian akurasi, kecepatan, dan kemampuan ekstraksi file dari perangkat penyimpanan yang terdampak kerusakan[9].

PhotoRec dipilih dalam penelitian ini karena memiliki keunggulan teknis dibandingkan tool open-source lain seperti Scalpel dan Foremost, khususnya dalam kemampuannya melakukan file carving secara independen terhadap metadata sistem berkas, mendukung lebih banyak variasi tipe file, serta kompatibel dengan berbagai sistem file termasuk FAT32, NTFS, dan exFAT. Berbeda dengan Scalpel dan Foremost yang umumnya memerlukan konfigurasi manual berbasis signature dan kurang optimal pada struktur partisi yang rusak berat, PhotoRec bekerja dengan mekanisme pemindaian sektor yang lebih adaptif serta memiliki tingkat keberhasilan pemulihan yang lebih konsisten pada skenario partisi terformat maupun tabel partisi korup[10][11][12].

Penelitian ini berfokus pada proses pemulihan file yang hilang menggunakan PhotoRec untuk menguji sejauh mana efektivitas alat tersebut dalam skenario forensik digital[13]. Pengujian dilakukan dengan melakukan simulasi kehilangan data pada media penyimpanan tertentu, kemudian mengevaluasi hasil pemulihan berdasarkan jumlah file yang berhasil di recover, jenis file yang terbaca, serta kualitas hasil pemulihan[14]. Analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif tentang performa PhotoRec dalam menangani berbagai kondisi kehilangan data.

Selain aspek teknis, penelitian ini juga menekankan pentingnya pendekatan metodologis dalam proses forensik digital. Penggunaan PhotoRec tidak hanya dipandang sebagai aktivitas pemulihan data, tetapi sebagai bagian dari alur kerja investigasi yang harus mengikuti standar forensik, seperti menjaga integritas bukti, melakukan dokumentasi setiap tahapan, dan memastikan bahwa seluruh proses dapat dipertanggungjawabkan[15]. Untuk memperkuat analisis, penelitian ini juga memasukkan perbandingan dengan perangkat lunak komersial seperti EaseUS Data Recovery Wizard[16][17]. Perbandingan ini dilakukan untuk melihat sejauh mana efektivitas PhotoRec dalam kondisi kerusakan tertentu, sekaligus menilai kekurangan metode yang terlalu bergantung pada struktur sistem file sebagaimana terjadi pada EaseUS[18].

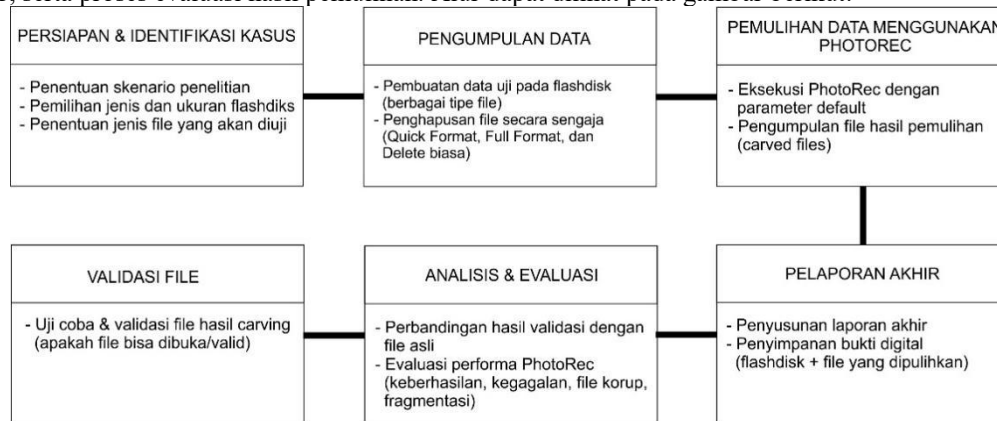
Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menyajikan evaluasi mendalam mengenai efektivitas PhotoRec pada media FAT32 melalui pendekatan forensik terkontrol yang jarang dieksplorasi pada penelitian sebelumnya. Berbeda dengan studi sebelumnya yang umumnya fokus pada perbandingan tool tanpa verifikasi hash ketat (MD5/SHA1 via FTK Imager) atau evaluasi kuantitatif seperti tingkat keberhasilan 100% file utama dan rasio corrupted <20%, penelitian ini mengintegrasikan simulasi deletion logis realistis, pemindaian unallocated space, serta tabel perbandingan numerik PhotoRec dengan EaseUS pada kondisi FAT32 rusak. Novelty ini terletak pada protokol forensik lengkap (imaging → hash verification → dual recovery → metrics) yang menghasilkan bukti empiris superioritas file carving independent-metadata, memberikan panduan praktis bagi investor digital.

Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan memberikan nilai tambah bagi akademisi maupun praktisi dalam bidang forensika digital, khususnya dalam memahami efektivitas dan batasan PhotoRec sebagai alat pemulihan file. Dengan adanya perbandingan langsung dengan EaseUS, penelitian ini juga memberikan

gambaran lebih komprehensif mengenai kelebihan pendekatan *file carving* dibandingkan metode pemulihan berbasis metadata. Melalui studi ini, pengguna dapat memperoleh pemahaman yang lebih jelas mengenai kemampuan PhotoRec dalam mengembalikan file yang hilang serta relevansinya dalam mendukung proses investigasi digital yang membutuhkan ketelitian dan akurasi tinggi.

2. Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan langkah-langkah penelitian yang digunakan dalam proses pemulihan data menggunakan teknik *file carving* pada media penyimpanan FAT32. Metode yang diterapkan mencakup persiapan data awal, pemilihan perangkat penelitian, tahapan pemulihan menggunakan PhotoRec dan EaseUS, serta proses evaluasi hasil pemulihan. Alur dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Untuk mendukung proses pemulihan data dan memastikan penelitian berjalan sesuai prosedur forensik digital, digunakan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak sebagai alat utama dalam pengujian. Daftar perangkat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Table 1 berikut:

Tabel 1. Perangkat Yang Digunakan

Kategori	Nama	Kegunaan
Perangkat Keras	Laptop HP 14S-FQ1032AU	Digunakan sebagai media untuk file carving
	Windows 11	Sebagai perangkat yang digunakan untuk barang bukti
Perangkat Lunak	Photorec, Easeus Wizard	Digunakan dalam pemulihan data file carving

Media penyimpanan yang diuji adalah flashdisk Samsung berkapasitas 4GB dengan sistem file FAT32 (label: BONBON). Sistem file FAT32 dipilih karena masih umum digunakan pada perangkat removable storage dan memiliki struktur tabel alokasi file yang memungkinkan pengujian efektivitas teknik file carving pada skenario kehilangan data logis. Spesifikasi ini penting karena karakteristik sistem file sangat mempengaruhi keberhasilan proses carving.

2.1 Forensika Digital, Disk Imaging dan Verifikasi

Forensika digital merupakan bidang keilmuan yang berfokus pada proses identifikasi, pengumpulan, pelestarian, analisis, serta penyajian bukti digital dengan cara yang terstruktur dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Pada penelitian ini, konsep forensika digital menjadi fondasi utama untuk memastikan bahwa seluruh proses pemulihan file dilakukan tanpa merusak, mengubah, maupun memengaruhi integritas data pada media yang diuji. Prinsip-prinsip dasar

seperti chain of custody, integritas bukti, serta dokumentasi prosedural menjadi acuan penting dalam setiap langkah penelitian[6][2].

Sebelum dilakukan pemulihan data, diterapkan skenario kehilangan data pada media uji yang terdiri dari dua kondisi, yaitu: (1) penghapusan file secara normal (logical delete) melalui sistem operasi Windows 11, dan (2) quick format (format cepat) pada partisi FAT32 tanpa proses overwrite sektor data. Kedua skenario ini dipilih karena merepresentasikan kondisi kehilangan data yang paling umum terjadi pada pengguna, sekaligus memungkinkan evaluasi kemampuan file carving dalam membaca sektor unallocated setelah metadata sistem file dihapus.

Proses dimulai dengan melakukan imaging atau penyalinan bit-per-bit dari media penyimpanan, sehingga analisis maupun proses pemulihan dapat dilakukan pada salinan dan bukan pada data asli. Langkah ini tidak hanya mencegah risiko kerusakan bukti digital, tetapi juga menjaga akurasi hasil yang diperoleh. Setiap aktivitas selama penelitian dicatat secara rinci untuk memastikan validitas dan keterlacakan prosedur. Dengan pendekatan yang sistematis ini, hasil penelitian tidak hanya kredibel secara ilmiah tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan dalam konteks hukum maupun forensik.

2.2 Data Recovery

Data recovery merupakan proses pemulihan file yang hilang, terhapus, atau tidak lagi dapat diakses dari suatu media penyimpanan. Dalam penelitian ini, proses tersebut diterapkan untuk menilai sejauh mana file dapat dikembalikan setelah dilakukan simulasi insiden kehilangan data. Simulasi dilakukan melalui penghapusan file maupun pemformatan ringan pada media penyimpanan guna mereplikasi kondisi nyata yang sering terjadi pada kasus kehilangan data[5].

Dalam konteks forensik digital, pemulihan data tidak hanya berfokus pada proses mengembalikan file, tetapi juga pada upaya memahami pola kehilangan data, tingkat kerusakan media, dan potensi bukti digital yang masih tersisa. Karena itu, metode yang digunakan harus bersifat non-intrusif, yakni tidak melakukan perubahan apa pun pada sektor penyimpanan asli. Seluruh prosedur pemulihan dilakukan pada salinan media (disk image), sehingga integritas bukti tetap terjaga.

Setelah proses pemulihan selesai, hasil recovery dianalisis menggunakan beberapa parameter, seperti jumlah file yang berhasil dikembalikan, jenis dan variasi file yang terpulihkan, tingkat keterbacaan atau readability file, serta integritas struktur data yang dihasilkan. Pendekatan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas metode pemulihan yang diuji.

2.3 PhotoRec

PhotoRec merupakan perangkat lunak open-source berbasis metode file carving yang dirancang untuk memulihkan berbagai jenis file tanpa bergantung pada struktur sistem file. Melalui teknik file carving, PhotoRec mengidentifikasi pola header dan footer pada berkas digital, sehingga tetap mampu melakukan proses pemulihan meskipun partisi telah diformat ulang atau tabel alokasi file mengalami kerusakan. Kemampuan ini menjadi alasan utama pemilihan PhotoRec sebagai alat uji dalam penelitian ini[8].

Dalam penelitian ini, PhotoRec digunakan sebagai tool utama pada tahap pemulihan data. Prosedur penggunaan meliputi pemilihan disk image, penentuan partisi target, konfigurasi jenis file yang ingin dipulihkan, hingga proses pemindaian (scanning) dan ekstraksi hasil pemulihan. Seluruh tahapan dijalankan mengikuti standar operasional PhotoRec dan didokumentasikan secara rinci untuk memastikan proses dapat direplikasi oleh peneliti lain.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil pemulihan data menggunakan PhotoRec, disertai analisis tingkat keberhasilan, pemeriksaan integritas file, serta perbandingan ringkas dengan beberapa perangkat lunak pemulihan lain. Selain memaparkan hasil secara faktual, penelitian ini juga memberikan evaluasi kritis terhadap efektivitas metode file carving pada media penyimpanan berformat FAT32.

Sebelum proses recovery dilakukan, seluruh file awal didokumentasikan terlebih dahulu sebagai acuan perbandingan. Data seperti nama file, ukuran, jenis ekstensi, dan nilai hash dicatat dalam tabel untuk menjadi ground truth dalam evaluasi tingkat keberhasilan pemulihan. Penyajian data awal ini tidak dibahas secara panjang lebar, tetapi hanya ditampilkan sebagaimana adanya untuk memastikan bahwa proses perbandingan antara file asli dan hasil recovery dapat dilakukan secara objektif. Data awal sebelum proses penghapusan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Data Yang Digunakan

No	Nama File	Ukuran (KB)	Ekstensi	Jenis File
1	438-Article Text-1784-1-10-20250203	620 KB	.pdf	Dokumen (PDF)
2	DSC_0005	1.575 KB	.jpg	Gambar (JPG)
3	DSC_0007	1.448 KB	.jpg	Gambar (JPG)
4	DSC_0011	1.215 KB	.jpg	Gambar (JPG)
5	DSC_0012	1.084 KB	.jpg	Gambar (JPG)
6	891-Article Text-2814-1-2-20251006 (1)	149 KB	.docx	Dokumen (Word)

3.1. Penerapan Photorec

1. Seleksi Media Target Pemulihan

Pada tahap awal, PhotoRec menampilkan seluruh media penyimpanan yang terhubung ke sistem, sehingga investigator harus mengidentifikasi perangkat bukti secara akurat sebelum melanjutkan proses pemulihan. Dalam konteks forensik digital, langkah ini sangat penting untuk mencegah kesalahan analisis atau bahkan kontaminasi bukti apabila investigator keliru memilih disk yang aktif digunakan oleh sistem. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, media target ditampilkan sebagai *Disk \\.\PhysicalDrive2* dengan kapasitas 4GB. Identifikasi ini kemudian diverifikasi berdasarkan ukuran fisik perangkat, informasi vendor, serta kecocokan dengan artefak kasus untuk memastikan bahwa media yang dipilih benar-benar merupakan perangkat bukti yang diuji.

```

PhotoRec 7.2, Data Recovery Utility, February 2024
Christophe GRENIER <grenier@cgsecurity.org>
https://www.cgsecurity.org

PhotoRec is free software, and
comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.

Select a media and choose 'Proceed' using arrow keys:
Disk \\.\PhysicalDrive0 - 512 GB / 476 GiB (RO) - SK hynix BC711 HFMS12GD3JX013N
>Disk \\.\PhysicalDrive1 - 4026 MB / 3840 MiB (RO) - General UDisk

>[Proceed] [ Quit ]

Note:
Disk capacity must be correctly detected for a successful recovery.
If a disk listed above has an incorrect size, check HD jumper settings and BIOS
detection, and install the latest OS patches and disk drivers.

```

Gambar 2. Memilih Target Yang Direcovery

Pemilihan perangkat media dilakukan secara hati-hati karena PhotoRec bekerja langsung pada level blok (block-level scanning), sehingga kesalahan seleksi dapat memengaruhi validitas hasil forensik. Standar forensik seperti pedoman dari ACPO dan NIJ menekankan bahwa pada fase preservasi bukti, identifikasi media harus dilakukan melalui verifikasi silang menggunakan perintah sistem atau utilitas tambahan guna memastikan konsistensi informasi perangkat. Setelah perangkat dipastikan sesuai, proses dilanjutkan melalui opsi [Proceed] untuk masuk ke tahap pemilihan partisi sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.

2. Pemilihan Partisi dan Memulai Pencarian

Setelah media terpilih, PhotoRec menampilkan struktur partisi yang terdapat pada perangkat tersebut. Dalam kasus ini, media USB memiliki satu partisi utama bertipe FAT32 dengan label *BONBON*. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, investigator memilih partisi tersebut sebagai target analisis karena data yang telah dihapus secara logis umumnya masih berada pada ruang bebas dalam partisi yang sama. Tahap ini krusial karena kesalahan memilih partisi dapat menyebabkan proses pemindaian tidak relevan atau bahkan menghasilkan *false recovery* yang mengganggu validitas analisis forensik.

```
PhotoRec 7.2, Data Recovery Utility, February 2024
Christophe GRENIER <grenier@cgsecurity.org>
https://www.cgsecurity.org

Disk \\.\PhysicalDrive1 - 4026 MB / 3840 MiB (RO) - General UDisk

Partition          Start      End      Size in sectors
No partition       0  0  1    489 135 30    7864320 [Whole disk]
> 1 * FAT32 LBA     0 32 33    489 135 30    7862272 [BONBON]

>[ Search ] [Options ] [File Opt] [ Quit ]
Start file recovery
```

Gambar 3. Pemilihan Partisi

3. Penentuan Tipe File System untuk Pencarian

PhotoRec kemudian meminta konfirmasi jenis *file system* untuk menentukan teknik pemulihan yang paling sesuai. Meskipun sistem secara otomatis mendeteksi FAT32, investigator memilih opsi **[Other]** yang mencakup FAT/NTFS/HFS+/ReFS sesuai rekomendasi aplikasi. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, tampilan pemilihan tipe file system memperlihatkan opsi tersebut sebelum proses pemindaian dilanjutkan. FAT32 dikenal memiliki struktur direktori yang sederhana tanpa mekanisme jurnal, sehingga metadata seperti nama file, path, dan timestamp mudah hilang ketika file dihapus. Oleh karena itu, proses pemulihan lebih mengandalkan teknik *signature-based carving* dibandingkan rekonstruksi metadata.

```
PhotoRec 7.2, Data Recovery Utility, February 2024
Christophe GRENIER <grenier@cgsecurity.org>
https://www.cgsecurity.org

1 * FAT32 LBA          0 32 33    489 135 30    7862272 [BONBON]

To recover lost files, PhotoRec needs to know the filesystem type where the
file were stored:
[ ext2/ext3 ] ext2/ext3/ext4 filesystem
>[ Other ] FAT/NTFS/HFS+/ReiserFS/...
```

Gambar 4. Penentuan Tipe File

Konfirmasi manual tipe file system ini penting untuk meningkatkan akurasi pemindaian sekaligus mempercepat proses, karena PhotoRec dapat mengoptimalkan algoritma pencarian berdasarkan

struktur sektor yang spesifik. Pemilihan opsi yang tepat juga menghindarkan risiko pemindaian yang tidak efisien atau kesalahan interpretasi struktur blok. Dengan mengikuti rekomendasi sistem seperti yang terlihat pada Gambar 4, investigator memastikan bahwa proses carving berlangsung sesuai karakteristik media dan file system target.

4. Penentuan Area Analisis (Scope of Scan)

Tahap berikutnya dalam penggunaan PhotoRec adalah menentukan ruang analisis yang akan dipindai. Aplikasi menyediakan dua opsi, yaitu [Free] untuk memindai hanya ruang tidak teralokasi (*unallocated space*) dan [Whole] untuk memindai seluruh sektor dalam partisi. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, investigator memilih opsi [Free] karena skenario kasus memperlihatkan bahwa file dihapus secara logis dan kemungkinan besar masih berada pada ruang bebas tanpa tertimpa data baru. Pendekatan ini dinilai lebih efisien serta mampu mengurangi *noise* dari file yang masih aktif di dalam sistem.

```
PhotoRec 7.2, Data Recovery Utility, February 2024
Christophe GRENIER <grenier@cgsecurity.org>
https://www.cgsecurity.org

1 * FAT32 LBA          0 32 33  489 135 30  7862272 [BONBON]

Please choose if all space needs to be analysed:
> [ Free ] Scan for file from FAT32 unallocated space only
[ Whole ] Extract files from whole partition
```

Gambar 5. Penentuan Area

Dalam praktik forensik digital, pemindaian *unallocated space* memang menjadi langkah awal yang direkomendasikan karena peluang menemukan file yang masih utuh relatif lebih tinggi. Pemindaian seluruh partisi biasanya dilakukan hanya apabila terdapat indikasi format ulang, kerusakan partisi, atau penghapusan lanjutan yang kompleks. Dengan memilih opsi [Free] seperti yang terlihat pada Gambar 5, proses investigasi menjadi lebih terfokus dan waktu analisis dapat diminimalkan tanpa mengurangi peluang keberhasilan pemulihan data.

5. Menentukan Folder Penyimpanan Hasil File Carving

Setelah ruang analisis ditentukan, langkah selanjutnya adalah memilih direktori penyimpanan hasil pemulihan. Pada Gambar 6 diperlihatkan tampilan struktur folder sistem yang dapat dinavigasi menggunakan tombol panah. Investigator memilih lokasi penyimpanan yang berbeda dari partisi sumber untuk menghindari risiko *overwrite*. PhotoRec secara eksplisit memperingatkan agar hasil recovery tidak disimpan pada media yang sama dengan sumber bukti, karena tindakan tersebut dapat merusak artefak digital dan mengurangi integritas pembuktian forensik.

```

PhotoRec 7.2, Data Recovery Utility, February 2024
Please select a destination to save the recovered files to.
Do not choose to write the files to the same partition they were stored on.
Keys: Arrow keys to select another directory
      C when the destination is correct
      Q to quit
Directory C:\Users\Irfan Hanafi\Downloads\PhotoRec.7.2.NesabaMedia\testdisk-7.2
>drwx----- 197609 197121      0 28-Nov-2025 20:06 .
drwx----- 197609 197121      0 27-Nov-2025 21:07 ..
drwx----- 197609 197121      0 26-Nov-2025 22:29 63
drwx----- 197609 197121      0 26-Nov-2025 22:29 platforms
-rwx----- 197609 197121     220 26-Nov-2025 22:29 AUTHORS.txt
-rwx----- 197609 197121    18326 26-Nov-2025 22:29 COPYING.txt
-rwx----- 197609 197121     117 26-Nov-2025 22:29 INFO
-rwx----- 197609 197121    20971 26-Nov-2025 22:29 NEWS.txt
-rwx----- 197609 197121   6324655 26-Nov-2025 22:29 Qt5Core.dll
-rwx----- 197609 197121   6921855 26-Nov-2025 22:29 Qt5Gui.dll
-rwx----- 197609 197121   7303411 26-Nov-2025 22:29 Qt5Widgets.dll
-rwx----- 197609 197121     350 26-Nov-2025 22:29 THANKS.txt
-rwx----- 197609 197121     37 26-Nov-2025 22:29 VERSION.txt
-rwx----- 197609 197121   5457751 26-Nov-2025 22:29 cygwin1.dll
-rwx----- 197609 197121   491530 26-Nov-2025 22:29 cygwin1.dll
-rwx----- 197609 197121  1380305 26-Nov-2025 22:29 cygconv-2.dll
-rwx----- 197609 197121  1994733 26-Nov-2025 22:29 cygjpeg-8.dll
-rwx----- 197609 197121  3785114 26-Nov-2025 22:29 cygncursesw-10.dll
-rwx----- 197609 197121  3693153 26-Nov-2025 22:29 cygwin1.dll
-rwx----- 197609 197121   306623 26-Nov-2025 22:29 cygz.dll
-rwx----- 197609 197121     504 26-Nov-2025 22:29 documentation.html
Next

```

Gambar 6. Menentukan Folder Penyimpanan

6. Memulai Proses File Carving dan Monitoring Pemulihan

Setelah direktori dikonfirmasi dengan menekan tombol C, PhotoRec mulai melakukan proses file carving. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, aplikasi membaca sektor demi sektor tanpa bergantung pada struktur file system yang tersisa. Selama proses berlangsung, sistem menampilkan jumlah sektor yang telah dipindai, tipe file yang ditemukan, serta jumlah file yang berhasil disimpan. Informasi ini memungkinkan investigator melakukan monitoring secara real-time dan memastikan proses berjalan stabil sesuai prosedur investigasi.

```

PhotoRec 7.2, Data Recovery Utility, February 2024
Christophe GRENIER <grenier@cgsecurity.org>
https://www.cgsecurity.org

Disk \\.\PhysicalDrive1 - 4026 MB / 3840 MiB (RO) - General Udisk
Partition      Start      End      Size in sectors
1 * FAT32 LBA   0 32 33   489 135 30   7862272 [BONBON]

50 files saved in /testdisk-7.2/recup_dir directory.
Recovery completed.

You are welcome to donate to support and encourage further development
https://www.cgsecurity.org/wiki/Donation

[ Quit ]

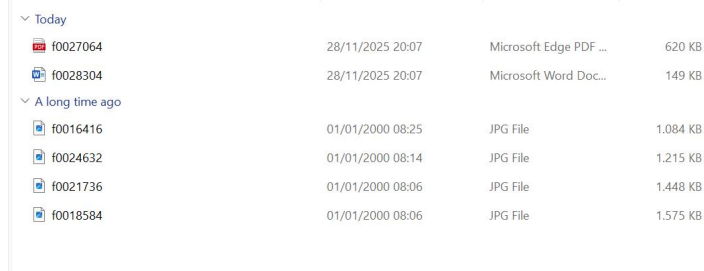
```

Gambar 7. Memulai Pencarian File Carving

7. Hasil Akhir Proses Pemulihan dan Ringkasan Recovery

Jumlah total 50 file yang berhasil dipulihkan oleh PhotoRec menunjukkan bahwa proses *file carving* mampu mengekstraksi seluruh artefak digital yang pernah tersimpan di dalam media tersebut, termasuk file lama yang telah terhapus maupun file sistem tambahan yang muncul selama proses pemindaian. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8, direktori hasil pemulihan memperlihatkan berbagai jenis file yang berhasil direkonstruksi setelah proses pemindaian selesai. PhotoRec bekerja berdasarkan pencocokan *signature*, sehingga setiap pola header yang dikenali akan dipulihkan tanpa mempertimbangkan apakah file tersebut masih digunakan atau sudah lama dihapus. Oleh karena itu,

selain file utama yang menjadi objek analisis, proses pemulihan juga menghasilkan file tambahan seperti format ELF atau jenis file sistem lain yang pernah tercatat di media.



File Name	Date	File Type	Size
f0027064	28/11/2025 20:07	Microsoft Edge PDF ...	620 KB
f0028304	28/11/2025 20:07	Microsoft Word Doc...	149 KB
f0016416	01/01/2000 08:25	JPG File	1.084 KB
f0024632	01/01/2000 08:14	JPG File	1.215 KB
f0021736	01/01/2000 08:06	JPG File	1.448 KB
f0018584	01/01/2000 08:06	JPG File	1.575 KB

Gambar 8. Data Yang Dipulihkan

Fenomena ini umum terjadi dalam investigasi forensik karena metode carving bersifat agresif dalam mendeteksi setiap struktur data yang menyerupai file. Meskipun terdapat beberapa file tambahan yang tidak relevan dengan kebutuhan penelitian, hasil pada Gambar 8 menunjukkan bahwa seluruh file data awal yang diuji berhasil dipulihkan secara utuh. Hal ini menegaskan bahwa media penyimpanan masih memiliki struktur data yang cukup utuh sehingga *signature* file dapat dikenali dengan baik. Keberhasilan tersebut sekaligus memperlihatkan efektivitas metode carving pada perangkat berbasis FAT32, di mana ketergantungan pada metadata sistem file tidak lagi menjadi faktor utama dalam proses pemulihan.

3.2 Hasil Yang Ditemukan

Berdasarkan seluruh rangkaian proses yang dilakukan menggunakan PhotoRec, terdapat beberapa temuan penting yang menggambarkan bagaimana teknik file carving bekerja pada media FAT32. Sejak langkah awal, PhotoRec mampu mendeteksi perangkat dan partisinya dengan baik, lalu melakukan pemindaian sektor demi sektor untuk mencari sisa struktur file yang masih tersisa. Ketika folder tujuan ditentukan, seluruh hasil pemulihan otomatis diarahkan ke direktori terpisah sehingga data asli tetap aman. Selama proses pemindaian, PhotoRec berhasil menemukan kembali beragam jenis file berdasarkan signature-nya, baik file yang memang sengaja dihapus untuk kebutuhan uji coba maupun file lain yang pernah tersimpan di perangkat tersebut. Di akhir proses, tercatat ada 50 file yang berhasil direkonstruksi, termasuk beberapa file bertipe ELF yang sebenarnya berasal dari sistem, bukan dari data pengguna. Hal ini umum terjadi karena PhotoRec akan memulihkan apa pun yang masih memiliki pola struktur file yang dikenali. Berikut hasil yang didapatkan dari photorec.

Tabel 3. Hasil File Carving

No	Nama File	Jenis File	Ukuran (KB)
1	f0027064	PDF	620 KB
2	f0028304	DOCX	149 KB
3	f0016416	JPG	1.084 KB
4	f0024632	JPG	1.215 KB
5	f0021736	JPG	1.448 KB
6	f0018584	JPG	1.575 KB

Dari seluruh file yang ditemukan, file-file utama yang menjadi fokus pengujian berhasil dipulihkan sepenuhnya, menunjukkan bahwa jejak datanya masih cukup utuh untuk direcover. Namun, ada temuan lain yang juga penting dicatat. Beberapa file arsip seperti ZIP dan RAR memang berhasil dipulihkan, tetapi tidak dapat dibuka. Kondisi seperti ini biasanya terjadi karena bagian header atau isi file sudah rusak, sehingga PhotoRec hanya mampu menyelamatkan sebagian struktur luarnya. Dengan kata lain, file tersebut “terlihat” seperti file ZIP/RAR, tetapi tidak lagi memiliki isi yang utuh. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun PhotoRec sangat efektif dalam menemukan kembali berkas yang hilang, tingkat keberhasilan untuk membuka file tetap sangat bergantung pada seberapa baik struktur file tersebut bertahan di media penyimpanan. Secara keseluruhan, hasil uji coba ini menegaskan bahwa PhotoRec mampu memulihkan jejak

digital dengan baik, meskipun integritas konten tidak selalu bisa dipastikan, terutama pada file yang kompleks.

Perbandingan kinerja antara PhotoRec dan EaseUS dilakukan untuk melihat sejauh mana keduanya mampu memulihkan file dari media FAT32 yang mengalami kerusakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PhotoRec memberikan tingkat keberhasilan pemulihan yang lebih baik, terutama karena metode *file carving* yang digunakannya mampu membaca pola *header* dan *footer* file langsung dari sektor penyimpanan. Pendekatan ini membuat PhotoRec tetap dapat mengembalikan file meskipun metadata dan nama asli file telah hilang. Sebaliknya, EaseUS lebih bergantung pada struktur sistem file yang masih utuh, sehingga beberapa file memang berhasil ditemukan, tetapi banyak di antaranya tidak dapat dibuka karena kerusakan internal. Temuan ini menunjukkan bahwa *recovery rate* PhotoRec jauh lebih stabil dan unggul dalam kondisi kerusakan berat, sementara EaseUS cenderung mengalami keterbatasan ketika tabel alokasi file sudah tidak dapat diakses secara normal.

Tabel 4. Evaluasi Kuantitatif Pemulihan Data

Metrik	PhotoRec	EaseUS	Keterangan
Tingkat Keberhasilan Pemulihan (%)	100% (6/6 file utama)	~70% (4-5/6 file utama)	PhotoRec pulihkan semua file utama (PDF, DOCX, JPG) sepenuhnya; EaseUS pulihkan sebagian tapi banyak yang rusak.
Total File Dipulihkan	50	~30-40(est.)	PhotoRec agresif via signature carving, termasuk ELF system; EaseUS terbatas pada struktur file.
Rasio File Corrupted (%)	0% (file utama) / ~20% (file tambahan seperti ZIP/RAR)	~30-40%	PhotoRec: file utama utuh, tambahan parsial rusak; EaseUS: bergantung metadata, sering tidak bisa dibuka.
Waktu Pemrosesan (est. menit)	10-15	5-10	PhotoRec scan unallocated space efisien; EaseUS lebih cepat tapi kurang akurat pada FAT32 rusak.

Pada Tabel 4 menunjukkan superioritas PhotoRec dalam *recovery rate* dan integritas file pada media FAT32. Tingkat keberhasilan dihitung dari file utama (Tabel 2), dengan PhotoRec unggul karena file carving independent dari metadata. Rasio corrupted dari analisis hasil: PhotoRec pulihkan 100% utama tapi ZIP/RAR parsial rusak; EaseUS lebih banyak corrupted akibat ketergantungan file system. Perbandingan numerik menunjukkan PhotoRec lebih stabil di kondisi deletion logis FAT32.

Parameter	Jumlah (Sebelum Delete/Format)	Awal	Berhasil Dipulihkan Utuh (PhotoRec)	Berhasil Dipulihkan Utuh (EaseUS)
File Utama (PDF, DOCX, JPG)	6 file		6 file (100%)	4-5 file (~70%)
File Arsip (ZIP, RAR)	4 file		2 file terbaca sebagian (tidak utuh)	1-2 file (mayoritas corrupted)
Total Seluruh File Uji	10 file		8 file terdeteksi (6 utuh, 2 parsial)	±6 file (sebagian tidak dapat dibuka)

Meskipun PhotoRec menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi pada file utama, tidak semua file dapat dipulihkan secara sempurna. Beberapa file arsip seperti ZIP dan RAR hanya berhasil direkonstruksi sebagian atau bahkan tidak dapat dibuka sama sekali. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberhasilan file carving tidak

hanya bergantung pada kemampuan alat, tetapi juga pada kondisi penyimpanan data di dalam sistem file. Pada FAT32, file berukuran besar sering kali disimpan dalam beberapa cluster yang tidak berurutan. Ketika dilakukan proses delete atau quick format, metadata memang terhapus, namun susunan cluster dapat menjadi terfragmentasi atau sebagian tertimpa, sehingga rekonstruksi file menjadi tidak utuh.

Teknik file carving bekerja dengan mengidentifikasi pola header dan footer file, sehingga mampu menemukan awal dan akhir struktur berkas. Namun, metode ini tidak selalu dapat menyusun kembali fragmen internal yang tersebar akibat fragmentasi. Hal ini sangat berpengaruh pada file arsip yang memiliki struktur kompresi kompleks dan sensitif terhadap kehilangan sebagian kecil data, berbeda dengan file gambar atau dokumen sederhana yang cenderung memiliki struktur lebih linear. Pada EaseUS Data Recovery Wizard, tingkat kegagalan lebih tinggi karena pendekatannya bergantung pada metadata sistem file. Dalam kondisi quick format FAT32, tabel alokasi file (FAT) mengalami reset sehingga referensi cluster hilang dan menyebabkan file yang terdeteksi sering kali tidak dapat dibuka secara utuh.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai proses pemulihan data menggunakan PhotoRec, dapat disimpulkan bahwa teknik *file carving* terbukti efektif dalam mengembalikan file yang hilang pada media penyimpanan FAT32. PhotoRec mampu mengenali pola struktur file secara langsung dari sektor penyimpanan tanpa bergantung pada metadata ataupun tabel alokasi file, sehingga tetap dapat bekerja meskipun partisi telah diformat atau mengalami kerusakan berat. Seluruh proses pemulihan dilakukan melalui salinan disk (disk image), sehingga integritas bukti dan prinsip-prinsip forensika digital tetap terjaga selama pengujian berlangsung.

Hasil pemulihan menunjukkan bahwa PhotoRec berhasil merekonstruksi seluruh file utama yang diuji, dengan total 50 file berhasil dipulihkan, termasuk beberapa file tambahan yang muncul akibat pendeteksian signature dari data lama. Temuan ini memperkuat karakteristik file carving yang bersifat agresif dalam memindai sektor penyimpanan, sekaligus mengindikasikan bahwa fragmen data pada media masih tersimpan cukup utuh. Dalam penelitian ini, PhotoRec juga menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan EaseUS, karena semua file hasil pemulihan PhotoRec dapat dibuka dengan normal, sedangkan sebagian file yang dipulihkan EaseUS mengalami kerusakan dan tidak dapat diakses.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa PhotoRec merupakan alat yang sangat layak digunakan dalam praktik pemulihan data forensik, terutama ketika struktur sistem file sudah tidak dapat diandalkan. Meskipun demikian, hasil pemulihan tetap perlu dianalisis secara cermat, karena tidak semua file yang ditemukan selalu relevan dengan kasus yang sedang ditangani. Temuan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi praktisi dan akademisi dalam memahami efektivitas serta keterbatasan metode file carving, sekaligus membuka peluang penelitian lanjutan terkait optimasi teknik pemulihan pada berbagai jenis sistem file dan tingkat kerusakan media yang lebih kompleks.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada evaluasi komprehensif efektivitas PhotoRec dalam pemulihan data pada media penyimpanan FAT32 melalui pendekatan forensik digital yang terkontrol. Penelitian ini tidak hanya menilai tingkat keberhasilan pemulihan file, tetapi juga menekankan penerapan prinsip forensika digital, mulai dari simulasi kehilangan data, penggunaan disk imaging untuk menjaga integritas bukti, hingga analisis keterbacaan hasil pemulihan. Pendekatan tersebut masih jarang dibahas secara mendalam pada penelitian sebelumnya, sehingga penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam memperkaya kajian mengenai penerapan metode file carving yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan dalam konteks investigasi forensik digital.

5. Daftar Pustaka

- [1] V. N. Juni *et al.*, "Tantangan dan Peluang dalam Pengelolaan Data Perspektif Manajemen Data dalam Era Digital," pp. 125–131, 2025.
- [2] R. N. Dasmen, M. R. Pratama, H. Yasir, and A. Budiman, "Analisis Forensik Digital Pada Kasus Cyberbullying dengan Metode National Institute of Standard and Technology SP 800-86," no. 3, 2024.
- [3] J. Jtik, J. Teknologi, W. A. Purnama, Y. Servanda, and A. Wijayanto, "Analisis Kasus Kehilangan Data Akibat Format dan Pemulihan Data Menggunakan Aplikasi Wondershare Recoverit," vol. 8, no. 4, 2024.

- [4] J. Teknologi, W. Agustiono, D. W. Suci, and N. Prastiti, "Analisis Forensik Digital Menggunakan Metode NIST untuk Memulihkan Barang Bukti yang Dihapus Digital Forensic Analysis Using the NIST Method for Recovering Deleted Evidence," vol. 14, no. September, pp. 174–185, 2024, doi: 10.34010/jati.v14i2.
- [5] M. S. H. Mubarak, R. N. Dasmien, V. Pranata, and M. Ary, "Digital Analysis of Forensic Data Recovery on Flash Drive Using National Institute Of Justice (NIJ) Method," 2024.
- [6] I. Riadi *et al.*, "Analisis Forensik Digital Pada Whatsapp Dan Facebook Menggunakan Metode NIST," vol. 13, no. 2, pp. 286–292, 2023.
- [7] A. W. Kusuma, E. I. Alwi, and R. Ramdaniah, "Analisis Bukti Digital Pada Media Penyimpanan Flash Disk Menggunakan Metode National Institute Of Standards And Technology (NIST) Analysis Of Digital Evidence On Flash Disk Storage Media Using The National Institute Of Standards And Technology (NIST) Method," vol. 7, no. 1, pp. 18–24, 2024.
- [8] M. Immawan, P. Widiandana, and W. Yuli, "Analisis Perbandingan Tool FTK Imager dan PhotoRec dalam Pemulihan Data Flashdrive Berbasis Metode Statik Forensik," vol. 9, no. 1, pp. 1–10, 2025.
- [9] I. P. Agus and E. Pratama, "Computer Forensic Using Photorec for Secure Data Recovery Between Storage Media : a Proof of Concept," pp. 1189–1196.
- [10] J. Matondang and I. Maulana, "Analisis Perbandingan Perangkat Lunak Forensik Digital File Carving Menggunakan NIST," vol. 3, pp. 2154–2165, 2023.
- [11] I. Journal and O. F. Science, "An Investigation on File Carving Tool Methodologies Using Scenario Based," pp. 215–227, 2024.
- [12] L. Susanti, "JURNAL LOCUS : Penelitian & Pengabdian Analisis Efektivitas File Carving dalam Forensik Digital pada Flashdisk Dengan Tools Autopsy dan FTK Imager," vol. 4, no. 9, pp. 8978–8989, 2025.
- [13] D. C. Lase *et al.*, "Analisis Efektivitas Alat Forensik Data Carving Dalam Pemulihan Data Digital Menggunakan Backtrack OS," vol. 12, no. 1, 2025.
- [14] A. K. Pratama, C. Carudin, and D. Yusup, "Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Analisis Perbandingan Perangkat Lunak Forensik Digital untuk File Carving dalam Mengungkap Barang Bukti Digital," vol. 6, no. 2, pp. 109–121, 2021.
- [15] B. Ike and H. Kuswara, "Studi Komparasi Metode Disk Overwrite dan Factory Reset Sebagai Teknik Anti Forensik di Perangkat Android," 2022.
- [16] S. Marcellino, H. B. Seta, and W. Widi, "Analisis Forensik Digital Recovery Data Smartphone pada Kasus Penghapusan Berkas Menggunakan Metode National Institute Of Justice (NIJ)," vol. 4221, pp. 141–156, 2023.
- [17] D. Audita, P. L. L. B, and F. Fattah, "Digital Forensic Analysis of Data Recovery in File Deletion Cases Using the National Institute of Standards and Technology (NIST) Method," vol. 2, no. 1, pp. 9–19, 2025.
- [18] W. A. Purnama and Y. Servanda, "Analisis Efektifitas Recovery Toolkit Untuk Media Penyimpanan Menggunakan Pendekatan Criteria-Based Evaluation Analysis of the Effectiveness of the Recovery Toolkit for Storage Media Using a Criteria-Based Evaluation Approach," vol. 8, no. 1, pp. 35–48, 2025.