

APLIKASI MANAJEMEN BASIS DATA PERMAINAN CATUR UNTUK PEMAIN CATUR PROFESIONAL



Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Dzaky Adrian

NIM : 22523049

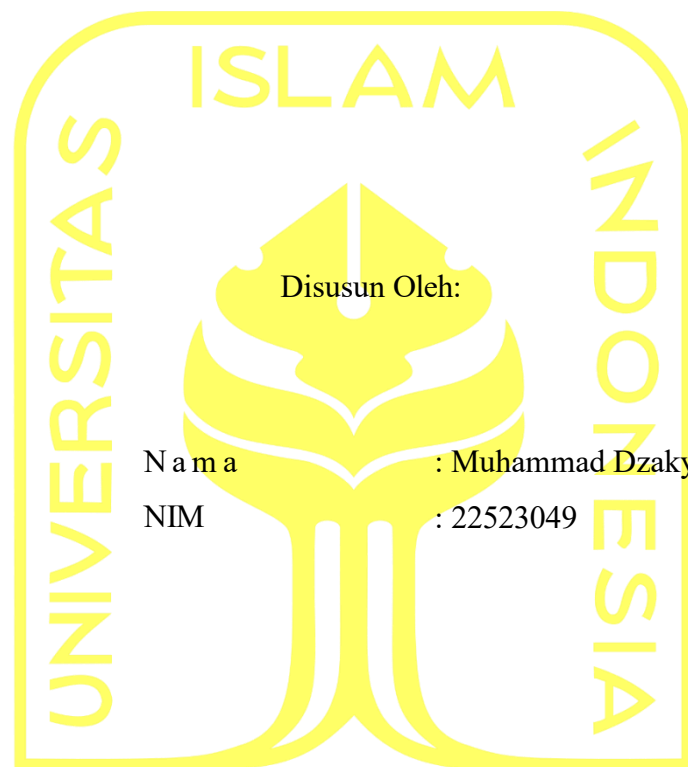
**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2026

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**APLIKASI MANAJEMEN BASIS DATA PERMAINAN
CATUR UNTUK PEMAIN CATUR PROFESIONAL**

TUGAS AKHIR



N a m a : Muhammad Dzaky Adrian
NIM : 22523049

الجامعة الإسلامية
Yogyakarta, 23 Desember 2025

Pembimbing,



(Dr. Feri Wijayanto, S.T., M.T.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**APLIKASI MANAJEMEN BASIS DATA PERMAINAN
CATUR UNTUK PEMAIN CATUR PROFESIONAL**

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 14 Januari 2026

Tim Penguji

Dr. Feri Wijayanto, S.T., M.T.



Anggota 1

Andhik Budi Cahyono, S.T., M.T.



Anggota 2

Taufiq Hidayat, S.T., M.C.S.

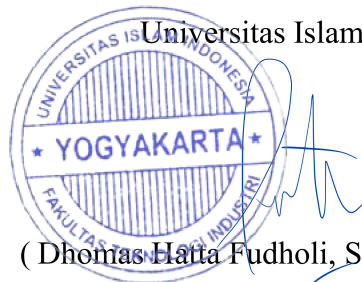


Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D.)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Dzaky

Adrian NIM : 22523049

Tugas akhir dengan judul:

APLIKASI MANAJEMEN BASIS DATA PERMAINAN CATUR UNTUK PEMAIN CATUR PROFESIONAL

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 23 Desember 2025



A handwritten signature in black ink, appearing to be "Dzaky Adrian".

(Muhammad Dzaky Adrian)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis mengungkapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir berjudul “Aplikasi Manajemen Basis Data Permainan Catur untuk Pemain Catur Profesional” dapat diselesaikan. Karya ini dipersembahkan kepada orang tua dan keluarga yang senantiasa mendoakan dan memotivasi selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan pendampingan, arahan, serta bantuan selama proses penelitian dan pengembangan. Semoga aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini bermanfaat bagi pemain catur profesional dan pihak lain dalam mengelola dan menganalisis data permainan secara sistematis serta berkontribusi pada pengembangan pemanfaatan teknologi dalam dunia catur.

HALAMAN MOTO

“I don't have dreams, I have goals.” – Harvey Specter

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan rasa syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “Aplikasi Manajemen Basis Data Permainan Catur untuk Pemain Catur Profesional” dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan tugas akhir ini bertujuan membuat sebuah aplikasi berbasis web yang mampu mengelola data permainan catur secara terstruktur serta menyediakan fitur analisis yang dapat mendukung kebutuhan pemain catur profesional dalam melakukan evaluasi permainan. Selama proses penyusunan laporan tugas akhir, penulis menemui sejumlah tantangan yang memerlukan perhatian dan penyesuaian. Namun, dukungan serta bantuan dari berbagai pihak berperan penting dalam membantu penulis mengatasi tantangan yang dihadapi selama proses penyusunan.

Oleh karena itu, penulis menyampaikan apresiasi dan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan selama penyusunan tugas akhir ini, antara lain:

1. Allah SWT atas segala kemudahan dan kelancaran yang menyertai proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan dan motivasi.
3. Bapak Dr. Feri Wijayanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, serta masukan yang diberikan selama proses penyusunan tugas akhir.
4. Seluruh dosen Program Studi Informatika Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman akademik selama masa perkuliahan.
5. Teman-teman saya sejak kecil dari kampung Tuntungan yang telah memberikan semangat dan motivasi.
6. Teman-teman yang senantiasa selalu menemani selama proses pengembangan dan penyusunan tugas akhir, Angelista Widya Devi Pierina, Muhammad Daffa Ramadhan dan Nurandra Satya Adhi.
7. Teman KKN yang telah memberikan dukungan selama ini.

Yogyakarta, 23 Desember 2025



(Muhammad Dzaky Adrian)

SARI

Pada tingkat profesional, pemain catur tidak hanya dituntut memiliki kemampuan bermain yang baik, tetapi juga kemampuan dalam melakukan evaluasi dan analisis terhadap permainan-permainan sebelumnya. Proses analisis tersebut membutuhkan pengelolaan data permainan yang terstruktur, mudah diakses, serta dilengkapi dengan fitur analisis yang mendukung pengambilan keputusan strategis. Penelitian ini berfokus untuk membangun sebuah aplikasi manajemen database permainan catur yang ditujukan bagi pemain catur profesional. Aplikasi ini dirancang untuk mengelola data permainan dalam format Portable Game Notation (PGN), menampilkan visualisasi papan catur secara interaktif, serta menyediakan fitur analisis permainan menggunakan chess *engine* Stockfish. Sistem ini juga memiliki fitur pencarian lanjutan dan eksplorasi pembukaan permainan untuk membantu pengguna dalam menganalisis pola pembukaan berdasarkan data permainan yang tersimpan. Pengembangan sistem pada penelitian ini mengikuti model Waterfall, yang menerapkan tahapan pengembangan secara berurutan. Pengujian sistem dilakukan melalui pendekatan Black Box Testing dengan tujuan mengevaluasi fungsi-fungsi aplikasi berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa aplikasi yang dikembangkan bisa menyimpan dan mengelola data permainan catur secara terstruktur, memvisualisasikan langkah permainan dengan baik, serta menyediakan fitur analisis dan pencarian yang berjalan sesuai dengan skenario pengujian. Dengan demikian, aplikasi ini dapat menjadi sarana pendukung bagi pemain catur profesional dalam melakukan evaluasi permainan dan persiapan strategi pertandingan.

Kata kunci: catur, manajemen *database*, PGN, analisis catur, waterfall, django.

GLOSARIUM

AJAX	teknik pengembangan web yang memungkinkan pertukaran data secara asinkron tanpa memuat ulang halaman.
Black Box Testing	metode pengujian fungsi sistem.
Chess <i>engine</i>	perangkat lunak yang dirancang untuk mengevaluasi posisi permainan catur dan merekomendasikan langkah terbaik berdasarkan algoritma tertentu.
<i>Database</i>	kumpulan data terstruktur yang disimpan untuk dikelola
Django	<i>framework</i> web berbasis Python yang menerapkan pola <i>Model View Template</i> (MVT) untuk pengembangan aplikasi web.
ECO	sistem klasifikasi pembukaan catur yang mengelompokkan variasi pembukaan ke dalam kode tertentu.
FEN	format notasi yang digunakan untuk merepresentasikan satu posisi papan catur pada kondisi tertentu.
<i>Framework</i>	kerangka kerja perangkat lunak siap pakai untuk mempermudah pengembangan.
<i>Parsing</i>	proses membaca dan memecah data terstruktur menjadi bagian-bagian tertentu agar dapat diproses oleh sistem.
PGN	format standar berbasis teks yang digunakan untuk menyimpan data permainan catur beserta metadata dan urutan langkah permainan.
Stockfish	<i>chess engine open source</i> yang digunakan untuk melakukan analisis posisi dan evaluasi langkah dalam permainan catur.
Waterfall	metode pengembangan yang bersifat berurutan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SARI.....	viii
GLOSARIUM	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metodologi Penelitian Secara Umum	4
1.7 Struktur Laporan	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Kontekstualisasi Masalah.....	7
2.2 Perbandingan Metodologi Penelitian	8
2.3 Teori Metodologi Waterfall	10
2.4 Pengujian Black Box Testing.....	12
2.5 Sistem Manajemen Basis Data.....	13
2.6 Data Permainan Catur: PGN dan FEN	14
2.6.1 Portable Game Notation (PGN).....	14
2.6.2 Forsyth–Edwards Notation (FEN)	15
2.6.3 Peran PGN dan FEN dalam Sistem Manajemen Database Catur	16
2.7 Chess Engine (Stockfish)	17

2.8	Django Framework	17
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Metodologi Pengembangan.....	19
3.2	Analisis Kebutuhan	20
3.2.1	Kebutuhan Fungsional	21
3.2.2	Kebutuhan Nonfungsional	22
3.3	Desain Sistem.....	23
3.3.1	Arsitektur Sistem	23
3.3.2	Data Flow Diagram (DFD)	24
3.3.3	Diagram Komponen.....	26
3.3.4	Desain Database	28
3.3.5	Desain Antarmuka.....	30
3.4	Rencana Pengujian Sistem	34
3.4.1	Kriteria Keberhasilan Pengujian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Implementasi.....	37
4.1.1	Implementasi Pengelolaan Data.....	37
4.1.2	Implementasi Visualisasi dan Validasi Permainan	41
4.1.3	Implementasi Analisis Permainan.....	44
4.1.4	Implementasi Statistik.....	47
4.2	Pengujian Sistem.....	50
4.3	Pembahasan Hasil Pengujian	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....		54
LAMPIRAN		59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Metodologi.....	8
Tabel 3.1 Penjelasan Skema Tabel <i>Game</i>	29
Tabel 3.2 Rencana Pengujian.....	35
Tabel 4.1 Hasil pengujian	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alur Penelitian	4
Gambar 2.1 Waterfall Sumber: Sommerville (2016).....	11
Gambar 2.2 Contoh file PGN	15
Gambar 2.3 Notasi FEN pada posisi awal permainan.....	16
Gambar 3.1 Metode Waterfall	19
Gambar 3.2 DFD Level 0	24
Gambar 3.3 DFD Level 1	25
Gambar 3.4 Diagram Komponen.....	27
Gambar 3.5 Diagram Skema Tabel <i>Game</i>	29
Gambar 3.6 Desain halaman <i>game list</i>	30
Gambar 3.7 Desain halaman <i>upload</i> PGN.....	31
Gambar 3.8 Desain halaman <i>game detail</i>	32
Gambar 3.9 Desain halaman <i>analysis board</i>	33
Gambar 3.10 Desain halaman <i>opening explorer</i>	34
Gambar 4.1 Halaman <i>Upload</i> PGN	38
Gambar 4.2 Halaman <i>game list</i>	39
Gambar 4.3 Halaman <i>game edit</i>	40
Gambar 4.4 Halaman <i>advanced search</i>	41
Gambar 4.5 Halaman <i>game detail</i>	43
Gambar 4.6 Halaman <i>game detail</i> posisi skak.....	44
Gambar 4.7 Halaman <i>analysis game</i>	45
Gambar 4.8 Analisis mandiri	46
Gambar 4.9 Analisis melalui <i>game detail</i>	47
Gambar 4.10 Halaman <i>opening explorer</i>	48
Gambar 4.11 Statistik langkah.....	49
Gambar 4.12 Halaman <i>opening explorer</i> identifikasi lawan	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Catur merupakan permainan yang didasarkan pada sistem aturan yang ketat dan memerlukan tingkat kecerdasan dan strategi yang tinggi (Wijayanto, 2024). Kompleksitas catur terletak pada struktur informasi di dalamnya yang menuntut ketelitian tinggi dalam menganalisis pola pembukaan, urutan langkah, dan variasi posisi. Dalam catur modern, kemampuan pemain profesional tidak hanya berdasar pada kemampuan dan intuisi di atas papan. Pada tingkat profesional, kebutuhan mengevaluasi permainan sebelum pertandingan menjadi kunci penting dalam bertanding (Chacoma & Billoni, 2025). Pengelolaan data permainan dan analisis posisi menjadi kebutuhan utama pemain profesional seiring perkembangan kompetisi. Studi oleh Chowdhary et al. (2022) menunjukkan bahwa pemanfaatan data permainan dalam skala besar untuk mengukur performa pemain dan menemukan pola permainan, termasuk pemilihan langkah dapat dievaluasi dari riwayat permainan.

Chess engine seperti Stockfish menjadi standar dalam evaluasi posisi yang telah digunakan banyak aplikasi besar. Stockfish dapat membantu pemain dalam meningkatkan kemampuan terutama dalam fase *opening* (Minh & Duc, 2025). Stockfish juga berperan sebagai alat evaluasi yang mampu memberikan nilai tertentu dalam setiap langkah. Dengan adanya Stockfish, pemain dapat mendeteksi kesalahan taktis dan memahami langkah yang mungkin terlewatkan oleh analisis manusia. Dengan demikian, teknologi *chess engine* menjadi elemen penting dalam pelatihan dan persiapan catur modern.

Sebagian besar aplikasi populer saat ini seperti Lichess dan Chess.com telah menyediakan tempat bermain dan analisis. Namun, masih terdapat keterbatasan dalam hal manajemen *database*. Rata-rata aplikasi lebih berfokus pada bermain *online* atau pembelajaran taktik, sementara kebutuhan akan sistem manajemen *database* permainan catur yang terstruktur masih belum terpenuhi secara optimal. Selain itu, aplikasi tersebut memiliki kompleksitas *interface* yang cukup rumit sehingga kurang ideal dalam sisi *user experience*.

Format standar Portable Game Notation (PGN) telah menjadi salah satu bentuk representasi data permainan yang umum digunakan dalam catur (Aemy & Al-Husaini, 2023). PGN mencakup metadata pertandingan seperti nama pemain, peringkat, tempat, tanggal, dan hasil, serta rangkaian langkah-langkah dalam notasi aljabar (Gupta et al., 2023). Struktur data

PGN, memungkinkan pengembangan aplikasi yang mampu mengelola ribuan game secara efisien. Namun, implementasi pengelolaan *database* PGN seringkali menghadapi kendala pada proses parsing metadata, penyimpanan yang terstruktur, dan sinkronisasi posisi antar modul permainan ketika terintegrasi dengan *engine* analisis dan visualisasi papan interaktif secara bersamaan.

Pengelolaan data dalam jumlah besar memerlukan pendekatan sistematis melalui sistem manajemen *database*. Sistem manajemen *database* menjamin efisiensi dalam pengambilan data serta kecepatan proses pencarian informasi dalam sistem digital (Aslyza & Nasution, 2025). Dengan *database* yang terstruktur, informasi dapat diakses dengan lebih efisien, dimanfaatkan untuk keperluan analisis, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Dalam permainan catur, penggunaan sistem manajemen *database* memungkinkan pemain untuk menyimpan permainan, merekam jejak langkah permainan, melakukan evaluasi, serta merancang strategi berdasarkan pola permainan yang terdokumentasi dengan baik.

Data permainan dalam catur tidak hanya berisi varian langkah-langkah, tetapi juga memiliki atribut penting seperti *ECO code* (Encyclopedia of Chess Openings), nama pemain, hasil, tanggal, dan variasi *opening*. Studi oleh (De Marzo & Servedio, 2022), menunjukkan bahwa *ECO code* merupakan sistem klasifikasi yang penting bagi pemain profesional, kode ini terdiri dari 500 kode yang dikelompokkan berdasarkan jalur pembukaan. Atribut ini menjadi dasar bagi pemain catur profesional dalam melakukan pencarian pola permainan, mempelajari kebiasaan lawan, dan mengidentifikasi preferensi *opening*. Tanpa sistem manajemen *database*, proses pencarian dan analisis terhadap ribuan permainan menjadi tidak efisien.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan aplikasi manajemen *database* permainan catur yang memanfaatkan sistem manajemen *database*, *chess engine*, serta visualisasi permainan catur berbasis Python Chess. Aplikasi ini diharapkan dapat mengisi kekosongan yang belum terpenuhi oleh *platform* catur populer lainnya, serta memberikan solusi kepada pemain catur profesional. Tidak hanya sebagai wadah untuk menyimpan permainan, aplikasi ini hadir memberikan fitur bagi pemain catur profesional untuk melakukan analisis permainan juga.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini dirumuskan berdasarkan konteks dan isu yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, yaitu:

- a. Bagaimana membangun sistem *database* catur yang mampu menyimpan, mengelola, dan memproses data permainan catur dalam format Portable Game Notation (PGN) secara efisien?
- b. Bagaimana membangun sistem yang mampu membaca file PGN dan mengambil informasi pemain untuk disimpan ke dalam *database*?
- c. Bagaimana membangun fitur analisis berbasis data yang mampu melihat pola pembukaan permainan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan utama yang berkaitan langsung dengan permasalahan yang dibahas, yaitu:

- a. Merancang dan membangun sistem manajemen *database* yang mampu menyimpan dan mengelola data permainan catur dalam format PGN secara terstruktur.
- b. Membangun sistem yang mampu membaca file PGN dan mengambil informasi pemain serta metadata lainnya untuk disimpan ke dalam *database*.
- c. Mengembangkan fitur analisis yang dapat mengidentifikasi pola pembukaan serta memberikan informasi statistik terkait pola pembukaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dari dua sisi yaitu secara teoritis dan penerapan. Secara teoritis, penelitian ini menambah wawasan pengetahuan di bidang rekayasa perangkat lunak, khususnya bagian implementasi sistem manajemen *database* untuk data permainan catur dengan format PGN. Sementara itu, secara penerapan diharapkan sistem yang dikembangkan dapat digunakan oleh pemain catur profesional yang membutuhkan *platform* pengelolaan *database* permainan. Aplikasi yang dikembangkan membantu pemain dalam mengunggah, menyimpan, dan mengelola ribuan permainan dengan efisien serta menyediakan fitur analisis yang dapat mendukung persiapan sebelum pertandingan.

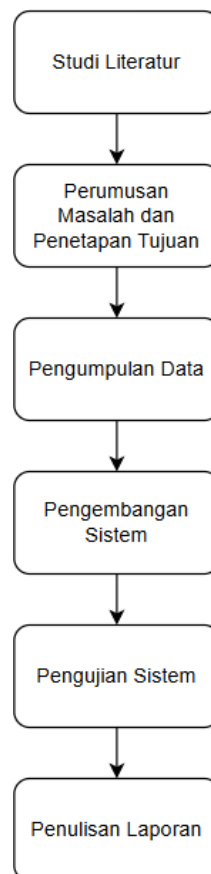
1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar pembahasan tetap terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian, ruang lingkup pembahasan dibatasi pada beberapa aspek sebagai berikut:

- a. Penelitian difokuskan mengembangkan aplikasi dengan fungsi mengelola dan menampilkan data permainan catur, bukan sebagai *platform* permainan catur untuk bertanding antar pemain.
- b. Data permainan yang digunakan dalam sistem terbatas pada file notasi standar seperti PGN yang diunggah oleh pengguna.
- c. Pengujian aplikasi difokuskan pada fungsionalitas sistem, bukan pada performa atau evaluasi kualitas strategi permainan.

1.6 Metodologi Penelitian Secara Umum

Penelitian ini dilaksanakan dengan serangkaian tahapan yang ditempuh peneliti mulai dari perencanaan awal hingga penyusunan laporan akhir. Alur penelitian secara umum digambarkan dalam diagram langkah penelitian sebagai berikut:



Gambar 1.1 Diagram Alur Penelitian

Penjelasan untuk setiap tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Peneliti mempelajari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, artikel, serta referensi terkait pengolahan data catur, *database*, dan pengembangan aplikasi berbasis web. Tujuan dari tahapan ini yaitu mengidentifikasi konsep, metode, dan solusi yang relevan dengan pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini.

b. Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan

Berdasarkan temuan, peneliti merumuskan permasalahan utama yang akan diselesaikan. Rumusan masalah tersebut kemudian digunakan untuk menentukan tujuan penelitian.

c. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh kebutuhan fungsional dan data utama berupa file PGN yang dikumpulkan dari berbagai sumber seperti *database* publik, *platform* catur *online*, dan arsip pertandingan pemain profesional. Data fungsional didapatkan melalui observasi pada aplikasi catur seperti Lichess dan Chess.com untuk menemukan celah kekurangan yang perlu dilengkapi dalam aplikasi ini.

d. Pengembangan Sistem

Proses pengembangan aplikasi pada penelitian ini mengikuti alur rekayasa perangkat lunak berbasis model Waterfall. Adapun tahapan-tahapan yang dilalui dalam metode ini:

1. Analisis Kebutuhan
2. Desain Sistem
3. Implementasi
4. Pengujian
5. Pemeliharaan

e. Pengujian Sistem

Tahap pengujian berfokus pada evaluasi fungsionalitas aplikasi untuk memastikan fitur-fitur seperti mengunggah PGN, penyimpanan data, pencarian permainan, visualisasi langkah, dan fitur lainnya menggunakan metode Black Box Testing.

f. Penulisan Laporan

Penelitian ini diakhiri dengan mendokumentasikan seluruh proses yang dilakukan ke dalam laporan. Tahap ini mencakup penyusunan latar belakang, kajian pustaka, metodologi, hasil pengembangan, dan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil.

1.7 Struktur Laporan

Sistematika penulisan laporan disusun ke dalam lima bab utama untuk memberikan gambaran mengenai seluruh proses penelitian dan pengembangan sistem. Rincian isi dari setiap bab yaitu:

a. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan konteks penelitian yang meliputi latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup pembahasan, gambaran metodologi yang digunakan, serta sistematika penulisan laporan. Bab ini memberikan gambaran mengenai konteks awal penelitian dan arah pengembangan.

b. BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menyajikan pembahasan mengenai konsep-konsep teoritis serta hasil kajian literatur yang menjadi dasar dan rujukan dalam penelitian ini. Pembahasan meliputi konsep permainan catur dan format data standar PGN, teori tentang sistem manajemen *database*, dan arsitektur *chess engine* (Stockfish). Selain itu, bab ini juga meninjau penelitian terdahulu dan analisis komparatif terhadap aplikasi yang sejenis untuk memperkuat dasar pengembangan fitur.

c. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metodologi pengembangan sistem yang diterapkan dalam penelitian, dengan menggunakan model Waterfall.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implentasi dari sistem manajemen *database* permainan catur yang dikembangkan. BAB ini juga memaparkan hasil pengujian sistem untuk membuktikan bahwa aplikasi berjalan sesuai terhadap tujuan penelitian.

e. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta rekomendasi pengembangan sistem untuk penelitian atau implementasi selanjutnya.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Kontekstualisasi Masalah

Permainan catur menuntut pemain untuk berpikir kritis terhadap langkah-langkah yang diambil dengan keterbatasan waktu. Pemain juga dituntut untuk mampu melakukan evaluasi terhadap permainan-permainan sebelumnya. Proses evaluasi mencakup analisis pembukaan, identifikasi kesalahan, perbaikan strategi, dan meningkatkan pola. Dengan kondisi tersebut, pemain membutuhkan sebuah tempat yang mampu memfasilitasi keperluan tersebut.

Brahupadhy Subiksa et al. (2025) mengembangkan aplikasi permainan catur berbasis JavaFX yang memanfaatkan string Forsyth-Edwards Notation (FEN). Penelitian ini menunjukkan bahwa FEN memungkinkan representasi papan catur yang lebih cepat. Pengembangan aplikasi permainan catur menjadi perhatian utama dalam penelitian ini, khususnya dalam upaya menghadirkan pengalaman bermain catur dan dapat memberikan pemahaman strategi dasar permainan catur. Kekurangan dari penelitian ini yaitu belum adanya fungsi manajemen *database* permainan dan belum ada fungsi analisis.

Penelitian oleh Kumari et al. (2024) mengembangkan *platform* catur *online* yang terinspirasi dari Chess.com. Penelitian ini menggunakan Node.js pada bagian *backend*, React untuk *frontend*, dan juga menggunakan Stockfish untuk validasi langkah. Pengembangan ini memberikan gambaran tentang sinkronisasi *game state* dan integrasi *engine* yang digunakan untuk mengecek langkah harus legal. Namun, fokus *platform* ini pada permainan secara *real-time* saja, belum ada tempat untuk menyimpan permainan.

Selanjutnya, penelitian oleh Lestari purba et al. (2024) merancang permainan catur berbasis Android dengan algoritma *Breadth first search*. Penelitian tersebut memanfaatkan algoritma *Breadth First Search* sebagai dasar dalam proses penentuan rekomendasi langkah. Algoritma ini mampu menganalisis posisi permainan untuk mendapatkan keputusan terbaik. Penelitian ini relevan karena memiliki kesamaan menggunakan AI untuk menentukan langkah terbaik bagi pemain catur.

Kemudian, penelitian oleh Nainggolan et al. (2024) melakukan analisis untuk mengukur tingkat keberhasilan Lichess pada atlet menggunakan model UTAUT-3. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian tersebut sebagai dasar penyajian fakta-fakta yang diperoleh. Penelitian tersebut menemukan bahwa keterkaitan antarvariabel dalam model UTAUT-3 seperti *performance expectancy*, *effort expectancy*, *social influence*, *facilitating conditions*,

hedonic motivation, *habit*, dan *personal innovativeness* bersifat positif dan signifikan, baik melalui hubungan langsung maupun tidak langsung terhadap *behavioral intention* dan *use behavior* terhadap keberhasilan penggunaan Lichess. Hal tersebut menunjukkan bahwa Lichess dinilai bermanfaat bagi atlet. Penelitian ini relevan karena menunjukkan bukti bahwa pemain profesional yang terbiasa menggunakan aplikasi catur *online* mengharapkan kemudahan penggunaan, kualitas fitur, dan kebutuhan mereka bisa terpenuhi oleh aplikasi.

Di sisi lain, penelitian tentang sistem manajemen *database* oleh Pradipta et al. (2022), mengembangkan rancangan basis data pada tingkat konseptual dan logis yang diimplementasikan dalam sistem informasi berbasis web. Penelitian tersebut menerapkan pendekatan Database System Development Lifecycle (DBSDLC) sebagai metode pengembangannya. Pada penelitian tersebut, menunjukkan bahwa kelayakan sistem *database* ditentukan dalam perencanaan di awal serta pengumpulan kebutuhan. Namun, penelitian tersebut hanya terbatas pada desain dalam bentuk ER.

Selanjutnya, penelitian oleh Kalsum Siregar et al. (2024) mengembangkan *database management system* menggunakan MySQL. Penelitian ini menggambarkan tentang penggunaan teknologi yang cocok untuk mengembangkan sistem manajemen *database*. Namun, penelitian tersebut lebih banyak menjelaskan teknologi yang dipakai, belum spesifik membahas tentang proses pengembangan.

Berdasarkan telaah terhadap penelitian-penelitian yang telah dilakukan, belum ditemukan kajian yang menggabungkan sistem manajemen *database* dengan catur. Kebanyakan peneliti mengembangkan aplikasi dengan fokus pada permainannya saja, belum ada yang menyertakan evaluasi permainan bahkan tempat penyimpanan permainan. Berdasarkan kondisi tersebut, dibutuhkan sistem yang mampu memenuhi kebutuhan pemain dengan mengembangkan aplikasi yang menyediakan tempat menyimpan permainan dan menyediakan fitur analisis sekaligus.

2.2 Perbandingan Metodologi Penelitian

Tabel 2.1 Perbandingan Metodologi

Metodologi	Kelebihan	Kelemahan
Waterfall	- Meminimalisir kesalahan karena setiap langkah harus dilakukan satu per satu (Wahid, 2020).	- Waktu pengembangan lebih lama karena setiap langkah harus diselesaikan sebelum lanjut ke langkah

	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentasi pengembangan terstruktur dan rapi (Burhani et al., 2025). - Tahapan setiap proses bersifat tetap, sehingga mudah diikuti dan menjadikan prosesnya teratur (Murdiani & Sobirin, 2022). 	<ul style="list-style-type: none"> - berikutnya (Burhani et al., 2025). - Kurang fleksibel jika terjadi perubahan di tengah pengembangan (Rawiyah et al., 2025).
Agile	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan kepuasan pengguna karena ikut terlibat melalui umpan balik (Ramadhan et al., 2025). - Perubahan kebutuhan dapat ditangani dengan cepat (Syaputri et al., 2024). 	<ul style="list-style-type: none"> - Minim dalam dokumentasi karena fokus pada implementasi dan penyesuaian umpan balik (Maulana, 2025). - Tidak cocok untuk proyek berskala besar (Ramadhan et al., 2025).
Scrum	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat mengatasi masalah perubahan <i>requirement</i> pada saat pengembangan sistem (Pamungkas et al., 2022). - Waktu yang dibutuhkan untuk pengembangan cukup cepat bahkan untuk seseorang yang kurang dalam pengalaman (Putri et al., 2025). 	<ul style="list-style-type: none"> - Kurang cocok untuk proyek berskala besar (Zasornova et al., 2022).
Spiral	<ul style="list-style-type: none"> - Cocok untuk proyek besar yang tidak memiliki kepastian karena menjadikan manajemen risiko sebagai inti (Wahyuni et al., 2025). - Memberikan fleksibilitas untuk menyesuaikan tingkat kedalaman analisis dan desain sesuai tingkat risiko (Khan et al., 2011). 	<ul style="list-style-type: none"> - Keberhasilan dan kesuksesan pada proyek bergantung pada fase analisis risiko (Anisa, Fauzi, Harahap, Al Khosyi, & Sari, 2024). - Kurang cocok untuk proyek kecil dan kurang efektif dalam menangani perubahan dinamis dalam <i>requirements</i> (Khan et al., 2011).

Rapid Application Development (RAD)	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu yang dibutuhkan dapat diselesaikan dalam waktu singkat (Anisa et al., 2024). - Persyaratan suatu aplikasi dapat berubah sewaktu-waktu berdasarkan kebutuhan pengguna (Prastowo et al., 2023). 	<ul style="list-style-type: none"> - Menuntut keterlibatan sumber daya manusia dalam jumlah besar selama proses pengembangan (Murdiani & Sobirin, 2022). - Tidak semua pengembangan sistem bisa digunakan dengan metode RAD (Sintawati, 2022).
Prototyping	<ul style="list-style-type: none"> - Adanya komunikasi aktif antara pelanggan dan pengembang (Kurnia & Risyda, 2021). - Menghemat waktu dalam pengembangan sistem (Pricillia & Zulfachmi, 2021). 	<ul style="list-style-type: none"> - Kurang fleksibel jika ada perubahan (Pricillia & Zulfachmi, 2021). - Selama proses analisa dan perancangan waktu yang digunakan terlalu singkat (Saputri et al., 2023).

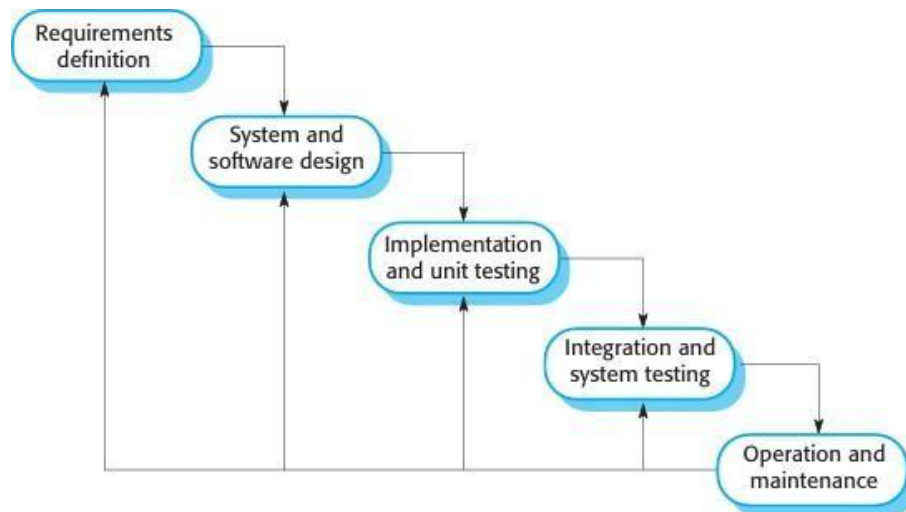
Berdasarkan perbandingan yang dilakukan, Waterfall dipilih sebagai metodologi yang cocok dengan penelitian ini. Waterfall menyediakan kerangka kerja yang sistematis, memastikan tiap langkah dari analisis kebutuhan hingga pengujian diselesaikan dengan dokumentasi yang lengkap sebelum masuk ke langkah berikutnya. Hal tersebut juga mendukung untuk proses penyusunan laporan karena tiap langkah harus terdokumentasi.

Meskipun Waterfall memiliki kekurangan dalam fleksibilitas perubahan, hal tersebut dapat diminimalisir karena pengembangan aplikasi manajemen *database* catur ini tidak banyak perubahan kebutuhan. Kebutuhan sistem ini sudah ditetapkan sejak awal dan tidak bergantung pada pelanggan yang berubah kebutuhannya.

2.3 Teori Metodologi Waterfall

Waterfall termasuk dalam pendekatan pengembangan perangkat lunak yang telah lama digunakan sejak diperkenalkan oleh Winston Royce pada tahun 1970. Menurut Pressman (2010), Waterfall dikenal sebagai *classic life cycle* yang menyediakan pendekatan sistematis dan berurutan melalui komunikasi dengan pelanggan untuk menentukan kebutuhan dilanjutkan dengan proses *planning*, *modeling*, *construction*, dan *deployment*. Prosesnya yang mengalir dari satu proses ke proses selanjutnya, membuat model ini disebut Waterfall.

Waterfall umumnya digunakan pada pengembangan perangkat lunak yang ruang lingkup kebutuhannya sudah ditentukan sejak awal. Pendekatan ini menekankan pentingnya perencanaan yang matang sebelum memulai proses agar setiap tahap dapat terlaksana secara terurut (Sommerville, 2016). Struktur yang berurutan memudahkan pengembang dalam pengelolaan tugas dan menekankan untuk melakukan *quality control* di setiap tahap menghasilkan dokumentasi yang baik.



Gambar 2.1 Waterfall

Sumber: Sommerville (2016)

Penjelasan rinci setiap tahapan adalah sebagai berikut:

a. Analisis Kebutuhan

Tahap analisis difokuskan pada pengumpulan informasi yang dibutuhkan dalam proses pengembangan sistem. Proses ini mencakup perumusan spesifikasi sistem serta kebutuhan pengguna yang terkait. Hasil dari tahap analisis berupa dokumen spesifikasi perangkat lunak yang digunakan sebagai acuan dalam tahapan pengembangan selanjutnya.

b. Desain Sistem

Tahap desain difokuskan pada penyusunan rancangan sistem berdasarkan hasil perumusan sebelumnya. Mulai dari, arsitektur perangkat lunak, desain basis data, desain antarmuka, dan rancangan alur kerja sistem dibuat sesuai spesifikasi kebutuhan. Tahapan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang akan digunakan pada tahap selanjutnya.

c. Implementasi

Tahap ini meliputi proses pengkodean atau pembuatan perangkat lunak sesuai desain yang telah dibuat. Pada proses ini, akan menghasilkan sistem yang sesuai dengan desain dan kebutuhan untuk siap diuji.

d. Pengujian

Tahap ini mencakup proses pengkodean untuk merealisasikan rancangan sistem yang telah disusun. Proses ini mencakup berbagai bentuk pengujian, seperti pengujian unit, pengujian integrasi, serta pengujian sistem secara keseluruhan.

e. Pemeliharaan

Tahap pemeliharaan dilakukan setelah perangkat lunak sudah digunakan. Hal yang dilakukan adalah perbaikan *bug*, peningkatan fungsionalitas sistem, dan penyesuaian dengan kebutuhan baru yang akan muncul. Dengan melakukan pemeliharaan, akan menjaga sistem tetap dapat digunakan seterusnya.

Metode Waterfall menerapkan alur pengembangan yang terstruktur dengan dukungan dokumentasi yang tersusun secara sistematis, sehingga proses pengelolaan proyek dapat dilakukan dengan lebih terkontrol. Di sisi lain, pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam menangani perubahan yang muncul selama proses pengembangan sistem. Meskipun demikian, karakteristik Waterfall dinilai sesuai dengan penelitian ini karena mendukung keteraturan proses pengembangan sekaligus memudahkan penyusunan laporan.

2.4 Pengujian Black Box Testing

Pengujian perangkat lunak menjadi bagian dari proses pengembangan yang bertujuan menilai kinerja sistem yang telah dibangun berjalan sesuai rencana. Black Box Testing digunakan sebagai metode pengujian untuk menilai fungsi sistem melalui respons yang dihasilkan (Nur Ichsanudin et al., 2022). Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi kinerja setiap fungsi sistem yang telah diimplementasikan. Pengujian dilakukan hanya didasarkan pada spesifikasi kebutuhan tanpa mengetahui atau memeriksa struktur kode (Praniffa et al., 2023).

Keunggulan dari Black Box Testing yaitu dalam mendeteksi kesalahan fungsional, seperti kesalahan pemrosesan *input*, ketidaksesuaian *output*, serta kegagalan fungsi tertentu. Namun, karena pengujian ini tidak memeriksa kode, maka tidak dapat mendeteksi kesalahan yang berkaitan dengan struktur internal. Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan pengembangan yang sangat mengandalkan fungsi sistem. Pengujian difokuskan pada validasi fitur-fitur utama seperti *upload* file PGN, pengelolaan data permainan, pencarian dan *filter*, visualisasi langkah permainan, serta fitur analisis.

Pada umumnya, langkah-langkah pengujian dengan Black Box Testing meliputi:

- a. Identifikasi fungsi-fungsi utama yang akan diuji
- b. Penentuan data uji yang sesuai dengan masing-masing fungsi
- c. Eksekusi pengujian dengan memberikan *input* tertentu
- d. Observasi *output* yang dihasilkan apakah sesuai yang diharapkan atau tidak
- e. Pencatatan hasil pengujian sebagai dasar evaluasi kualitas perangkat lunak.

2.5 Sistem Manajemen Basis Data

Dalam pengelolaan basis data, *Database Management System* (DBMS) berperan sebagai perangkat lunak yang menangani pengaturan data, penyimpanan, dan mekanisme kontrol akses terhadap basis data (Connolly & Begg, 2015). DBMS memberikan lingkungan untuk mengontrol penyimpanan data dalam jumlah besar. Syahputri et al. (2023) menjelaskan bahwa sistem manajemen basis data memiliki peran penting dalam pengolahan informasi, sehingga informasi yang tersimpan dapat digunakan secara optimal dalam proses pengambilan keputusan.

Secara konseptual, basis data menyusun data ke dalam struktur tabel yang terhubung melalui mekanisme kunci, dengan setiap tabel tersusun atas elemen baris dan kolom. Setiap kolom dari tabel berisi jenis data tertentu yang menyimpan nilai atribut dan setiap baris pada tabel berisi kumpulan nilai yang berhubungan dengan satu objek (Adisa & Nasution, 2023). Dengan ini, data dapat dikelola dalam jumlah besar tanpa kehilangan konsistensi atau akurasi.

Dalam aplikasi berbasis web, sistem manajemen database menjadi komponen utama yang mendukung pengelolaan data dinamis dan kompleks. Pradipta et al. (2022), menegaskan bahwa keberhasilan sistem informasi berbasis web sangat bergantung pada fase perancangan *database* yang meliputi identifikasi entitas, atribut, relasi. Tanpa desain *database* yang matang, sistem akan mengalami kesulitan dalam menangani data jumlah besar dan akan kesulitan saat melakukan pengembangan lebih lanjut.

Pada aplikasi manajemen *database* permainan catur, DBMS berfungsi sebagai tempat penyimpanan data dalam format PGN yang mencakup metadata pertandingan, identitas pemain, serta langkah permainan. Pengelolaan data permainan yang jumlahnya besar terutama bagi pemain profesional, memerlukan DBMS yang mampu menangani pencarian berdasarkan berbagai kriteria, seperti nama pemain, tahun pertandingan, nama *event*, hasil permainan, dan juga pembukaan tertentu. Tanpa adanya DBMS yang memadai, proses pencarian data dan analisis akan menjadi tidak efisien.

Selain itu, DBMS juga berperan penting dalam integrasi antar modul sistem, seperti visualisasi papan catur, analisis permainan, dan statistik permainan serta pembukaan. Dengan struktur *database* yang terorganisasi, data permainan dapat digunakan kembali oleh berbagai fitur. Oleh karena itu, pemanfaatan DBMS menjadi landasan penting dalam pengembangan aplikasi manajemen *database* catur yang terstruktur dan mendukung kebutuhan pemain profesional.

2.6 Data Permainan Catur: PGN dan FEN

Dalam sistem digital catur, data permainan direpresentasikan dalam format notasi standar agar dapat diproses, disimpan, dan dianalisis oleh komputer. Dalam pengelolaan data permainan catur berbasis komputer, format Portable Game Notation (PGN) dan Forsyth–Edwards Notation (FEN) paling umum digunakan. Masing-masing format memiliki peran dan karakteristik tersendiri yang mendukung pengelolaan data permainan catur.

2.6.1 Portable Game Notation (PGN)

Portable Game Notation (PGN) merupakan format standar yang digunakan untuk merepresentasikan data permainan catur dalam bentuk teks yang mudah dibaca manusia sekaligus mudah diproses oleh komputer. Dengan adanya PGN yang berbentuk teks, mempermudah analisis dan menemukan langkah tersembunyi dalam permainan catur (Wijayanto, 2024). Sebuah file PGN umumnya terdiri dari dua bagian utama, yaitu metadata permainan (*tag pair section*) dan notasi langkah permainan (*movetext section*).

```
[Event "World Blitz Women 2017"]
[Site "Riyadh KSA"]
[Date "2017.12.30"]
[Round "18.50"]
[White "Bivol, Alina"]
[Black "Al Durazi, Zainab Ali"]
[Result "1-0"]
[WhiteElo "2356"]
[BlackElo "0"]
[ECO "B32"]

1. e4 c5 2. Nf3 Nc6 3. d4 Nf6 4. Nc3 d6 5. dxc5 dxc5 6. Qxd8+ Nxd8 7. Bc4 g6 8. O-O
Bg7 9. h3 O-O 10. Be3 Bd7 11. e5 Ne8 12. Rad1 b5 13. Bxb5 Bxb5 14. Nxb5 a6 15. Nc3
Nc6 16. Bxc5 Nb4 17. Bxb4 f6 18. Bxe7 Rf7 19. exf6 Nxf6 20. Bxf6 Rxf6 21. Rd7 Bf8
22. Rfd1 Rf7 23. Ne5 Rf5 24. Ng4 Bc5 25. Nh6+ Kf8 26. Nxf5 Re8 27. Nh6 Re7 28. Rxe7
Bxe7 29. Nd5 Bd6 30. c4 Kg7 31. Ng4 1-0
```

Gambar 2.2 Contoh file PGN

Pada Gambar 2.2 diperlihatkan contoh dari file PGN, pada bagian atas merupakan metadata PGN yang mencakup informasi penting seperti nama pemain putih dan hitam, nama *event*, tanggal pertandingan, hasil pertandingan, *rating* pemain, dan ECO *code*. Sementara itu, bagian notasi langkah permainan di bagian bawah berisi urutan langkah permainan dalam bentuk notasi aljabar. Struktur ini cukup untuk digunakan dalam keperluan arsip dan analisis. Namun, PGN memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan posisi papan pada langkah tertentu. Untuk memperoleh posisi papan pada langkah tertentu, sistem perlu melakukan proses parsing dan rekonstruksi langkah secara berurutan dari awal permainan.

Dalam aplikasi manajemen basis data permainan catur, PGN berperan sebagai format utama untuk penyimpanan data permainan. File PGN memungkinkan sistem menyimpan ribuan permainan dalam *database*, sekaligus mendukung proses pencarian berdasarkan metadata seperti pemain, tahun pertandingan, nama *event*, dan hasil permainan. Isi dari PGN ini, menjadi kunci utama dalam melakukan analisis pertandingan.

2.6.2 Forsyth–Edwards Notation (FEN)

Forsyth-Edwards Notation (FEN) digunakan untuk merepresentasikan satu posisi papan catur pada posisi tertentu. FEN menyediakan deskripsi posisi papan secara ringkas, mencakup susunan bidak, giliran bermain, hak rokade, kemungkinan *en passant*, serta informasi langkah untuk aturan remis tertentu. Wijayanto (2025) menunjukkan bahwa FEN sangat efektif sebagai fitur untuk analisis dan *clustering* permainan karena fokus pada keadaan papan saat ini, bukan urutan langkah yang mengarah ke posisi tersebut, sehingga memudahkan pengelompokan

posisi yang secara strategis meskipun dicapai melalui jalur langkah berbeda. Maka dari itu, FEN banyak digunakan dalam integrasi dengan *chess engine* serta modul visualisasi papan catur interaktif. Sebagai contoh, notasi FEN berikut merepresentasikan posisi awal permainan catur:

The image shows a black rectangular box containing the FEN notation: `rnbqkbnr/pppppppp/8/8/8/8/PPPPPPPP/RNBQKBNR w KQkq - 0 1`. The text is white and centered within the box.

Gambar 2.3 Notasi FEN pada posisi awal permainan

Pada Gambar 2.3 diperlihatkan contoh notasi FEN, notasi tersebut terdiri dari enam bagian utama. Bagian pertama menunjukkan susunan bidak pada papan catur dari baris ke-8 hingga baris ke-1, di mana huruf kecil merepresentasikan bidak hitam dan huruf besar merepresentasikan bidak putih, sedangkan angka menunjukkan jumlah petak kosong secara berurutan. Bagian kedua menunjukkan giliran pemain yang akan melangkah, dengan huruf *w* menandakan giliran putih. Bagian ketiga menunjukkan hak *castling* yang masih tersedia bagi kedua pemain, yaitu *KQkq*, yang berarti putih dan hitam masih dapat melakukan *castling* sisi raja maupun sisi menteri. Bagian keempat menunjukkan kemungkinan *en passant*, yang pada posisi awal ditandai dengan simbol *-* karena belum ada langkah yang memungkinkan *en passant*. Bagian kelima menunjukkan jumlah langkah setengah (*halfmove clock*) untuk keperluan aturan remis, sedangkan bagian terakhir menunjukkan nomor langkah penuh (*fullmove number*).

Dalam aplikasi catur modern, FEN digunakan sebagai penghubung antara logika permainan, visualisasi papan, dan *chess engine*. Posisi papan yang direpresentasikan dalam bentuk FEN dapat dikirim ke *chess engine* untuk dievaluasi, serta digunakan untuk menampilkan kondisi papan secara sinkron pada antarmuka pengguna. Oleh karena itu, FEN sangat cocok diintegrasikan dengan *chess engine* seperti Stockfish.

2.6.3 Peran PGN dan FEN dalam Sistem Manajemen Database Catur

PGN dan FEN memiliki peran yang saling melengkapi dalam pengembangan sistem manajemen *database* permainan catur. PGN digunakan sebagai format penyimpanan utama untuk merekam permainan secara lengkap dan terstruktur, sementara FEN digunakan untuk merepresentasikan posisi papan secara dinamis pada langkah tertentu. Dalam penelitian ini, PGN dimanfaatkan untuk menyimpan data permainan ke dalam database beserta metadata yang menyertainya, sedangkan FEN digunakan untuk mendukung visualisasi langkah permainan, analisis posisi, dan integrasi dengan *chess engine*. Kombinasi kedua format ini berperan dalam

pengelolaan data permainan secara terstruktur serta mendukung proses analisis dan eksplorasi posisi yang interaktif.

2.7 Chess Engine (Stockfish)

Chess engine merupakan program yang dirancang untuk mengevaluasi posisi catur dan menentukan langkah terbaik berdasarkan algoritma (Bijl et al., 2021). *Chess engine* bekerja dengan cara mengevaluasi langkah menggunakan *search algorithm* dan *evaluation function*. Dalam aplikasi catur modern, *chess engine* sudah banyak dipakai untuk meningkatkan pemahaman strategi dan posisi.

Stockfish merupakan *open source chess engine* yang dikembangkan secara kolaboratif oleh komunitas dan dirilis dengan lisensi General Public License (GPL), yang memungkinkan penggunaannya pada berbagai aplikasi. Stockfish termasuk salah satu algoritma terbaik dan sudah memenangkan banyak permainan melawan *grandmasters* (Minh & Duc, 2025). Saat ini, Stockfish masih terus dikembangkan oleh komunitas sehingga menghasilkan peningkatan yang konsisten sesuai perkembangan catur.

Dalam aplikasi catur, Stockfish digunakan sebagai alat evaluasi kualitas langkah yang bisa memberikan skor dan mendeteksi kesalahan. Pada umumnya, ketika langkah bagus akan diberikan skor (+) dan ketika langkah buruk atau langkah tidak perlu diberikan skor (-). Pada penelitian Minh & Duc (2025) menunjukkan bahwa penggunaan Stockfish meningkatkan kemampuan pemain dalam strategi pembukaan. Jadi, manfaat evaluasi Stockfish tidak hanya di tengah pertandingan tetapi bisa untuk meningkatkan pembukaan.

2.8 Django Framework

Dalam pengembangan sistem informasi, diperlukan kerangka kerja (*framework*) untuk memastikan kode program terstruktur dan mudah dikelola. Pada penelitian ini, *framework* yang dipilih yaitu Django. Django dikenal sebagai web *framework* berbasis Python yang banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi web dengan terstruktur, cepat, dan mudah dikelola (Chen et al., 2020). Django menerapkan konsep *Model, View, Template*, yaitu memisahkan aspek logika, data, dan tampilan yang berdampak pada kemudahan pengelolaan serta efisiensi proses pengembangan.

Dengan konsep tersebut, *model* menangani pengelolaan data serta proses interaksi dengan database, *view* berfungsi sebagai penghubung antara data dan logika, sedangkan *template* untuk menangani tampilan antarmuka dalam bentuk HTML. Gore et al. (2021) menjelaskan bahwa Django juga menyediakan Object-Relational Mapping (ORM) yaitu

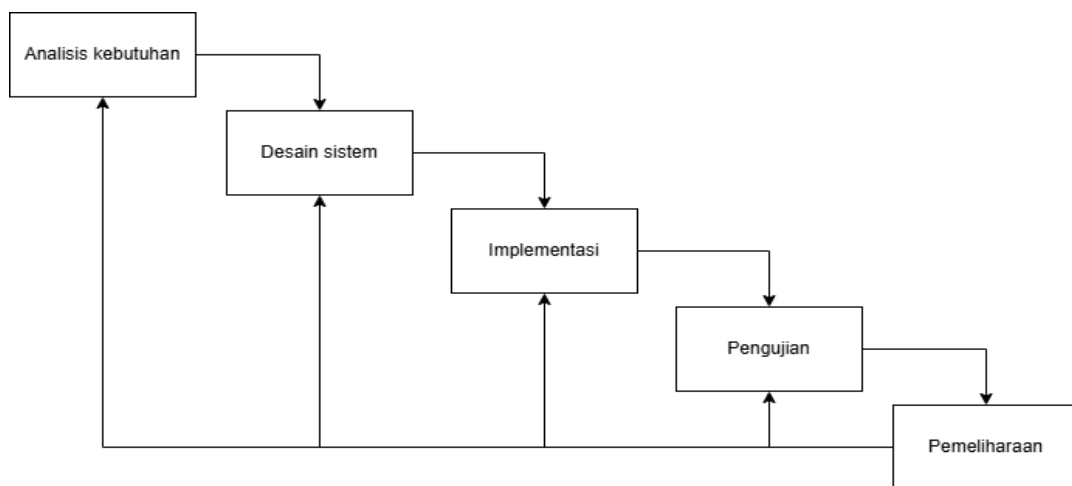
mekanisme bagi pengembang untuk berinteraksi dengan *database* melalui objek Python, sehingga akses data tidak dilakukan secara langsung menggunakan perintah SQL. Django ORM mendukung berbagai sistem manajemen *database* seperti MySQL, PostgreSQL, dan SQLite, sehingga menjadikannya sangat fleksibel untuk digunakan dalam berbagai skenario.

Dengan adanya ORM, *template*, dan admin *interface* otomatis menjadikan Django sangat cocok untuk aplikasi yang berfokus pada pengelolaan data. Django juga menyediakan fitur-fitur seperti URL *routing* yang terstruktur sehingga mudah dipahami dan dikembangkan. Pada sisi keamanan, Django menyediakan proteksi perlindungan terhadap *Cross-Site Request Forgery (CSRF)*, dan *SQL injection*. Dengan semua fitur tersebut, menjadikan Django sebagai *framework* yang lengkap untuk pengembangan sistem berbasis web.

Penggunaan Django dalam penelitian ini didasarkan pada kesesuaiannya dengan kebutuhan pengembangan aplikasi manajemen *database* permainan catur berbasis web. Django memudahkan proses integrasi antara logika aplikasi, *database*, dan modul analisis menggunakan *chess engine*. Dengan Python sebagai bahasa utama, membuat *framework* ini kompatibel dengan Python-chess. Dengan demikian, Django berperan sebagai kerangka utama dalam pengembangan aplikasi web serta menjadi dasar yang mendukung keseluruhan kebutuhan aplikasi.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tahapan teknis yang diterapkan dalam proses pengembangan aplikasi manajemen *database* permainan catur. Fokus utama dalam penelitian ini adalah membangun sistem yang mampu menyimpan dan memuat data, serta menampilkan data permainan catur secara interaktif. Proses pengembangan sistem dilaksanakan melalui tahapan yang terstruktur, diawali dengan perumusan spesifikasi sistem hingga pengujian sistem. Pengembangan sistem pada penelitian ini menerapkan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan menggunakan metode Waterfall.



Gambar 3.1 Metode Waterfall

3.1 Metodologi Pengembangan

Metodologi pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Waterfall. Metode ini menerapkan alur pengembangan perangkat lunak yang terstruktur, di mana setiap tahapan dilaksanakan secara bertahap dan saling bergantung, sehingga suatu tahap harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum proses pengembangan berlanjut ke tahap berikutnya (Pressman, 2010). Pemilihan model Waterfall didasarkan pada kesesuaiannya dengan karakteristik proyek yang ruang lingkup, tujuan, dan kebutuhannya sudah didefinisikan sejak awal. Sistem yang dikembangkan tidak bersifat eksploratif tetapi berfokus pada pengembangan fitur-fitur yang telah ditentukan sesuai kebutuhan pengguna yaitu pemain catur profesional.

Selain itu, metode Waterfall memastikan dokumentasi yang terstruktur pada setiap tahapan, hal tersebut sesuai dengan kebutuhan proyek dan juga kebutuhan penulisan laporan.

Metode ini memastikan bahwa arsitektur sistem, skema *database*, dan rancangan antarmuka terdokumentasi secara terstruktur. Dengan adanya hal tersebut, dapat memudahkan proses pemeliharaan sistem berkelanjutan.

Tahapan dari metode Waterfall pada penelitian ini yaitu:

a. Analisis Kebutuhan

Tahap ini difokuskan pada pemahaman spesifikasi yang diperlukan dalam pengembangan perangkat lunak. Proses tersebut dilakukan melalui pengumpulan data, studi literatur, serta observasi terhadap aplikasi sejenis yang telah tersedia. Hasil dari tahap ini berupa perumusan spesifikasi sistem yang mencakup aspek fungsional dan nonfungsional.

b. Desain Sistem

Tahap desain difokuskan pada penyusunan rancangan sistem berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Kegiatannya yaitu merancang alur proses sistem, struktur *database* dan antarmuka pengguna.

c. Implementasi

Tahap implementasi menerapkan rancangan sistem yang telah disusun ke dalam bentuk sistem menggunakan bahasa pemrograman dan teknologi yang sudah ditentukan sebelumnya.

d. Pengujian

Tahap pengujian bertujuan untuk memverifikasi bahwa aplikasi yang dikembangkan telah memenuhi spesifikasi sistem yang ditetapkan. Metode pengujian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah Black Box Testing dengan fokus pada pengujian fungsionalitas sistem.

e. Pemeliharaan

Tahap ini mencakup proses perbaikan terhadap kesalahan maupun kekurangan yang ditemukan pada sistem. Tujuan dari tahapan ini memastikan sistem tetap berjalan sesuai yang direncanakan.

3.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi fungsi dan karakteristik sistem yang diperlukan agar aplikasi yang dikembangkan mampu memenuhi tujuan penelitian, yaitu menyediakan tempat untuk pengelolaan, visualisasi, dan analisis basis data permainan catur. Sistem dirancang terutama untuk pemain catur profesional, pelatih catur, serta penggiat catur yang membutuhkan tempat untuk mengelola data dan menganalisis permainan mereka.

Proses identifikasi kebutuhan dilakukan melalui studi literatur terkait pengelolaan data permainan catur, penelitian tentang catur, dan melakukan pengamatan terhadap aplikasi yang

sejenis atau relevan dengan memperhatikan fitur-fitur umum lalu mengidentifikasi kekurangan pada sisi manajemen basis data dan pengalaman pengguna yang kemudian dijadikan dasar untuk merumuskan kebutuhan.

Berdasarkan rangkaian studi literatur dan pengamatan terhadap aplikasi sejenis yang telah dilakukan, dapat dirumuskan kebutuhan sistem karena ditemukan adanya pola kebutuhan yang mirip. Kajian literatur menunjukkan bahwa pemain catur profesional bergantung pada rekaman riwayat pertandingan, sehingga fitur pengelolaan data permainan dan visualisasi langkah menjadi kebutuhan dasar. Selanjutnya, berdasarkan pengamatan aplikasi sejenis memperlihatkan bahwa meskipun fitur analisis telah banyak tersedia, untuk aspek pengelolaan data dan kemudahan penggunaan masih memiliki celah untuk dioptimalkan terutama pada bagian pencarian permainan dan kemudahan dalam menggunakan fitur.

Dengan kondisi tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan sistem yang dirumuskan merupakan hasil dari permasalahan nyata. Hasil dari tahap ini, nantinya menjadi dasar bagi proses desain dan implementasi sistem. Kebutuhan sistem pada penelitian ini mencakup dua jenis kebutuhan, yang terdiri atas kebutuhan fungsional dan kebutuhan nonfungsional.

3.2.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan ini menjelaskan fungsi utama yang wajib tersedia pada sistem agar tujuan pengembangan dapat tercapai. Fitur-fitur yang dikembangkan pada penelitian ini yaitu:

a. Fitur Upload dan Parsing File PGN

Sistem harus bisa menerima unggahan file berformat .pgn yang berisi satu atau banyak permainan catur. Dari setiap permainan, sistem harus bisa memproses file tersebut mengekstrak informasi seperti nama pemain, tanggal, nama *event*, hasil, pembukaan, dan langkah permainan. Kemudian, sistem menyimpan data permainan ke *database* untuk keperluan fitur lainnya.

b. Manajemen Database Permainan

Sistem harus menyediakan tempat untuk menyimpan, menampilkan, memfilter, dan mengelola data permainan. Sistem juga harus mendukung operasi pengelolaan data yang meliputi *create*, *read*, *update*, dan *delete* (CRUD). Lalu, sistem harus menampilkan daftar permainan dalam bentuk tabel dengan informasi, seperti nama pemain, nama *event*, warna hitam atau putih, hasil, dan tanggal.

c. Visualisasi Langkah Permainan

Sistem harus bisa menampilkan langkah-langkah permainan berdasarkan data dari file PGN dalam papan catur interaktif. Pengguna harus dapat melakukan navigasi maju atau mundur dan melompat ke posisi tertentu.

d. Fitur Analisis dengan Stockfish

Sistem harus menyediakan fitur analisis pemain yang memanfaatkan *chess engine* Stockfish. Pengguna harus bisa mendapatkan evaluasi posisi saat ini dengan diberikan skor oleh Stockfish tiap langkah yang dijalankan. Sistem juga harus bisa menampilkan rekomendasi langkah oleh Stockfish berbentuk panah.

e. Fitur Statistik

Sistem harus bisa menghitung dan menampilkan statistik dari permainan yang disimpan. Hasil yang ditampilkan yaitu presentase kemenangan, kekalahan, dan seri. Selain hal itu, sistem juga harus bisa menampilkan statistik presentase berdasarkan tiap langkah yang dijalankan.

f. Fitur Pencarian

Sistem harus mampu melakukan pencarian data dengan nama pemain atau nama *event*. Selain itu, sistem juga harus bisa melakukan *filtering* untuk mengurutkan data dari yang terbaru atau sebaliknya berdasarkan warna bidak yang dimainkan.

3.2.2 Kebutuhan Nonfungsional

Kebutuhan ini menjelaskan karakteristik sistem yang perlu diwujudkan agar aplikasi dapat beroperasi secara optimal. Kebutuhan nonfungsional pada aplikasi ini yaitu:

a. *Performance*

Sistem harus mampu memproses file PGN berukuran besar dan menampilkan data permainan tanpa mengalami penurunan performa. Lalu, untuk analisis menggunakan Web Worker agar tidak menyebabkan macet pada antarmuka.

b. *Usability*

Antarmuka sistem harus mudah digunakan dan dipahami oleh pengguna. Aspek ini menjadi salah satu hal yang akan menjadi keunggulan dibanding aplikasi lain yang *user experience* nya kurang optimal.

c. *Browser Compatibility*

Aplikasi harus bisa berjalan pada browser yang sering digunakan yaitu Google Chrome, Microsoft Edge, dan Brave.

d. *Scalability*

Sistem dirancang agar dapat dikembangkan lagi lebih lanjut untuk penambahan fitur misalnya.

3.3 Desain Sistem

Tahap desain sistem dilakukan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai struktur aplikasi, alur pemrosesan data, dan interaksi antara komponen aplikasi dengan *library* dan *chess engine* yang digunakan.

3.3.1 Arsitektur Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai struktur aplikasi, alur pemrosesan data, dan interaksi antara komponen aplikasi dengan *library* dan *chess engine* yang digunakan. Mengingat aplikasi yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media penyimpanan data, tetapi juga melakukan pemrosesan data permainan catur, visualisasi langkah, serta analisis menggunakan *engine* catur, maka diperlukan pemodelan sistem yang mampu menjelaskan dua aspek utama, yaitu alur data dan struktur komponen perangkat lunak. Oleh karena itu, pemodelan sistem pada penelitian ini menggunakan Data Flow Diagram (DFD) dan Diagram Komponen.

Selain itu sistem yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan *framework* Django dengan pola *Model, View, Template* (MVT). Pemilihan arsitektur ini berdasarkan kemudahan dalam pengelolaan logika, pengujian, dan pemeliharaan. Arsitektur sistem terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

a. *Backend*

Bagian ini berfungsi sebagai pusat pengelolaan logika sistem. *Backend* bertanggung jawab dalam:

1. Pengunggahan dan *parsing* file PGN.
2. Penyimpanan dan pengambilan data permainan.
3. Penyusunan data untuk tampilan dashboard dan statistik performa.
4. Penyediaan endpoint API sederhana untuk keperluan *filter*.
5. Mengelola interaksi dengan *database* melalui Object-Relational Mapping (ORM).

b. *Frontend*

Bagian ini berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan interaksi dengan sistem. *Frontend* dibangun dengan menggunakan *template* dari Django yang berasal dari HTML, CSS, dan JavaScript untuk visualisasi papan catur.

c. Database

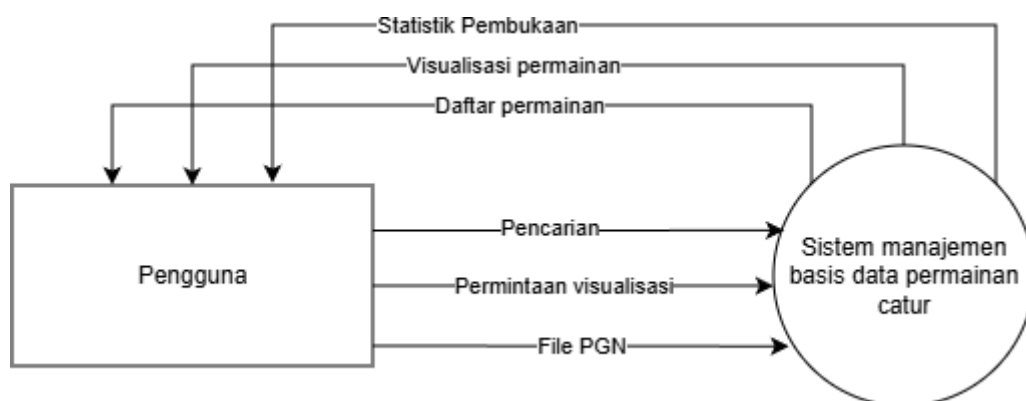
Bagian ini digunakan untuk menyimpan data permainan catur dari file PGN. Sistem menggunakan *database* rasional yaitu PostgreSQL yang dirancang untuk menyimpan data permainan dalam bentuk terstruktur sehingga dapat digunakan untuk pencarian, *filter*, dan analisis permainan.

Selain ketiga komponen utama tersebut, sistem juga terintegrasi dengan *chess engine* Stockfish yang digunakan untuk mendukung proses analisis permainan. Integrasi ini ditempatkan pada sisi *backend* agar proses analisis dapat dijalankan secara terpusat dan tidak membebani antarmuka pengguna.

3.3.2 Data Flow Diagram (DFD)

Data Flow Diagram (DFD) digunakan untuk memodelkan alur data dalam sistem secara konseptual, yaitu bagaimana data permainan catur diproses sejak diterima dari pengguna hingga menghasilkan keluaran berupa visualisasi dan hasil analisis. Penggunaan DFD pada penelitian ini bertujuan untuk memperjelas proses utama yang terjadi di dalam sistem tanpa terikat pada detail implementasi teknis tertentu, sehingga alur kerja sistem dapat dipahami secara sistematis dan runtut.

DFD pada aplikasi manajemen basis data permainan catur ini disusun secara bertingkat, dimulai dari DFD level konteks untuk menggambarkan interaksi sistem dengan entitas eksternal, kemudian dilanjutkan dengan DFD level 1 untuk menjelaskan proses-proses utama yang terjadi di dalam sistem secara lebih rinci. Pendekatan bertingkat ini digunakan agar kompleksitas sistem tetap terkontrol, sekaligus memberikan gambaran alur data yang jelas.

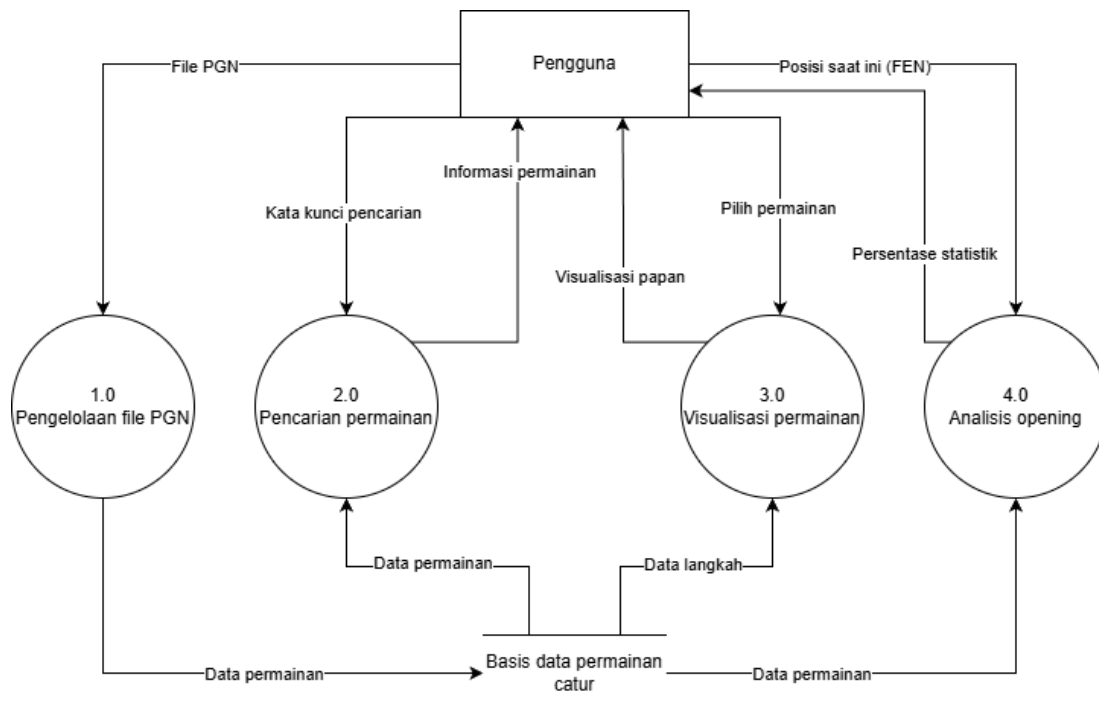


Gambar 3.2 DFD Level 0

DFD level konteks yang terdapat di Gambar 3.2 menggambarkan sistem sebagai satu kesatuan utuh dan menunjukkan hubungan antara sistem dengan entitas eksternal. Pada level

ini, seluruh proses internal sistem direpresentasikan sebagai satu proses tunggal, sedangkan fokus utama diarahkan pada alur masuk dan keluar data.

Entitas eksternal utama pada sistem ini adalah Pengguna, yang mencakup pemain catur profesional, pelatih, maupun penggiat catur. Pengguna berinteraksi dengan sistem dengan cara mengunggah file permainan catur dalam format PGN serta memberikan perintah untuk melakukan pencarian dan menampilkan visualisasi. Data yang masuk ke sistem berupa file PGN, sedangkan data yang keluar dari sistem berupa informasi permainan, visualisasi langkah catur pada papan, serta hasil statistik permainan. DFD level konteks memberikan gambaran umum mengenai batasan sistem dan jenis data yang dipertukarkan antara pengguna dan sistem, serta menjadi dasar untuk pemodelan proses internal pada level berikutnya.



Gambar 3.3 DFD Level 1

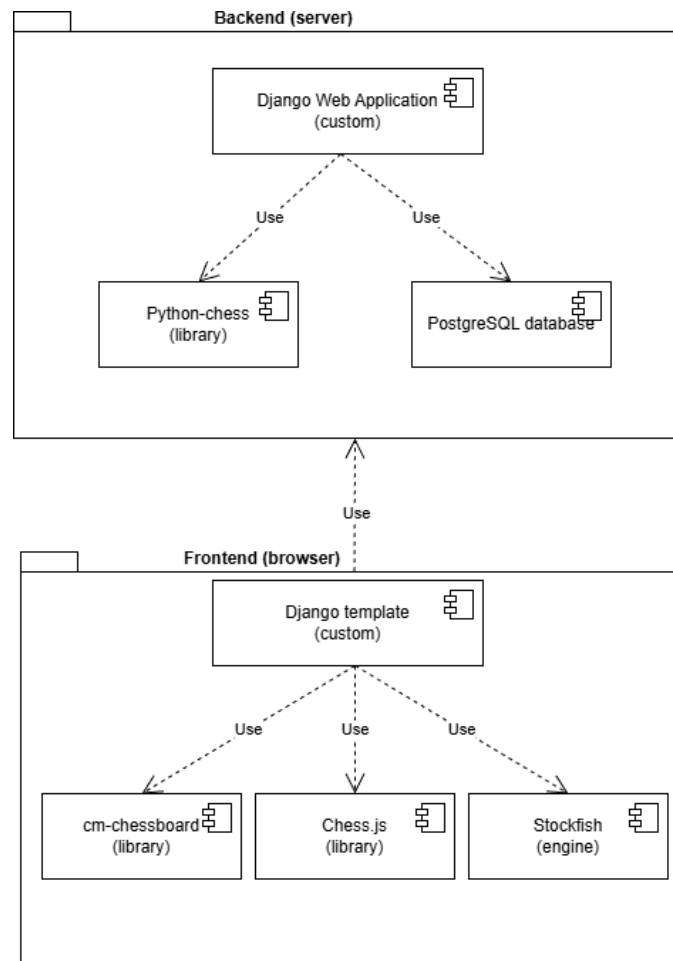
Dalam Gambar 3.3 Data Flow Diagram (DFD) Level 1 menggambarkan pemecahan proses utama sistem menjadi beberapa proses fungsional, yaitu pengelolaan file PGN, pencarian permainan, visualisasi permainan, dan analisis *opening*. Proses pengelolaan file PGN berfungsi untuk menerima dan memproses file PGN yang diunggah oleh pengguna, kemudian menyimpannya ke dalam basis data permainan catur.

Proses pencarian permainan dan visualisasi permainan memanfaatkan data yang tersimpan dalam basis data untuk menampilkan daftar permainan serta memvisualisasikan langkah-langkah permainan pada papan catur. Pada proses visualisasi, sistem menghasilkan

representasi posisi permainan saat ini dalam bentuk Forsyth–Edwards Notation (FEN). Proses analisis *opening* memanfaatkan data permainan yang tersimpan dalam basis data untuk melakukan pengelompokan dan perhitungan statistik pembukaan, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi persentase dan kecenderungan hasil berdasarkan opening tertentu.

3.3.3 Diagram Komponen

Diagram komponen digunakan untuk menggambarkan struktur arsitektur sistem serta hubungan antar komponen perangkat lunak yang membentuk aplikasi manajemen basis data permainan catur. Diagram ini bertujuan untuk memperlihatkan pembagian tanggung jawab setiap komponen serta interaksi antar bagian sistem, baik pada sisi *backend* maupun *frontend*. Diagram ini menunjukkan dua komponen utama yaitu Django Web Application dan Django template yang dikembangkan dalam penelitian ini bekerja sama dengan komponen lain yaitu *database*, *library*, dan *chess engine*.



Gambar 3.4 Diagram Komponen

Pada Gambar 3.4 diperlihatkan dalam sisi *backend*, komponen utama pada bagian ini adalah Django Web Application yaitu sistem manajemen basis data yang dikembangkan yang bertugas menangani proses unggah file PGN, pengelolaan data permainan, serta penyediaan data kepada *frontend*. Django Web Application memanfaatkan Django *Framework* sebagai kerangka kerja utama untuk mengelola *routing*, pemrosesan permintaan, serta integrasi dengan basis data melalui Object Relational Mapping (ORM). Seluruh data permainan, metadata pertandingan, serta informasi pembukaan catur disimpan dan dikelola dalam basis data PostgreSQL. Basis data ini berperan sebagai penyimpanan permanen data permainan dan tidak terlibat langsung dalam proses analisis permainan. Data yang tersimpan hanya digunakan sebagai sumber informasi dan visualisasi permainan.

Pada sisi frontend, sistem dijalankan di lingkungan browser dan berfokus pada interaksi pengguna serta visualisasi permainan catur. Antarmuka pengguna berfungsi sebagai penghubung antara pengguna dan sistem *backend*, sekaligus sebagai tempat dijelankannya

berbagai *library* JavaScript. Untuk menampilkan papan catur dan elemen visual permainan, sistem menggunakan *library* cm-chessboard. *Library* ini bertanggung jawab dalam merender papan catur, bidak, serta visualisasi tambahan seperti *highlight* dan penunjuk langkah terbaik.

Validasi langkah permainan dilakukan menggunakan *library* Chess.js, yang mengimplementasikan aturan permainan catur secara lengkap. *Library* ini memastikan bahwa setiap langkah yang dilakukan atau divisualisasikan sesuai dengan aturan permainan dan membantu menjaga konsistensi permainan di sisi *frontend*.

Proses analisis permainan dilakukan menggunakan Stockfish.js yang dijalankan dalam lingkungan browser. *Engine* ini menerima posisi permainan dalam format FEN atau posisi papan saat ini dan menghasilkan rekomendasi langkah terbaik beserta nilai evaluasi posisi. Analisis yang dihasilkan oleh Stockfish bersifat independen dan tidak bergantung pada basis data. *Engine* hanya menggunakan posisi papan catur saat ini sebagai masukan dan mengembalikan hasil analisis secara langsung ke *frontend* untuk ditampilkan kepada pengguna.

Interaksi antar komponen dalam sistem berlangsung melalui dua jalur utama. Pertama, *frontend* berkomunikasi dengan *backend* untuk mengambil dan menyimpan data permainan melalui Django Web Application. Selanjutnya, *frontend* berinteraksi secara langsung dengan komponen analisis dan visualisasi, yaitu cm-chessboard, Chess.js, dan Stockfish.js.

3.3.4 Desain Database

Perancangan *database* dari sistem ini difokuskan untuk menangani file PGN. Sistem menggunakan PostgreSQL sebagai sistem manajemen *database*. Pemilihan PostgreSQL didasarkan pada kemampuannya yang unggul dalam menangani tipe data teks panjang. Setiap file PGN yang diunggah dipecah menjadi beberapa entitas agar mudah dikelola.

Struktur skema tabel *Game* dirancang sebagai berikut:

Game	
PK	<u>id: Integer</u>
	event: Varchar(100) site: Varchar(100) game_date: date white_player: Varchar(100) black_player: Varchar(100) result: Varchar(10) eco: Varchar(10) pgn_text: Text round: Varchar(10) opening: Varchar(150) created_at: Timestamp

Gambar 3.5 Diagram Skema Tabel *Game*

Berdasarkan rancangan pada Gambar 3.5, penjelasan spesifikasi tipe data dan fungsi dari setiap atribut dijelaskan pada Tabel 3.1 berikut:

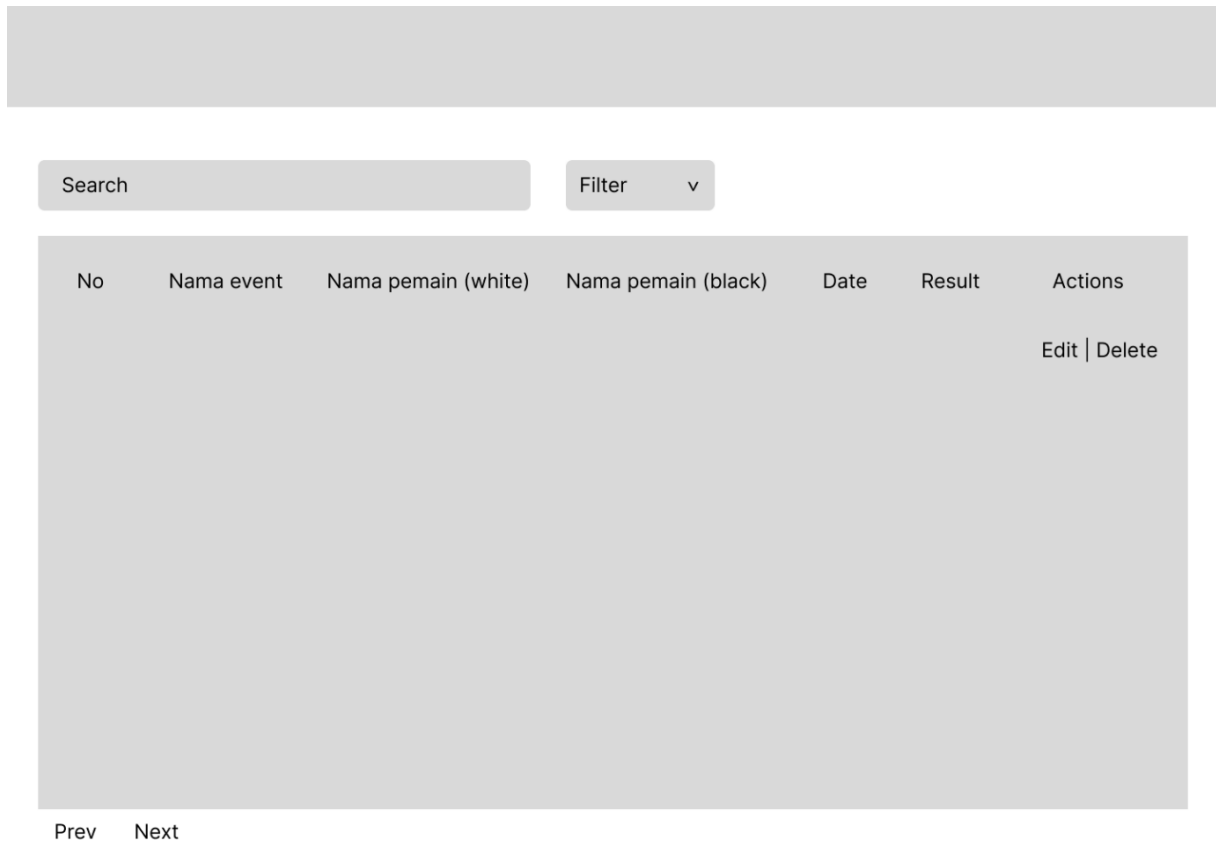
Tabel 3.1 Penjelasan Skema Tabel *Game*

No.	Nama kolom	Tipe data	Keterangan dan fungsi
1.	id	integer	<i>Primary Key</i> , identitas unik setiap permainan.
2.	event	Varchar(255)	Menyimpan nama turnamen atau pertandingan.
3.	site	Varchar(20)	Menyimpan lokasi pertandingan.
4.	game_date	Date	Menyimpan tanggal pertandingan.
5.	white_player	Varchar(100)	Menyimpan nama pemain putih.
6.	black_player	Varchar(100)	Menyimpan nama paman hitam.
7.	result	Varchar(10)	Hasil akhir pertandingan.
8.	eco	Varchar(10)	Menyimpan <i>ECO code (Encyclopedia of Chess Openings)</i> .
9.	pgn_text	Text	Menyimpan seluruh langkah permainan.
10.	round	Varchar(10)	Menyimpan babak pertandingan.
11.	opening	Varchar(150)	Menyimpan nama pembukaan.
12.	created_at	Timestamp	Waktu otomatis saat data pertama kali disimpan.

3.3.5 Desain Antarmuka

Perancangan antarmuka pengguna difokuskan pada prinsip efisiensi informasi dan kemudahan pengguna. Desain dari antarmuka ini dirancang agar pengguna tidak merasa kesulitan dalam sisi *user experience*. Rancangan antarmuka dibagi menjadi lima halaman utama, yaitu:

a. Desain halaman *game list*



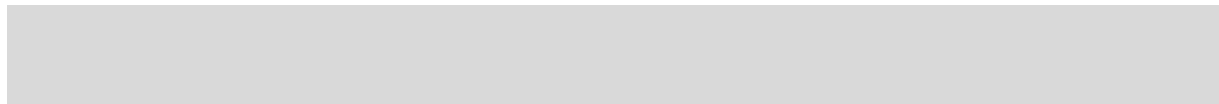
Gambar 3.6 Desain halaman *game list*

Halaman ini merupakan halaman awal saat aplikasi dibuka. Pada halaman ini, pengguna dapat melihat informasi ringkas dari setiap permainan dalam bentuk tabel. Komponen yang terdapat pada halaman ini yaitu:

1. *Navigation bar* yang terletak di atas halaman menyediakan akses cepat ke halaman lain. Posisi *navigation bar* selalu berada di bagian atas seluruh halaman.
2. Kolom pencarian yang digunakan untuk mencari permainan berdasarkan kata kunci nama pemain atau nama *event*. Kolom pencarian diletakkan di area yang mudah dijangkau yaitu di atas tabel daftar permainan.

3. Fitur *filter* yang berguna untuk mengurutkan permainan berdasarkan kriteria tertentu. Tombol *dropdown filter* ini diletakkan disamping kolom pencarian agar terlihat pengguna.
4. Tabel daftar permainan yang menampilkan informasi seperti nama *event*, nama pemain putih atau hitam, tanggal, dan hasil permainan.
5. Kolom *action* yang menyediakan fungsi untuk *edit* dan *delete* permainan. Tombol ini berada di bagian kanan dalam tabel untuk memudahkan pemahaman pengguna ketika ingin *edit* dan *delete* permainan.
6. Navigasi halaman *Prev* dan *Next* yang terletak di bawah tabel berfungsi untuk memudahkan perpindahan halaman.

b. Desain halaman *upload* PGN



Upload PGN

Select File

Choose File .pgn

Upload

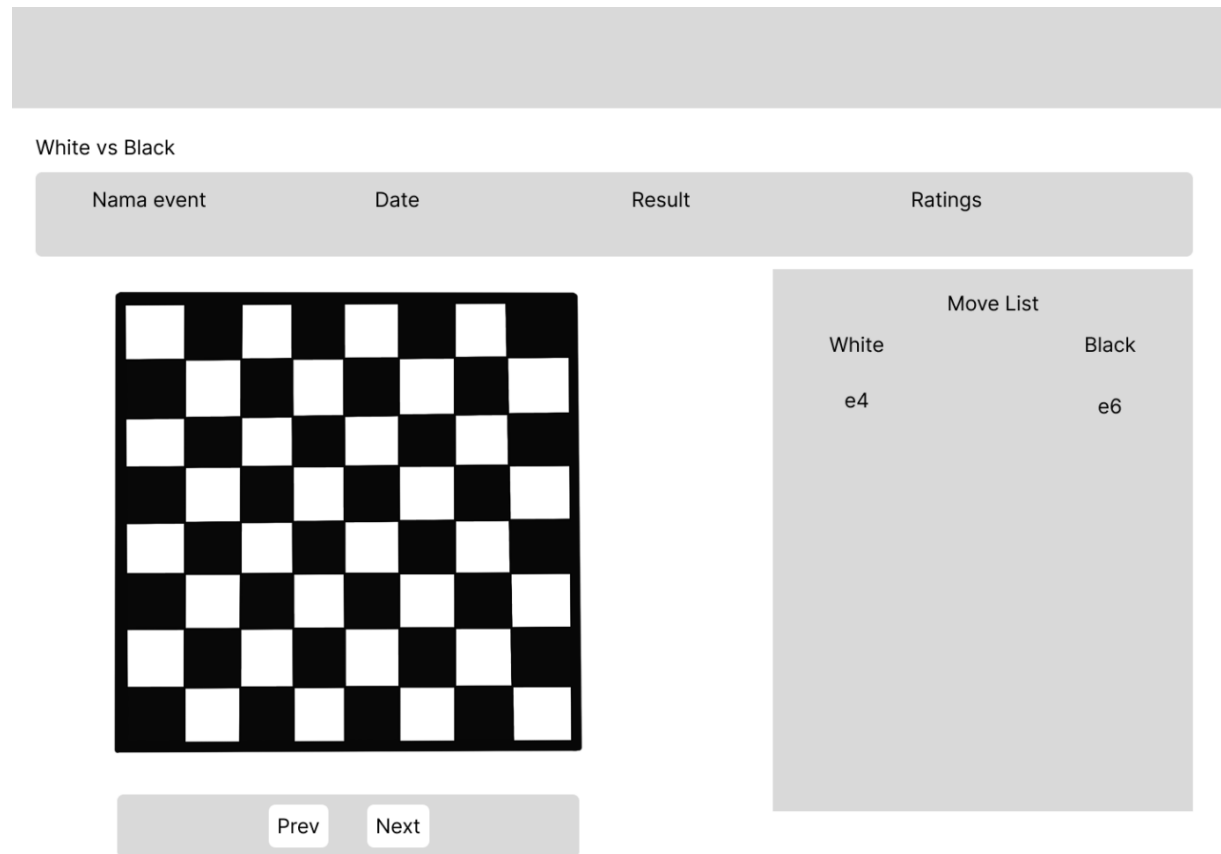
Gambar 3.7 Desain halaman *upload* PGN

Pada halaman ini, pengguna dapat mengunggah file PGN. Komponen yang terdapat pada halaman ini yaitu:

1. Form pemilihan file yang memungkinkan pengguna memilih file PGN dari perangkat lokal. Ditempatkan di tengah halaman untuk menarik perhatian pengguna.

2. Tombol *upload* yang digunakan untuk mengunggah file yang sudah dipilih. Ditempatkan di bawah tempat memilih file agar pengguna langsung tertuju pada tombol tersebut.

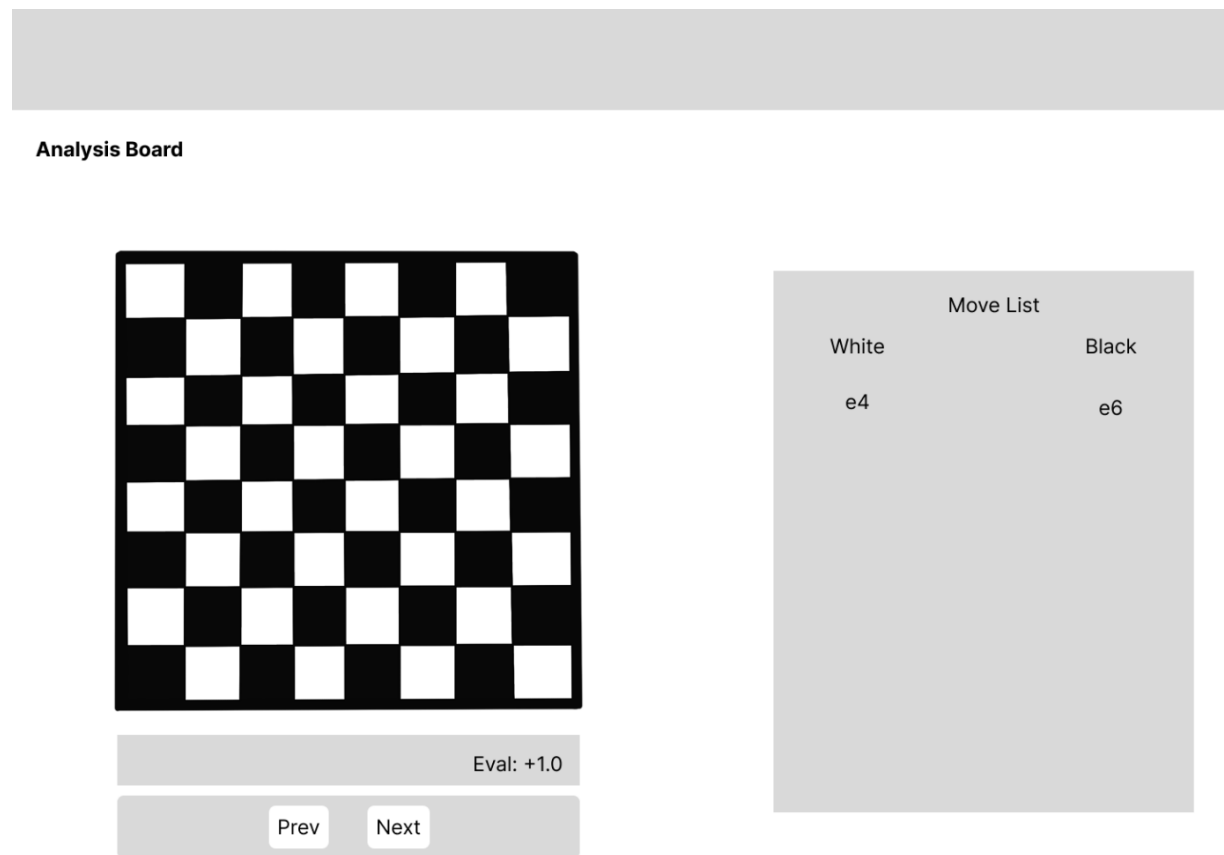
c. Desain halaman *game detail*



Gambar 3.8 Desain halaman *game detail*

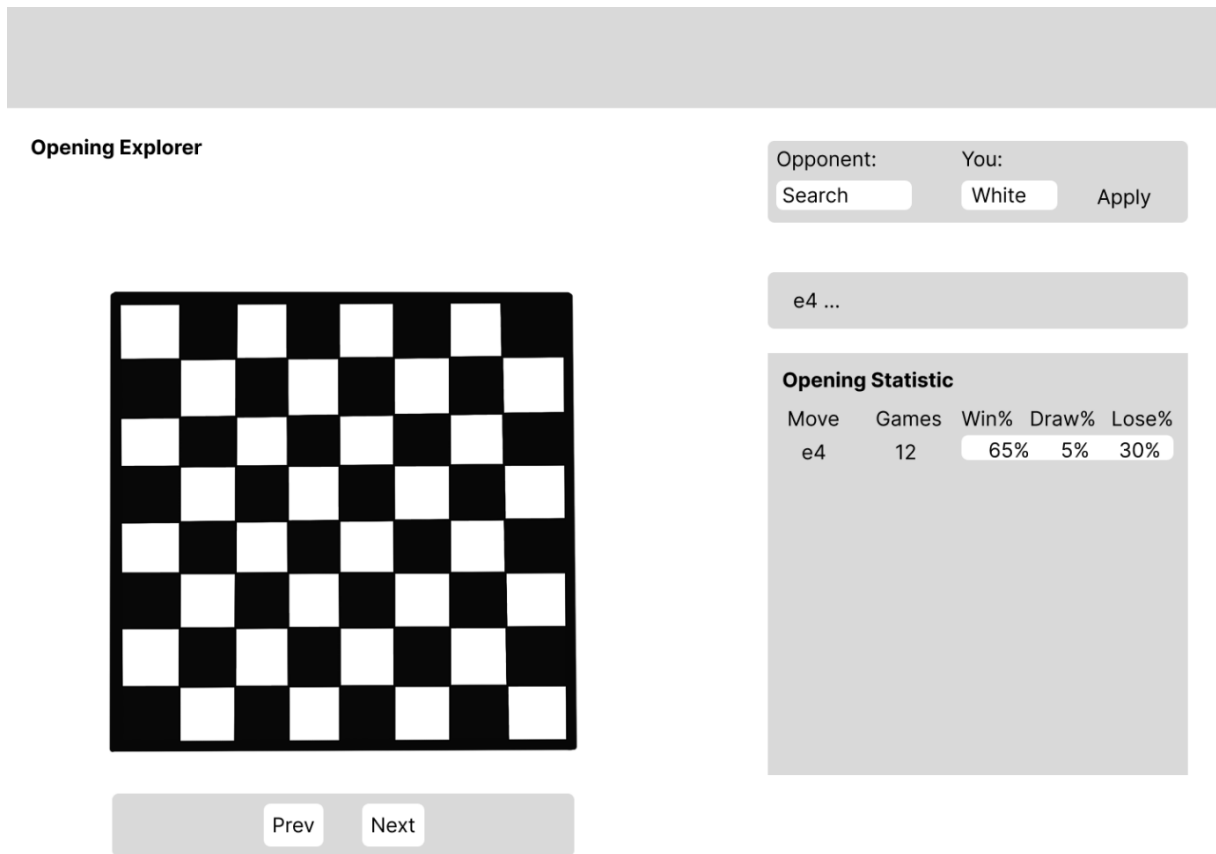
Halaman ini merupakan halaman untuk melihat *detail* dari permainan yang berisi langkah permainan yang dapat dijalankan serta informasi lainnya terkait permainan. Komponen yang terdapat pada halaman ini yaitu:

1. Informasi pertandingan seperti nama pemain putih dan hitam, nama *event*, tanggal, hasil, dan *rating* dari kedua pemain. Diletakkan di atas agar mudah terbaca oleh pengguna.
2. Papan catur yang digunakan untuk menampilkan posisi bidak. Ditempatkan di sisi kiri mengiktui penempatan papan catur pada umumnya di aplikasi lain agar pemain lebih fokus.
3. *Move list* yang berfungsi untuk menampilkan urutan langkah permainan.
4. Kontrol navigasi langkah berupa tombol *Prev* dan *Next* yang berfungsi untuk berpindah antar langkah permainan.

d. Desain halaman *analysis board*Gambar 3.9 Desain halaman *analysis board*

Halaman ini digunakan untuk melakukan analisis menggunakan Stockfish. Pada halaman ini menerapkan penempatan yang sama dengan halaman *game detail*. Komponen tambahan yang ada pada halaman ini yaitu sebuah *card* yang berisi nilai evaluasi dari Stockfish. *Card* ini terletak di bawah papan catur agar pengguna bisa langsung melihat perubahan skor ketika adanya perubahan dalam papan.

e. Desain halaman *opening explorer*



Gambar 3.10 Desain halaman *opening explorer*

Halaman ini merupakan halaman untuk melihat statistik langkah dari keseluruhan permainan yang sudah disimpan. Pada halaman ini juga menerapkan konsep penempatan yang sama dengan halaman *game detail* dan *analysis*. Namun, terdapat beberapa tambahan komponen penting yaitu:

1. Form untuk memasukkan nama pemain lawan dan bidak yang akan dimainkan. Ditempatkan di bagian atas agar terlihat oleh pengguna.
2. Tabel *opening statistic* yang berfungsi menampilkan langkah *opening* serta persentase kemenangan, seri, dan kekalahan berdasarkan semua data permainan yang disimpan.
3. *Move list* yang berada di atas tabel statistik berfungsi untuk menunjukkan langkah apa saja yang telah dilakukan.

3.4 Rencana Pengujian Sistem

Langkah pengujian sistem dilaksanakan untuk melakukan verifikasi semua fungsi yang dikembangkan pada aplikasi manajemen *database* permainan catur berjalan memenuhi spesifikasi yang telah dirumuskan pada tahap analisis. Pengujian difokuskan pada evaluasi

fungsi sistem dari sisi penggunaan, tanpa mempertimbangkan implementasi kode di dalamnya, sehingga metode yang diterapkan adalah Black Box Testing. Metode ini dipilih karena pengujian dilakukan melalui interaksi pengguna dengan sistem dengan mengamati kecocokan antara data masukan yang diproses dengan hasil keluaran yang dihasilkan oleh sistem. Metode ini cocok untuk aplikasi berbasis web yang bertujuan menyediakan layanan fungsional bagi pengguna, serta sesuai dengan lingkup penelitian yang berfokus pada pengembangan sistem.

Rencana pengujian dirancang dengan mengacu pada fitur-fitur yang diimplementasikan, mencakup manajemen data PGN, fitur *filter* data, visual papan catur, serta integrasi *chess engine* analisis. Rincian skenario pengujian dirancang dan ditampilkan pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Rencana Pengujian

No.	Fitur yang diuji	Skenario Pengujian	Hasil pengujian yang Diharapkan
1.	Unggah & <i>Parsing</i> File	Mengunggah file dengan format .pgn yang valid berisi data permainan catur.	Sistem menerima file, berhasil melakukan <i>parsing</i> , dan data permainan tersimpan serta tampil di tabel daftar permainan.
		Mengunggah file dengan format yang salah, misalnya .pdf.	Sistem menolak file dan menampilkan pesan kesalahan validasi format.
2.	Pencarian & <i>Filter</i>	Melakukan pencarian berdasarkan nama pemain yang ada di <i>database</i> (misal: "Magnus").	Tabel data hanya menampilkan baris permainan yang mengandung nama tersebut.
		Melakukan pencarian dengan kata kunci yang tidak ada dalam <i>database</i> .	Tabel data menampilkan hasil kosong tanpa menyebabkan <i>crash</i> pada sistem.
3.	Visualisasi Papan	Menekan tombol navigasi langkah <i>Next/Previous</i> pada detail permainan.	Bidak pada papan catur bergerak sesuai urutan langkah notasi yang tersimpan.
		Menekan tombol <i>Flip Board</i> .	Papan catur berputar
4.	Validasi Aturan Permainan	Mencoba melakukan langkah legal	Bidak berpindah ke petak tujuan dan notasi langkah tercatat di panel samping.
		Mencoba melakukan langkah ilegal	Sistem menolak langkah tersebut, bidak otomatis kembali ke posisi awal dan notasi tidak bertambah.

5.	Analisis Engine	Mengaktifkan fitur analisis Stockfish pada posisi tertentu.	Sistem menampilkan grafik evaluasi dan memvisualisasikan beberapa panah langkah terbaik di atas papan.
6.	Advanced Search	Melakukan pencarian dengan kombinasi filter (misal: Kode ECO "B90" dan Hasil "1-0").	Sistem hanya menampilkan permainan dengan pembukaan Sicilian Najdorf (B90) yang dimenangkan oleh Putih.
7.	Opening Explorer	Mengklik salah satu langkah di tabel statistik, misal langkah "e4".	Bidak di papan bergerak ke "e4", dan tabel statistik diperbarui secara otomatis menampilkan data statistik untuk langkah balasan selanjutnya berdasarkan posisi baru tersebut.

3.4.1 Kriteria Keberhasilan Pengujian

Pengujian dikatakan berhasil ketika setiap fungsi sistem memberikan hasil yang memenuhi kriteria keberhasilan yang telah dirumuskan, yaitu:

- a. Sistem menghasilkan keluaran sesuai dengan input yang diberikan pengguna
- b. Tidak terjadi kesalahan fungsional saat fitur dijalankan
- c. Antarmuka tetap dapat digunakan dengan baik selama proses berlangsung

Apabila seluruh skenario pengujian memenuhi kriteria tersebut, dengan demikian sistem dinyatakan telah berjalan sesuai dengan tujuan pengembangan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

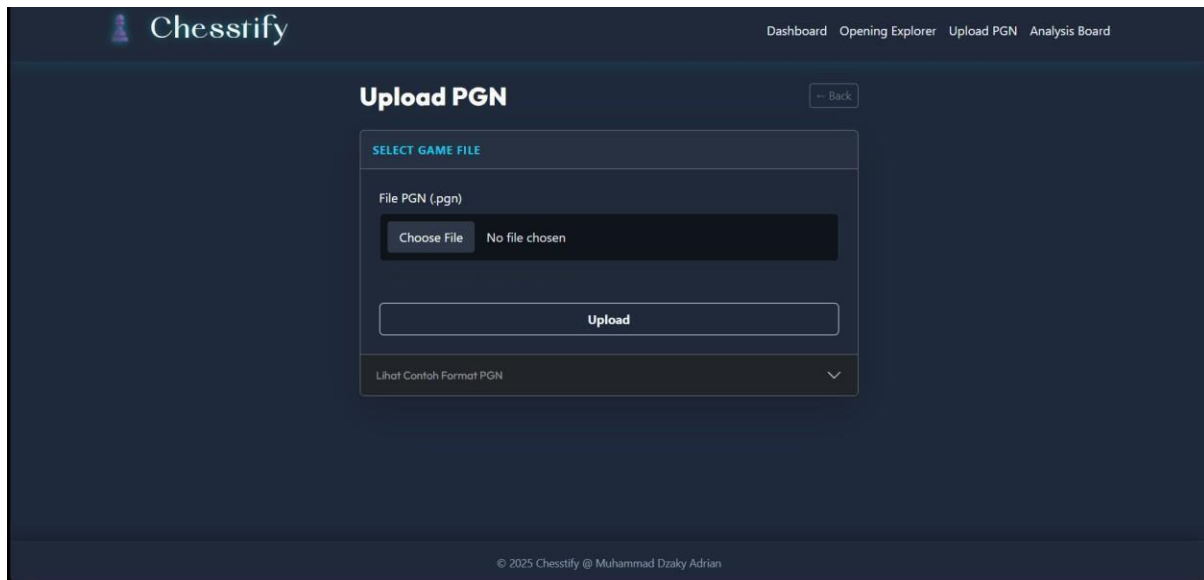
4.1 Implementasi

Bagian ini menjelaskan hasil implementasi sistem yang dikembangkan. Implementasi sistem merupakan proses penerapan rancangan yang telah disusun sebelumnya ke dalam bentuk aplikasi berbasis web. Aplikasi manajemen *database* permainan catur dikembangkan untuk membantu pengguna terutama pemain catur profesional dalam mengelola, meninjau, dan menganalisis permainan catur mereka. Setiap fitur dikembangkan berdasarkan kebutuhan sistem yang telah diidentifikasi pada tahap perancangan.

4.1.1 Implementasi Pengelolaan Data

Subbab ini membahas implementasi pengelolaan data permainan catur, yang mencakup proses unggah file PGN, *parsing* dan penyimpanan data ke basis data, serta penyediaan fitur pencarian dan tampilan daftar permainan sebagai pusat pengelolaan data. Pertama, implementasi fitur unggah dan parsing data PGN dilakukan pada sisi *backend* sebagai bagian inti dari pengelolaan data permainan catur. Fitur ini dirancang untuk mendukung pemrosesan data dengan jumlah yang banyak, karena satu file PGN bisa berisi satu hingga ribuan permainan dalam satu unggahan. Fitur ini hanya menerima unggahan file yang berformat *.pgn*.

Pada saat file diunggah, *backend* membaca file sebagai teks dan memprosesnya menggunakan *library python-chess*. *Backend* kemudian memproses isi file tersebut dengan cara memecahnya. Sistem secara otomatis mendeteksi batas antar permainan di dalam file dan memisahkan setiap permainan menjadi entitas yang berdiri sendiri. Untuk setiap permainan yang ditemukan, sistem mengekstrak bagian *header* (*Event, Date, Site, Round, White, Black, Result, ECO code*) dan bagian *movetext* yang berisi urutan langkah.



Gambar 4.1 Halaman *Upload PGN*

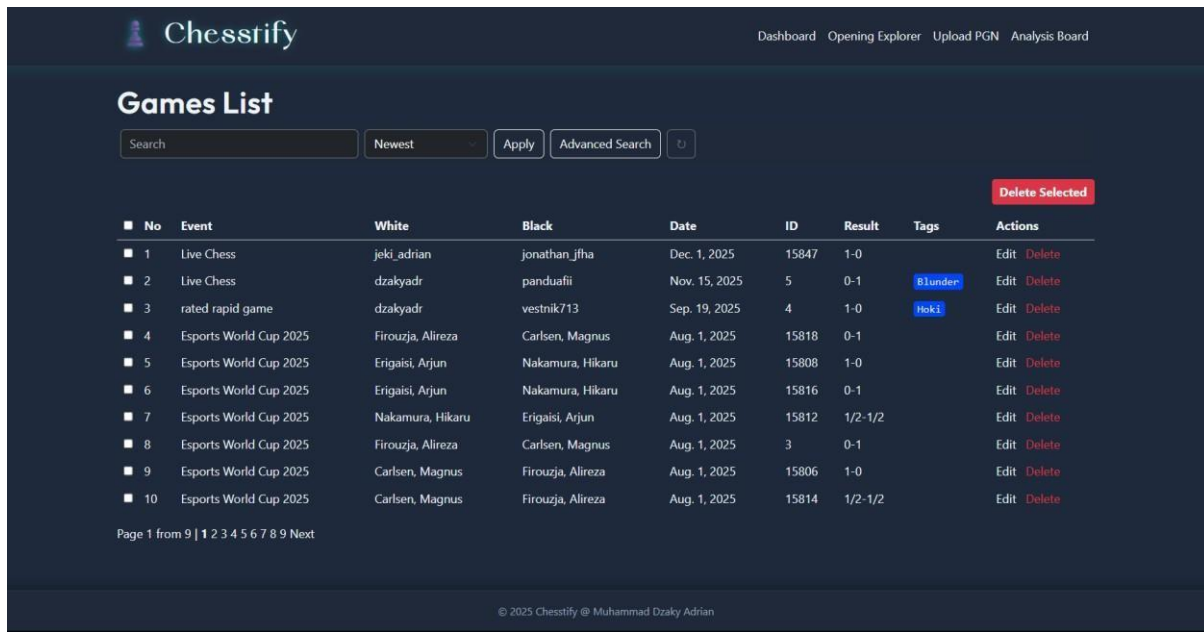
Implementasi ini menghasilkan sebuah fitur yang terdapat di halaman *upload PGN*. Halaman ini digunakan untuk mengunggah file PGN, pengguna dapat mengunggah file PGN yang berisi satu atau banyak permainan. Sistem hanya menerima file yang berformat (.pgn), karena selain format tersebut sistem akan menampilkan pesan *error*. Pada halaman ini, juga disediakan isi dari contoh file berformat (.pgn). Antarmuka dari halaman ini dibuat sederhana agar mudah digunakan pengguna.

Data yang sudah diproses kemudian dipetakan ke dalam model *Game* dan disimpan ke dalam *database* menggunakan mekanisme ORM. Pendekatan ini memastikan konsistensi struktur data serta memudahkan pengelolaan dan pengambilan kembali informasi permainan di fitur lainnya. Dengan mekanisme tersebut, setiap permainan catur yang diunggah tidak hanya tersimpan sebagai teks mentah, tetapi sebagai data terstruktur yang siap digunakan untuk proses pencarian, *filtering*, visualisasi papan, dan analisis mesin catur.

Selanjutnya, fitur pencarian dan *filter* data dibuat untuk membantu pengguna dalam menelusuri data permainan catur yang sudah disimpan. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk menemukan permainan tertentu secara spesifik. Dalam *backend*, proses pencarian dan *filter* data dikembangkan menggunakan mekanisme *query* yang disediakan Django ORM. Sistem menerima parameter pencarian yang dimasukkan pengguna, seperti nama pemain, hasil pertandingan, *ECO code*, atau rentang waktu tertentu yang kemudian digunakan untuk menyusun *query database* yang sesuai secara otomatis.

Untuk pencarian dengan teks seperti nama pemain, sistem menerapkan pencarian yang tidak membedakan huruf besar dan kecil, sehingga pengguna tidak diharuskan memasukkan

nama yang sama persis dengan data asli. Pendekatan ini meningkatkan fleksibilitas dalam proses pencarian data. Agar interaksi pengguna tetap efisien, fitur ini didukung oleh AJAX (Asynchronous JavaScript and XML). Melalui mekanisme ini, permintaan pencarian dikirim ke server dan hasilnya dikembalikan tanpa memuat ulang halaman, sehingga daftar permainan dapat diperbarui secara langsung dan tampilan terasa lebih responsif.



No	Event	White	Black	Date	ID	Result	Tags	Actions
1	Live Chess	jeki_adrian	jonathan_jfha	Dec. 1, 2025	15847	1-0		Edit Delete
2	Live Chess	dzakyadr	panduaflfi	Nov. 15, 2025	5	0-1	Blunder	Edit Delete
3	rated rapid game	dzakyadr	vestnik713	Sep. 19, 2025	4	1-0	Heki	Edit Delete
4	Esports World Cup 2025	Firouzja, Alireza	Carlsen, Magnus	Aug. 1, 2025	15818	0-1		Edit Delete
5	Esports World Cup 2025	Erigaisi, Arjun	Nakamura, Hikaru	Aug. 1, 2025	15808	1-0		Edit Delete
6	Esports World Cup 2025	Erigaisi, Arjun	Nakamura, Hikaru	Aug. 1, 2025	15816	0-1		Edit Delete
7	Esports World Cup 2025	Nakamura, Hikaru	Erigaisi, Arjun	Aug. 1, 2025	15812	1/2-1/2		Edit Delete
8	Esports World Cup 2025	Firouzja, Alireza	Carlsen, Magnus	Aug. 1, 2025	3	0-1		Edit Delete
9	Esports World Cup 2025	Carlsen, Magnus	Firouzja, Alireza	Aug. 1, 2025	15806	1-0		Edit Delete
10	Esports World Cup 2025	Carlsen, Magnus	Firouzja, Alireza	Aug. 1, 2025	15814	1/2-1/2		Edit Delete

Gambar 4.2 Halaman *game list*

Hasil dari seluruh implementasi ini menghasilkan halaman *game list* atau *dashbaord* yang merupakan halaman utama dari aplikasi ini. Halaman ini berfungsi sebagai pusat pengelolaan data permainan catur yang telah diunggah ke sistem. Pada halaman *game list*, sistem menyajikan daftar permainan catur dengan bentuk tabel yang berisi informasi utama, seperti nama pemain putih dan hitam, nama *event*, tanggal pertandingan, ID, dan hasil.

Halaman *game list* memiliki fitur pencarian berdasarkan nama pemain dan nama *event* dan fitur *filter* untuk mengurutkan daftar permainan dari yang terlama atau terbaru dan berdasarkan abjad dari A-Z ataupun sebaliknya. Selain itu, terdapat tombol untuk mengedit dan menghapus data. Adapun cara lain untuk menghapus data secara bersamaan dengan mencentang *checkbox* yang tersedia untuk memilih banyak permainan yang akan dihapus. Untuk mengedit data permainan akan diarahkan ke halaman yang terdapat pada Gambar 4.3.

The screenshot shows the 'Edit Game Data' interface for a game between Jeki Adrian and Jonathan Jfha. The form is organized into several sections:

- Player Info:** Fields for White Player (jeki_adrian), Black Player (jonathan_jfha), White ELO (396), and Black ELO (192).
- Event Details:** Fields for Event Name (Live Chess), Date (12/01/2025), Site / Location (Chess.com), Round (?), and Result (Putih Menang).
- Additional Data:** Fields for ECO (A40), Opening Name, and Tags (#Belajar).

Navigation buttons include 'Back to Detail' at the top right and 'Cancel' and 'Save' at the bottom right.

Gambar 4.3 Halaman *game edit*

Halaman *game edit* menyediakan formulir untuk melakukan perubahan yang diperlukan dalam mengoreksi atau melengkapi informasi permainan. Pada halaman ini, sistem menampilkan formulir edit ke dalam beberapa kelompok. *Player info* mencakup nama pemain putih dan hitam dan ELO dari pemain putih atau hitam. *Event detail* mencakup nama *event*, tanggal, lokasi, ronde, dan hasil. *Additional data* mencakup ECO, nama pembukaan, dan *tags* yang berfungsi sebagai label tertentu. Proses pengeditan ini hanya terbatas pada metadata permainan dan tidak menyediakan perubahan langkah permainan untuk menjaga keaslian data.

Terakhir, di halaman ini tersedia tombol *advanced search* yang akan mengarahkan ke halaman yang terdapat pada Gambar 4.4 untuk melakukan pencarian lebih spesifik.

Gambar 4.4 Halaman *advanced search*

Halaman ini dikembangkan untuk membantu pengguna melakukan pencarian yang lebih spesifik. Pada halaman ini, disediakan formulir pencarian dengan beberapa parameter yang dapat dikombinasikan, seperti nama pemain putih dan hitam, hasil pertandingan, *ECO code*, rentang waktu dalam tahun, dan *event*. Halaman ini merupakan versi lebih lanjut dari fitur pencarian yang hanya mampu mencari permainan berdasarkan nama pemain dan *event*.

4.1.2 Implementasi Visualisasi dan Validasi Permainan

Visualisasi papan catur dan fitur analisis permainan diimplementasikan pada sisi *frontend* untuk menjaga performa sistem dan memastikan interaksi pengguna berjalan secara *real time*. Pada tahap ini, sistem memanfaatkan *library* JavaScript dari *cm-chessboard* yang berisi file JavaScript serta CSS nya untuk merender papan catur dan menampilkan posisi bidak berdasarkan data permainan yang tersimpan dalam format PGN. Pada *library* ini, sudah dilengkapi juga untuk tema atau warna papan catur, *arrow*, dan *markers* yang bisa dirubah sesuai kebutuhan. Selanjutnya, data langkah permainan yang dikirim dari server kemudian diproses oleh *library* *cm-chessboard* untuk ditampilkan dalam bentuk papan interaktif.

Berikutnya, implementasi validasi langkah permainan pada sistem ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap langkah catur yang ditampilkan dan dinavigasikan sesuai dengan aturan permainan catur yang sah. Validasi langkah diperlukan agar proses visualisasi papan

catur dan daftar langkah permainan tidak menghasilkan posisi yang keliru akibat langkah yang tidak sesuai aturan. Dengan adanya validasi ini, sistem dapat menjaga konsistensi antara data permainan dan tampilan visual yang disajikan kepada pengguna.

Validasi langkah permainan diimplementasikan pada sisi *frontend* dengan memanfaatkan *library* chess.js. *Library* ini berfungsi untuk mengatur jalannya permainan catur yang menangani logika dasar permainan, seperti pergerakan bidak, kondisi *check* dan *checkmate*, aturan *castling*, *en passant*, serta *pawn promotion*. Penggunaan chess.js memungkinkan sistem untuk melakukan pengecekan langkah tanpa harus mengimplementasikan ulang aturan permainan catur secara manual.

Data langkah permainan yang disimpan di basis data dikirim ke *frontend* dan diproses *library* chess.js untuk membangun dan menjaga status permainan catur. *Library* chess.js merepresentasikan kondisi papan catur dengan memulai dari posisi awal standar, lalu menerapkan setiap langkah secara berurutan sesuai dengan aturan catur. Posisi papan yang dihasilkan selanjutnya divisualisasikan menggunakan *library* cm-chessboard. Apabila langkah dinyatakan valid, sistem memperbarui posisi papan catur dan menampilkan perubahan tersebut pada antarmuka visual. Sebaliknya, apabila langkah tidak valid, sistem tidak menerapkan langkah tersebut sehingga mencegah terjadinya inkonsistensi posisi papan.

The screenshot shows the Chesstify website interface for a game detail page. At the top, the site name 'Chesstify' is visible along with navigation links: 'Dashboard', 'Opening Explorer', 'Upload PGN', and 'Analysis Board'. The game title is 'jeki_adrian vs jonathan_jfha'. Below the title, there are three main sections: 'EVENT & DATE' (Live Chess, Dec. 1, 2025), 'RESULT & OPENING' (1-0, A88), and 'RATINGS & TAGS' (396 / 192, #444444). The chessboard shows a position with a white knight on a4 highlighted in yellow. To the right of the board is a 'MOVE LIST' table with columns for move number, white move, and black move. The 4th move, 'a4', is highlighted in yellow. Below the move list are navigation buttons: 'Prev', 'Play', 'Next', and 'Analysis Board'. At the bottom right, there is a 'RAW PGN' section containing the following text:

```
[Event "Live Chess"]
[Site "chesstify.com"]
[Date "2025.12.01"]
[Round "9"]
[White "jeki_adrian"]
[Black "jonathan_jfha"]
[Result "1-0"]
```

At the bottom left, there is a 'NOTES' section with the text 'menang rumit'. The page also features a progress bar at the bottom of the chessboard area, indicating 'Move: 7 / 55'.

Gambar 4.5 Halaman *game detail*

Visualisasi dan validasi langkah permainan digunakan pada halaman *game detail* yang terdapat pada Gambar 4.5 berfungsi menampilkan informasi *detail* permainan yang dipilih oleh pengguna. Halaman ini berperan untuk meninjau ulang permainan yang dilengkapi berbagai fitur. Pada halaman ini pengguna dapat memutar ulang permainan mereka dengan menggunakan tombol *play*, *next*, dan *prev* dan terdapat juga fitur *autoplay* yang bisa dijalankan secara otomatis mengikuti rekaman langkah berdasarkan data permainan. Tersedia juga tabel *move list* yang berisi seluruh langkah permainan yang ketika langkah tersebut di klik maka papan catur langsung menampilkan posisi tersebut.

Ketika permainan dijalankan ulang, papan catur memberikan *highlight* pada bidak yang sedang jalan. Pada tabel *move list* juga diberikan *highlight* tiap langkah yang sedang dijalankan. *Highlight* ini berguna sebagai penanda bidak atau langkah mana yang sedang dijalankan. Dalam kondisi tertentu, seperti skak, *highlight* diberi warna berbeda yaitu merah sebagai pembeda kondisi yang terdapat pada Gambar 4.6.

The screenshot displays a chess game interface. At the top, it identifies the players as 'jeki_adrian vs jonathan_jfha' and the event as 'Live Chess' on 'Dec. 1, 2025'. The score is '1-0' and the opening is 'A40'. The board shows a position with White's king on e1 and Black's king on e8. The move list on the right shows moves from 21 to 28, with the current move being 'Rh8+'. The RAW PGN section at the bottom contains the game's metadata and move list.

#	White	Black
28	Rd8	Kc7
21	Rg8	Nc6
22	Rxg7	Nce5
23	dxe5	Bxe5
24	Rxf7	Kd8
25	Rxa6	Ke8
26	Rh7	Bg3
27	fxg3	Nc5
28	Rh8+	

```

RAW PGN
[Event "Live Chess"]
[Site "Chess.com"]
[Date "2025.12.01"]
[Round "?"]
[White "jeki_adrian"]
[Black "jonathan_jfha"]

```

Gambar 4.6 Halaman *game detail* posisi skak

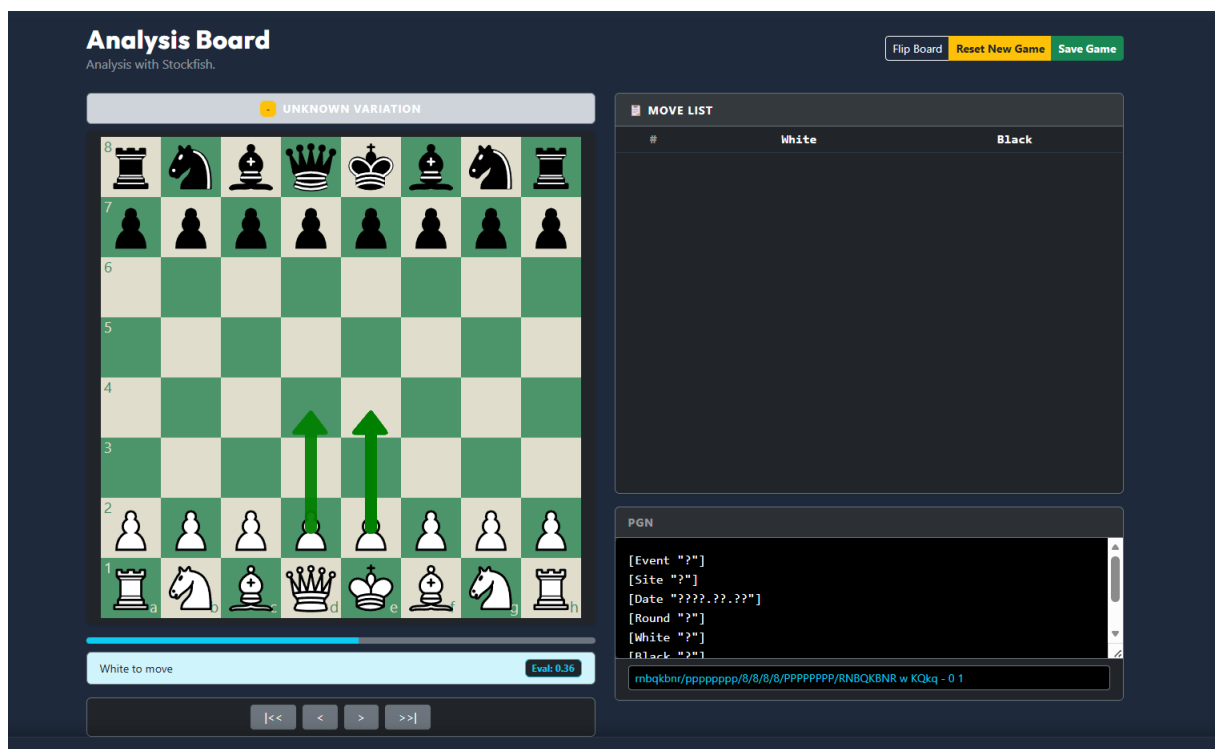
Selain itu, di halaman ini sistem menampilkan informasi metadata, seperti nama pemain putih dan hitam, *event*, tanggal, hasil, pembukaan, *rating* pemain, dan *tags* jika ada. Terdapat juga fitur untuk mendeteksi pembukaan dan *ECO code* berdasarkan langkah yang dijalankan. Ketika suatu bidak dijalankan, fitur ini secara otomatis mengikuti langkah dan menampilkan pembukaan apa yang sedang dijalankan. Terakhir, pada halaman ini terdapat *notes* untuk mencatat apapun yang diinginkan pengguna dan tombol untuk mengedit informasi permainan dan analisis permainan yang akan diarahkan masing-masing ke halaman tersebut.

4.1.3 Implementasi Analisis Permainan

Untuk mendukung fungsi analisis, sistem mengintegrasikan *chess engine* Stockfish. Stockfish yang digunakan berbasis JavaScript yang dikompilasi ke *WebAssembly* dan dijalankan di dalam *Web Worker*. Dengan kondisi tersebut, proses analisis dapat berjalan di *background* tanpa mengganggu antarmuka pengguna.

Pada proses analisis, *thread* utama antarmuka mengirimkan posisi papan dan urutan langkah permainan ke *Web Worker*, yang selanjutnya meneruskan perintah analisis tersebut ke Stockfish. Seluruh proses perhitungan evaluasi dilakukan di *background* sehingga tidak mengganggu interaksi pengguna. Setelah proses analisis selesai, Stockfish mengembalikan hasil berupa nilai evaluasi posisi dan rekomendasi langkah terbaik yang kemudian dikirim

kembali ke *thread* utama untuk diproses dan ditampilkan secara visual pada papan catur. Pendekatan ini memungkinkan penyajian analisis catur secara interaktif tanpa membebani kinerja antarmuka. Fitur analisis ini digunakan pada halaman *analysis game* yang terdapat pada Gambar 4.7.



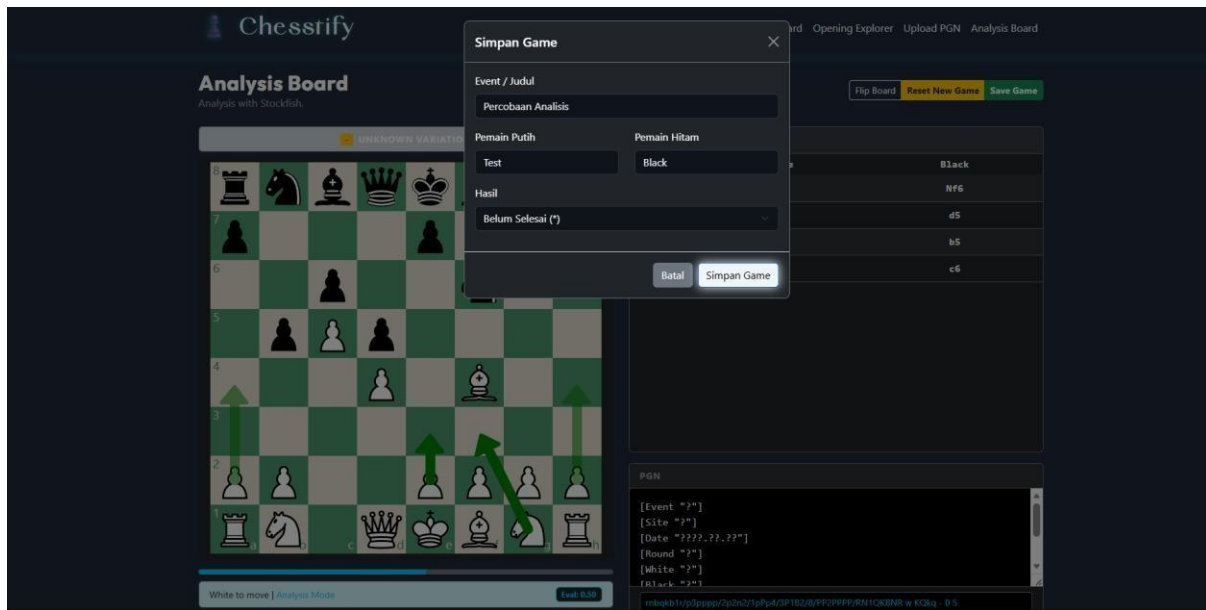
Gambar 4.7 Halaman *analysis game*

Halaman analisis dirancang untuk mendukung proses analisis secara interaktif. Pada halaman ini, Stockfish memberikan rekomendasi langkah terbaik melalui *arrow* dan memberikan skor eval. Sistem memulai proses analisis dengan memuat data langkah permainan yang telah diunggah pengguna dalam format PGN. Data langkah tersebut diproses di sisi *backend* untuk merekonstruksi posisi permainan hingga langkah tertentu. Representasi posisi ini kemudian dikonversi ke dalam format *Forsyth–Edwards Notation* (FEN), yang menjadi standar input bagi *engine* catur. Format FEN ini tidak disimpan sebagai data di basis data, melainkan digunakan secara langsung sebagai masukan ke Stockfish untuk keperluan evaluasi posisi.

Stockfish menerima input posisi dalam bentuk FEN dan melakukan perhitungan evaluasi berdasarkan algoritma pencarian dan fungsi evaluasi internal yang dimilikinya. Hasil dari proses ini berupa nilai evaluasi posisi serta rekomendasi langkah terbaik. Nilai evaluasi merepresentasikan keunggulan relatif salah satu pihak dalam satuan skor tertentu, sedangkan rekomendasi langkah menunjukkan langkah optimal menurut perhitungan engine. Seluruh

proses evaluasi ini dilakukan oleh Stockfish, sementara sistem hanya berperan sebagai penghubung yang mengirimkan posisi dan menerima hasil analisis.

Halaman ini memiliki dua skenario, yang pertama melalui halaman utama di mana papan catur akan ditampilkan dalam kondisi awal tanpa memuat data permainan. Skenario ini memungkinkan pengguna untuk melakukan eksplorasi secara bebas. Setelah selesai dengan percobaannya, pengguna bisa menyimpan skenario tersebut dan nanti akan tersimpan dalam daftar permainan seperti contoh pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Analisis mandiri

Skenario berikutnya pengguna bisa masuk melalui halaman *game detail*, sehingga yang ditampilkan pada halaman tersebut adalah data permainan yang dipilih. Dengan skenario ini, pengguna bisa memutar ulang permainan dan melihat skor evaluasi dari Stockfish tentang langkah yang dijalankan. Pada skenario ini pengguna tetap dapat melakukan percobaan sendiri jika ingin mencoba langkah di luar langkah permainan asli. Terdapat fitur yang memberi informasi langkah tersebut merupakan langkah asli atau langkah variasi analisis.

The screenshot displays the Chesstify Analysis Board. The chessboard shows a position where White has moved a pawn from d4 to d6. The interface includes a 'MOVE LIST' table on the right, a 'PGN' text area at the bottom right, and a status bar at the bottom showing 'Black to move | Original Movement: d6 | Eval: -0.06'.

#	White	Black
1	d4	e6
2	Nc3	c6
3	g3	b6
4	a4	Bb7
5	Bf4	

```

PGN
[Event "?"]
[Site "?"]
[Date "?????.???.???"]
[Round "?"]
[White "?"]
[Black "?"]
m1qkbnr/pb1p1ppp/1pp1p3/8/P2P1B2/2N3P1/1PP1PP1P/R2QKBNR b KQkq - 2.5

```

Gambar 4.9 Analisis melalui *game detail*

4.1.4 Implementasi Statistik

Implementasi fitur statistik dirancang untuk menyajikan persentase performa permainan pada halaman *opening explorer*. Proses pengolahan statistik dilakukan di sisi *backend* dengan memanfaatkan Django ORM, sehingga perhitungan dapat dilakukan langsung pada database tanpa perlu memuat seluruh data permainan. Sistem menghitung jumlah total permainan serta distribusi hasil pertandingan yang meliputi kemenangan, kekalahan, dan hasil imbang berdasarkan nilai *Result* pada data PGN.

Statistik tersebut berupa persentase dari langkah pembukaan dan posisi saat itu. Setiap langkah yang dijalankan, sistem menampilkan persentase kemenangan, kekalahan, atau imbang. Sistem juga menampilkan ada berapa total permainan yang memiliki langkah tersebut.

The screenshot displays the Chessify Opening Explorer interface. On the left is a chessboard with a starting position. On the right, there are search filters, a 'MOVE 1 — WHITE TO MOVE' indicator, and an 'OPENING STATISTICS' table for 'Unknown Variation'.

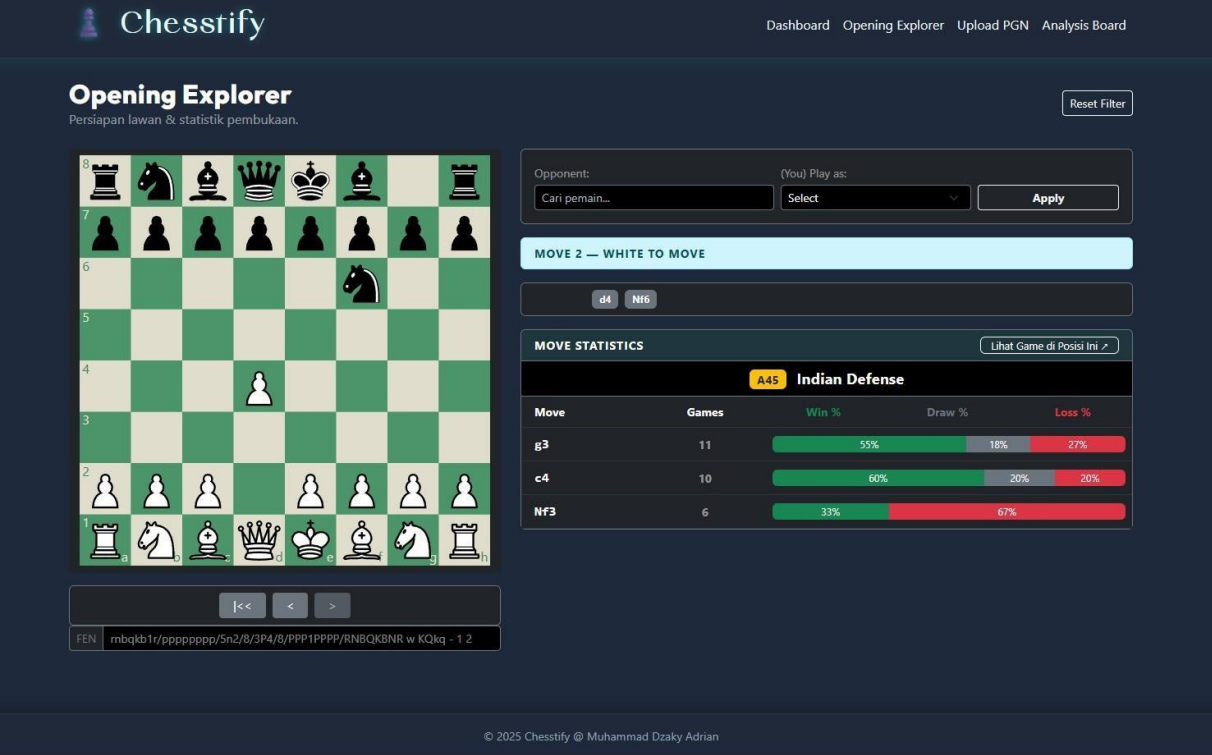
Move	Games	Win %	Draw %	Loss %
d4	56	61%	14%	25%
e4	26	15%	62%	23%
Nf3	2	100%		
c4	2		100%	

The FEN string at the bottom of the board is: `FEN mbqkbnr/pppppppp/8/8/8/PPPPPPPP/RNBQKBNR w KQkq - 0 1`

Gambar 4.10 Halaman *opening explorer*

Halaman *opening explorer* menyediakan statistik pembukaan dari seluruh permainan yang tersimpan. Halaman ini berfungsi untuk membantu pengguna memahami kecenderungan pembukaan yang sering dimainkan dilengkapi persentase menang, kalah, dan imbang. Papan catur yang ada pada halaman ini terhubung dengan statistik permainan.

Ketika pengguna menggerakkan bidak pada papan catur, sistem akan melakukan pencocokan posisi terhadap seluruh data permainan yang tersimpan di *database*. Berdasarkan posisi tersebut, sistem menghitung dan menampilkan statistik langkah lanjutan yang pernah terjadi pada semua permainan, termasuk berapa total permainan yang memiliki langkah tersebut dan persentase hasil pertandingan seperti contoh pada Gambar 4.11.



Chessify Dashboard Opening Explorer Upload PGN Analysis Board

Opening Explorer
Persiapan lawan & statistik pembukaan. Reset Filter

Opponent: (You) Play as: Apply

MOVE 2 — WHITE TO MOVE

d4 Nf6

MOVE STATISTICS Lihat Game di Posisi Ini ↗

A45 Indian Defense

Move	Games	Win %	Draw %	Loss %
g3	11	55%	18%	27%
c4	10	60%	20%	20%
Nf3	6	33%		67%

FEN: `mbqkb1r/pppppppp/Sn2/8/3P4/8/PPP1PPPP/RNBQKBNR w KQkq - 1 2`

© 2025 Chessify © Muhammad Dzaky Adrian

Gambar 4.11 Statistik langkah

Halaman ini juga menampilkan informasi nama pembukaan beserta ECO *code* sesuai langkah yang sedang dijalankan. Selain itu, halaman ini menyediakan fitur untuk menelusuri permainan mana yang memiliki posisi tertentu. Ketika pengguna menjalankan bidak dan mencari permainan yang memiliki posisi tersebut, sistem akan mengarahkan ke halaman *game list* dan hanya menampilkan permainan yang memiliki posisi itu.

Fitur selanjutnya adalah mengidentifikasi kebiasaan lawan. Pengguna memasukkan nama lawan dan memilih akan bermain sebagai putih atau hitam. Sistem akan menampilkan semua pembukaan dan langkah lawan tersebut yang ada di *database*, sehingga pengguna dapat mempelajari kebiasaan lawan melakukan langkah apa ketika dihadapi langkah tertentu.



Gambar 4.12 Halaman *opening explorer* identifikasi lawan

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian pada bab ini dilaksanakan berdasarkan rencana dan skenario pengujian yang telah disusun pada Subbab 3.4 Rencana Pengujian Sistem, sehingga implementasi setiap fitur dapat diverifikasi kesesuaiannya dengan kebutuhan yang telah didefinisikan pada tahap analisis dan desain. Proses pengujian ini difokuskan pada pengujian fungsionalitas sistem dari sudut pandang pengguna, tanpa melibatkan peninjauan terhadap kode program yang digunakan. Metode yang diterapkan yaitu Black Box Testing, yaitu pendekatan pengujian yang menilai kesesuaian *output* sistem berdasarkan respon terhadap berbagai skenario masukan yang diberikan.

Tabel 4.1 Hasil pengujian

No.	Fitur yang diuji	Skenario Pengujian	Hasil	Status
1.	Unggah dan parsing file	Unggah file .pgn yang valid	File diterima sistem, melakukan <i>parsing</i> , dan disimpan ke <i>database</i> .	Berhasil
		Unggah file dengan format tidak valid	File ditolak sistem dan sistem menampilkan pesan kesalahan format data.	
2.	Pencarian dan <i>filter</i>	Mencari nama pemain yang ada di <i>database</i> .	Sistem menampilkan data permainan yang	Berhasil

			sesuai dengan nama pemain yang dicari	
		Mencari dengan kata kunci yang tidak ada dalam <i>database</i> .	Sistem menampilkan hasil kosong tanpa terjadi <i>crash</i>	
3.	Visualisasi papan	Menekan tombol navigasi langkah (Next/Previous).	Papan catur menampilkan pergerakan bidak sesuai urutan langkah permainan	Berhasil
		Menekan tombol <i>Flip Board</i> .	Posisi papan catur berubah terbalik	
4.	Validasi aturan	Melakukan langkah legal	Sistem menerima langkah dan memperbarui posisi bidak pada papan catur	Berhasil
		Melakukan langkah ilegal	Sistem menolak langkah dan mengembalikan bidak ke posisi semula	
5.	Analisis <i>engine</i>	Mengaktifkan analisis Stockfish	Sistem menolak langkah dan mengembalikan bidak ke posisi semula	Berhasil
6.	<i>Advanced search</i>	Melakukan pencarian kombinasi ECO dan hasil	Sistem menampilkan permainan yang sesuai dengan kriteria pencarian yang diberikan	Berhasil
7.	<i>Opening explorer</i>	Mengklik salah satu langkah statistik	Sistem memperbarui papan catur dan menampilkan statistik lanjutan sesuai langkah yang dipilih	Berhasil

4.3 Pembahasan Hasil Pengujian

Bagian ini bertujuan untuk menilai tingkat kesesuaian fungsi-fungsi utama sistem dengan kebutuhan serta rancangan yang telah dirumuskan pada bab sebelumnya. Penilaian tersebut didasarkan pada hasil pengujian menggunakan metode Black Box Testing dengan fokus pada kecocokan antara skenario pengujian yang dirancang, keluaran yang dihasilkan sistem, dan hasil yang diinginkan.

Berdasarkan hasil pengujian pada fitur unggah dan *parsing* file PGN, sistem dirancang untuk mampu menangani proses unggah data permainan secara massal. Pengujian ini memfokuskan pada validasi format file serta kemampuan sistem dalam mengekstraksi dan

menyimpan metadata permainan ke dalam *database*. Keberhasilan pada skenario ini menunjukkan bahwa mekanisme pengelolaan data permainan telah berjalan sesuai dengan kebutuhan sebagai sistem arsip permainan catur profesional.

Pada fitur pencarian dan *filter* data, sistem diuji untuk menelusuri seluruh permainan berdasarkan berbagai parameter seperti nama pemain, hasil pertandingan, dan kode pembukaan. Hasil dari pengujian memperlihatkan bahwa sistem dapat menyaring data tanpa menyebabkan kesalahan tampilan atau kegagalan proses.

Pengujian visualisasi papan catur dan navigasi langkah difokuskan pada kesesuaian tampilan papan dengan notasi permainan yang tersimpan. Sistem diharapkan mampu menampilkan urutan langkah permainan secara konsisten ketika pengguna melakukan navigasi langkah atau perubahan orientasi papan.

Pada pengujian validasi aturan permainan, sistem dievaluasi dalam menangani langkah legal dan ilegal. Mekanisme validasi yang berjalan dengan baik menunjukkan bahwa integrasi logika catur pada sisi *frontend* mampu mencegah terjadinya manipulasi posisi yang tidak sah, sehingga visualisasi permainan tetap sesuai dengan aturan catur.

Fitur analisis menggunakan *chess engine* Stockfish diuji untuk memastikan bahwa sistem mampu menampilkan hasil evaluasi posisi dan rekomendasi langkah tanpa mengganggu kinerja antarmuka. Integrasi *engine* diharapkan mampu memberikan umpan balik analisis secara *real time*.

Selain itu, pengujian pada halaman Advanced Search dan Opening Explorer difokuskan pada ketepatan hasil pencarian serta konsistensi statistik yang ditampilkan. Hasil pengujian pada fitur tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki peran yang lebih luas dibandingkan sekadar media penyimpanan data. Sistem mampu dimanfaatkan sebagai alat eksplorasi serta analisis pembukaan catur dengan memanfaatkan data permainan yang tersimpan.

Secara keseluruhan, hasil ini membuktikan sistem yang dirancang telah memenuhi kebutuhan utama sebagai aplikasi manajemen basis data permainan catur. Meskipun pengujian yang dilakukan berfokus pada aspek fungsional, hasil ini memberikan indikasi awal bahwa sistem layak digunakan sebagai alat bantu pengelolaan dan analisis permainan catur, serta dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengembangan aplikasi manajemen basis data permainan catur berbasis web, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Sistem manajemen basis data permainan catur berhasil dikembangkan dengan menggunakan metode Waterfall, *framework* Django, dan PostgreSQL.
- b. Aplikasi ini memiliki kemampuan untuk mengelola permainan catur dalam format PGN, visualisasi papan catur interaktif, melakukan proses analisis permainan menggunakan Stockfish, visualisasi papan catur interaktif, dan menyajikan statistik langkah pembukaan berdasarkan data permainan yang disimpan.
- c. Berdasarkan pengujian dengan Black Box Testing, fungsi utama meliputi unggah dan *parsing* file PGN, pencarian dan penyaringan data, visualisasi papan catur, validasi aturan permainan, analisis menggunakan *chess engine*, dan statistik pembukaan berjalan sesuai kebutuhan yang telah ditetapkan, tanpa ditemukan kesalahan yang mengganggu proses penggunaan sistem.

5.2 Saran

Walaupun pengembangan sudah memenuhi target kebutuhan, ada beberapa potensi pengembangan yang dapat ditingkatkan yaitu:

- a. Aplikasi dapat dikembangkan dengan menerapkan fitur *login* dan autentikasi untuk mendukung penggunaan oleh banyak pengguna.
- b. Integrasi *chess engine* dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memanfaatkan potensi dari *chess engine* yang digunakan untuk mendukung proses analisis bagi pemain catur profesional.
- c. Proses analisis dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fungsi percabangan ketika sedang melakukan percobaan langkah untuk mendukung proses analisis dan latihan bagi pemain catur profesional.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisa, Y., & Nasution, M. I. P. (2023). Konsep Dan Peran Sistem Manajemen Basis Data Relasional Pada Sistem Informasi Manajemen. *Masip: Jurnal Manajemen Administrasi Bisnis Dan Publik Terapan*, 1(3), 76–83. <https://doi.org/10.59061/masip.v1i3.314>
- Aemy, N., & Al-Husaini, M. (2023). CHESTEGA: Steganografi Menggunakan Standar PGN dalam Permainan Catur Berbasis Web. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN)*, 11(3), 515. <https://doi.org/10.26418/justin.v11i3.66716>
- Anisa, F., Fauzi, S., Harahap, H., Al Khosyi, P., & Sari, Y. (2024). Pengembangan Software Menggunakan Model SDLC Guna Mencapai Keselarasan dengan Kebutuhan Pengguna. In *Journal Of Informatics And Busines* (Vol. 01). Retrieved from <https://jurnal.ittc.web.id/index.php/jibs/index>
- Aslyza, M., & Nasution, M. I. P. (2025). Manajemen Data Berbasis Database: Solusi untuk Penyimpanan dan Akses Data yang Lebih Efisien. *Jurnal Ilmiah Nusantara (JINU)*.
- Bijl, P., Tiet, A. P., & Bal, H. E. (2021). *Exploring modern chess engine architectures*.
- Brahupadhyaya Subiksa, G., Pasek Agus Ariawan, M., Bagus Adisimakrisna Peling, I., & Putu Astya Prayudha, I. (2025). PENGEMBANGAN PERMAINAN CATUR INTERAKTIF BERBASIS JAVA FX DENGAN FORSYTH-EDWARDS NOTATION (FEN) STRING. *Teknologi Informasi (JMTI)*, 15(1), 48–61. <https://doi.org/10.59819>
- Burhani, I., Juwari, Soderi, A., & Diantoro, K. (2025). Perbandingan Metodologi SDLC Waterfall dan Agile Dalam Rencana Pengembangan Sistem Informasi Kepatuhan. *Journal of Informatics Management and Information Technology*, 5(2), 147–154. <https://doi.org/10.47065/jimat.v5i2.489>
- Chacoma, A., & Billoni, O. V. (2025). Emergent complexity in the decision-making process of chess players. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-06335-9>
- Chen, S., Ahmmed, S., Lal, K., & Deming, C. (2020). *Django Web Development Framework: Powering the Modern Web*. Retrieved from <http://127.0.0.1:8000/>.
- Chowdhary, S., Iacopini, I., & Battiston, F. (2022). *Quantifying human performance in chess*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2207.07780>
- Connolly, T. M. ., & Begg, C. E. . (2015). *Database systems : a practical approach to design, implementation and management*. Pearson Education Limited.

- De Marzo, G., & Servedio, V. D. (2022). *Quantifying the complexity and similarity of chess openings using online chess community data*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2206.14312>
- Gore, H., Singh, R. K., Singh, A., Singh, A. P., Shabaz, M., Singh, B. K., & Jagota, V. (2021). *Django: Web Development Simple & Fast* (Vol. 25). Retrieved from <http://annalsoftsrb.com>
- Gupta, A., Gupta, A., & Grattoni, C. (2023). *Determining Chess Piece Values Using Machine Learning*. Retrieved from www.JSR.org
- Kalsum Siregar, U., Arbaim Sitakar, T., Haramain, S., Nur Salamah Lubis, Z., Nadhirah, U., & Sains dan Teknologi, F. (2024). *Pengembangan database Management system menggunakan My SQL* (Vol. 1).
- Khan, A. I., Qurashi, R. J., & Khan, U. A. (2011). A Comprehensive Study of Commonly Practiced Heavy and Light Weight Software Methodologies. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, 8(2). Retrieved from www.IJCSI.org
- Kumari, S., Singh, A. P., & Panjwani, P. (2024). *From Chessboard to Browser: Developing a Modern Online Chess Application*. Retrieved from www.ijnrd.org
- Kurnia, J. S., & Risyda, F. (2021). *RANCANG BANGUN PENERAPAN MODEL PROTOTYPE DALAM PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENCATATAN PERSEDIAAN BARANG BERBASIS WEB*.
- lestari purba, A., Rismayanti, & Dharmawati. (2024). Designing a Chess Game Application Using the Android-Based Breadth First Search Method. *JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS ENGINEERING (CoSIE)*, 03(3), 123–130. Retrieved from <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- Maulana, M. R. (2025). EVALUASI METODOLOGI WATERFALL DAN AGILE: STUDI LITERATUR PADA SISTEM PERPUSTAKAAN. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5900>
- Minh, D. H., & Duc, T. N. (2025). Stockfish Chess Engine Software Application to Enhance Opening Playing Skills for Physical Education Students. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 13(1), 118–125. <https://doi.org/10.13189/saj.2025.130113>
- Murdiani, D., & Sobirin, M. (2022). PERBANDINGAN METODOLOGI WATERFALL DAN RAD (RAPID APPLICATION DEVELOPMENT) DALAM PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI. In *JINTEKS* (Vol. 4).

- Nainggolan, T. N. T., Sudarto, S., & Ginting, T. W. (2024). Analisis Persepsi Penggunaan Terhadap Aplikasi Lichess Dengan Model Utaut 3. *Jurnal SIFO Mikroskil*, 25(2), 107–124. <https://doi.org/10.55601/jsm.v25i2.1402>
- Nur Ichsanudin, M., Yusuf, M., Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, S., Teknik Industri, J., AKPRIND Yogyakarta, I., & Artikel, R. (2022). *PENGUJIAN FUNGSIONAL PERANGKAT LUNAK SISTEM INFORMASI PERPUSTAKAAN DENGAN METODE BLACK BOX TESTING BAGI PEMULA INFO ARTIKEL ABSTRAK*. 1(2), 1–8. <https://doi.org/10.55123>
- Pamungkas, R. W. P., Azizah, A. N., & Zebua, B. S. (2022). Analisis penerapan metode scrum untuk meningkatkan efektivitas dalam pembuatan aplikasi melalui literature review. *Jurnal Pendidikan Informatika Dan Sains*, 11(2), 156–164. <https://doi.org/10.31571/saintek.v11i2.4650>
- Pradipta, R. A., Wintoro, P. B., & Budiyanto, D. (2022). PERANCANGAN PEMODELAN BASIS DATA SISTEM INFORMASI SECARA KONSEPTUAL DAN LOGIKAL. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 10(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i2.2541>
- Praniffa, A. C., Syahri, A., Sandes, F., Fariha, U., & Giansyah, Q. A. (2023). PENGUJIAN BLACK BOX DAN WHITE BOX SISTEM INFORMASI PARKIR BERBASIS WEB BLACK BOX AND WHITE BOX TESTING OF WEB-BASED PARKING INFORMATION SYSTEM. In *Jurnal Testing dan Implementasi Sistem Informasi* (Vol. 1).
- Prastowo, W. D., Danianti, D., & Pramuntadi, A. (2023). ANALISIS RISIKO PADA PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK MENGGUNAKAN METODE AGILE DAN RAD (RAPID APPLICATION DEVELOPMENT). *Citizen : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 3(3), 169–174. <https://doi.org/10.53866/jimi.v3i3.388>
- Pressman, R. S. (2010). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. Retrieved from www.mhhe.com/pressman.
- Pricillia, T., & Zulfachmi. (2021). *Perbandingan Metode Pengembangan Perangkat Lunak(Waterfall, Prototype, RAD)*.
- Putri, A. D., Seff, Q. B. R. D., Suryoadhiva, G. R., & Albana, I. (2025). Analisis Perbandingan Efektifitas Metode Manajemen Proyek TI Scrum dan Kanban : A Literature Review. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 4(2), 107–116. <https://doi.org/10.54082/jiki.201>

- Ramadhan, C., Senubekti, M. A., & Amalia, D. (2025). Penerapan Metodologi Agile dalam Pengembangan Perangkat Lunak. *Router : Jurnal Teknik Informatika Dan Terapan*, 3(2), 10–15. <https://doi.org/10.62951/router.v3i2.411>
- Rawiyah, S., Rosmelinda, M., Pani, R., Syabani, N., & Azmi, N. U. (2025). Journal iof iInnovative iand iCreativity Perbandingan Model Pengembangan Perangkat Lunak: Waterfall vs Agile. In *Journal of Innovative and Creativity* (Vol. 5).
- Saputri, Y. N., Sudiati, L. E., & Haryani, N. (2023). *SISTEM INFORMASI BUMDes DENGAN METODE RAD ATAU PROTOTYPE ? (STUDI KOMPARASI ANTARA RAD & PROTOTYPE) BUMDES INFORMATION SYSTEM USING RAD OR PROTOTYPE METHOD? (COMPARATION STUDY BETWEEN RAD & PROTOTYPE)*. Retrieved from <https://www.google.com/>.
- Sintawati, I. D. (2022). *KOMPARASI METODE RAD DENGAN RUP PADA PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI*.
- Sommerville, Ian. (2016). *Software engineering*. Pearson.
- Syahputri, K., Irwan, M., & Nasution, P. (2023). Peran Database Dalam Sistem Informasi Manajemen. *Jurnal Akuntansi Keuangan Dan Bisnis*, 1(2), 54–58. Retrieved from <https://jurnal.ittc.web.id/index.php/jakbs/index>
- Syaputri, L., Gunawan Putra, E., Syahrani, E., Dwian, E., Purwani, F., informasi, S., ... Islam Negri Raden Fatah Palembang, U. (2024). ARTICLE INFO ABSTRACT Correspondent. *Journal of Sciencetech Research and Development*, 6(2). Retrieved from <https://idm.or.id/JSCR/in>
- Wahid, A. A. (2020). *Analisis Metode Waterfall Untuk Pengembangan Sistem Informasi*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/346397070>
- Wahyuni, E. D., Ramadha, F. N., Zahroh, F., Ningrum, A. F., & Ningrum, R. (2025). Analisis Komparatif metode Spiral dan Incremental Berdasarkan Manajemen Resiko dan Fokus Utama Pengembangan. *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, 5(2), 836–844. <https://doi.org/10.58794/jekin.v5i2.1520>
- Wijayanto, F. (2024). Clustering Analysis of Chess Portable Game Notation Text. *Jurnal Sains, Nalar, Dan Aplikasi Teknologi Informasi*, 3(3), 137–142. <https://doi.org/10.20885/snati.v3.i3.42>
- Wijayanto, F. (2025). Forsyth-Edwards Notation in Chess Game Clustering: A Depth-Based Evaluation. *Jurnal Sains, Nalar, Dan Aplikasi Teknologi Informasi*, 4(1), 18–25. <https://doi.org/10.20885/snati.v4.i1.3>

Zasornova, I., Lysenko, S., & Zasornov, O. (2022). CHOOSING SCRUM OR KANBAN METHODOLOGY FOR PROJECT MANAGEMENT IN IT COMPANIES. *Computer Systems and Information Technologies*, (4), 6–12. <https://doi.org/10.31891/csit-2022-4-1>

LAMPIRAN