Perbandingan Algoritma *Backtracking* dan Algoritma *Hybrid Genetic* untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Who? Michael Adrian
2013730039
michaeladrian39@gmail.com

From? Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi dan Sains Universitas Katolik Parahyangan

When? 20 Desember 2017

4 다 > 4 년 > 4 분 > 1 분 의 약

Perbandingan Algoritma *Backtracking* dan Algoritma *Hybrid Genetic* untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

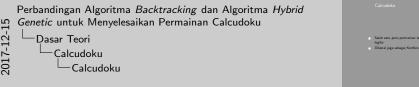
andingan Algoritma *Backtracking* itma *Hybrid Genetic* untuk relesaikan Permainan Calcudoku

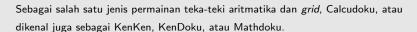
Michael Adrian 2013730039 michael adrian 390 gmail

i chael adri an 300 gmail.com rogram Studi Teknik Informatika akultar Teknologi Informati dan Sains niverskas Katolik Parahyangan

Calcudoku

- Salah satu jenis permainan teka-teki aritmatika dan logika
- Dikenal juga sebagai KenKen, KenDoku, atau Mathdoku

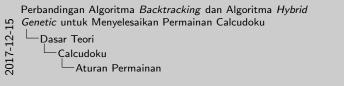




Aturan Permainan

- Pemain diberikan sebuah grid dengan ukuran $n \times n$
- n biasanya antara 3 sampai dengan 9
- Grid ini harus diisi dengan angka 1 sampai dengan n
- Dalam setiap baris setiap angka hanya muncul sekali
- Dalam setiap kolom setiap angka hanya muncul sekali
- Grid dibagi ke dalam cage
- Cage adalah sekelompok sel yang dibatasi oleh garis yang lebih tebal daripada garis pembatas antar sel dengan angka tujuan dan operator yang telah ditentukan
- Angka-angka dalam setiap *cage* harus mencapai angka tujuan jika dihitung menggunakan operator yang telah ditentukan
- Angka tujuan dan operasi yang telah ditentukan ditulis di sudut kiri atas *cage*



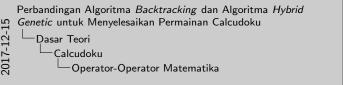


Premium districtiva saturals grad disegua salurus m. n. n. hasaway satura 5 magani dengan of hasaway satura 5 magani dengan of Golf ini harus distri dengan sejeka 3 tampad dengan of Golf ini harus distribution satura parka hasaya mamodi sakali Dalam satuja koline satura parka hasaya mamodi sakali Dalam satuja koline satura parka hasaya mamodi sakali Olf dhagiya de dalam caspe (Gap salahih sekelenyak satura galam dalam satura satura

Seperti dalam Sudoku, dalam teka-teki ini, pemain diberikan sebuah grid dengan ukuran $n \times n$, dengan n biasanya antara 3 sampai dengan 9. Grid ini harus diisi dengan angka 1 sampai dengan n sehingga dalam setiap baris setiap angka hanya muncul sekali, dalam setiap kolom setiap angka hanya muncul sekali. Perbedaannya dengan Sudoku adalah, Calcudoku dibagi ke dalam cage (sekelompok sel yang dibatasi oleh garis yang lebih tebal daripada garis pembatas antar sel dengan angka tujuan dan operator yang telah ditentukan), dan angka-angka dalam setiap cage harus mencapai angka tujuan jika dihitung menggunakan operator yang telah ditentukan. Angka tujuan dan operasi yang telah ditentukan ditulis di sudut kiri atas cage.

Operator-Operator Matematika

- Ada 5 kemungkinan operator:
- + (penjumlahan)
- (pengurangan)
- × (perkalian)
- ÷ (pembagian)
 - = (sama dengan)
- Jika operasi matematika yang ditentukan adalah pengurangan atau pembagian, maka ukuruan *cage* harus berukuran dua sel





Ada lima kemungkinan operator:

- 1. +, sebuah operator *n*-ary yang menandakan penjumlahan.
- 2. -, sebuah operator biner yang menandakan pengurangan.
- 3. \times , sebuah operator *n*-ary yang menandakan perkalian.
- 4. ÷ sebuah operator biner yang menandakan pembagian.
- =, (simbol ini biasanya dihilangkan), sebuah operator uner yang menandakan persamaan.

Jika operasi matematika yang ditentukan adalah pengurangan atau pembagian, maka ukuruan *cage* harus berukuran dua sel. Pada beberapa versi dari teka-teki ini, hanya angka tujuan yang diberikan, dan pemain harus menebak operator dari setiap *cage* untuk menyelesaikan teka-tekinya.

Contoh Permainan



Figure 1: Contoh permainan teka-teki dengan ukuran grid 4 x 4 yang belum diselesaikan.

Contoh Permainan

-Dasar Teori

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid

Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku



Contoh Solusi

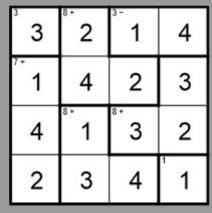


Figure 2: Solusi untuk permainan teka-teki Calcudoku yang diberikan pada Gambar 1.



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Dasar Teori
Calcudoku
Contoh Solusi



Algoritma Backtracking

- Sebuah algoritma umum yang mencari solusi dengan mencoba salah satu dari beberapa pilihan, jika pilihan yang dipilih ternyata salah, komputasi dimulai lagi pada titik pilihan dan mencoba pilihan lainnya
- Untuk bisa melacak kembali langkah-langkah yang telah dipilih, maka algoritma harus secara eksplisit menyimpan jejak dari setiap langkah yang sudah pernah dipilih, atau menggunakan rekursi (recursion)
- Rekursi dipilih karena jauh lebih mudah daripada harus menyimpan jejak setiap langkah yang pernah dipilih
- Hal ini menyebabkan algoritma ini biasanya berbasis DFS (*Depth First Search*)



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid

GOTTETTE ESSENTIS

Səbash algorima umum yang menciri solusi dengası menciba silah situ dari bələraya pillən, jing pillən yang dipillə terryazi salah, komputasi dəmuli ləgi pad titiq pilhəd dən menciba pilhən lalmıya Untuk bisa melicak kombali langsalı-langsiləya get tal dipillə, mala algorima harası sıcıra ekspilibi dipillə, attası menganasları rekurul (recursion) Palvari diliki karına salah kilih medalı darinada harası

enyimpan jejak setiap langkah yang pernah dipilih

Hal ini menyebabkan algoritma ini bias DFS (Depth First Search)

Algoritma backtracking adalah sebuah algoritma umum yang mencari solusi dengan mencoba salah satu dari beberapa pilihan, jika pilihan yang dipilih ternyata salah, komputasi dimulai lagi pada titik pilihan dan mencoba pilihan lainnya. Untuk bisa melacak kembali langkah-langkah yang telah dipilih, maka algoritma harus secara eksplisit menyimpan jejak dari setiap langkah yang sudah pernah dipilih, atau menggunakan rekursi (recursion). Rekursi dipilih karena jauh lebih mudah daripada harus menyimpan jejak setiap langkah yang pernah dipilih. Hal ini menyebabkan algoritma ini biasanya berbasis DFS (Depth First Search).

Cara Kerja Algoritma *Backtracking* Secara Singkat

- Singkatnya, langkah-langkah dasar dari implementasi algoritma backtracking dapat dijelaskan sebagai berikut:
- 1 Carilah sel pertama atau sel yang kosong di dalam grid
 - Isilah sel dengan sebuah angka dimulai dari 1 sampai *n* sampai sebuah angka yang berlaku (*valid*) ditemukan atau sampai angka sudah melebihi *n*
- Jika angka untuk sel berlaku, ulangi langkah 1 dan 2

 Jika angka untuk sel sudah melebihi *n* dan tidak ada angka dari 1 sampai *n* yang berlaku untuk sel tersebut, mundur ke sel sebelumnya dan cobalah kemungkinan angka berikutnya
- yang berlaku untul sel tersebut

 Jika tidak ada lagi sel yang kosong, solusi sudah ditemukan

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Dasar Teori
Algoritma Backtracking
Cara Kerja Algoritma Backtracking Secara Singkat

Crus Kerja Algoritum Backtracking Secus Singkata.

Singkata, Jacquish langdah dasa dari Implementasi Algoritum backtracking dani dipidasia mingai lamban.
Carlob of memo ana oli nya lampa di dalar pallahitum dangan salasi mpila salasi da tri sampatampa salasi mpila salasi da tri sampatampa salasi mpila salasi da tri sampatanpa salasi mpila salasi da tri sampatanpa salasi mpila salasi da tri sampala da tri salasi mpila salasi da tri sampala da tri salasi mpila salasi da tri sampala da tri salasi mpila salasi da tri salasi da tri Jiba salasi santa da trada makha da tri da da appla salasi da tri salasi salasi makha da tri da da da palsa da da tri salasi salasi salasi salasi da tri salasi salasi salasi da tri salasi salasi salasi salasi salasi da tri salasi salasi da tri salasi salas

Singkatnya, langkah-langkah dasar dari implementasi algoritma backtracking dapat dijelaskan sebagai berikut [1]:

- 1. Carilah sel pertama atau sel yang kosong di dalam grid.
- Isilah sel dengan sebuah angka dimulai dari 1 sampai n sampai sebuah angka yang berlaku (valid) ditemukan atau sampai angka sudah melebihi n.
- 3. Jika angka untuk sel berlaku, ulangi langkah 1 dan 2.
- 4. Jika angka untuk sel sudah melebihi *n* dan tidak ada angka dari 1 sampai *n* yang berlaku untuk sel tersebut, mundur ke sel sebelumnya dan cobalah kemungkinan angka berikutnya yang berlaku untul sel tersebut.
- 5. Jika tidak ada lagi sel yang kosong, solusi sudah ditemukan.

Algoritma Hybrid Genetic

- Dalam kasus ini, algoritma *hybrid genetic* adalah gabungan dari algoritma *rule based* dan algoritma genetik
- Algoritma rule based akan dijalankan sampai pada titik dimana algoritma tidak bisa menyelesaikan permainan teka-teki Calcudoku
- Jika algoritma sudah tidak bisa menyelesaikan permainan, maka algoritma genetik akan mulai dijalankan

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Dasar Teori
Algoritma Hybrid Genetic
Algoritma Hybrid Genetic

Dalam kasus ini, algoritma ini gabungan dari algoritma *rule based* dan algoritma genetik. Algoritma *rule based* akan dijalankan sampai pada titik dimana algoritma tidak bisa menyelesaikan permainan teka-teki Calcudoku. Jika algoritma sudah tidak bisa menyelesaikan permainan, maka algoritma genetik akan mulai dijalankan.

Algoritma Rule Based

- Sebuah algoritma berbasis aturan logika untuk menyelesaikan teka-teki Sudoku dan variasinya, termasuk Calcudoku
- Beberapa aturan logika yang digunakan dalam algoritma ini adalah:
- Single square rule
- Naked subset rule
- Hidden single rule
- Killer combination

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Dasar Teori
Algoritma Hybrid Genetic
Algoritma Rule Based

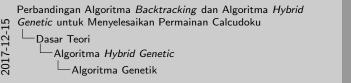
Algoritma rule based adalah sebuah algoritma berbasis aturan logika untuk menyelesaikan teka-teki Sudoku dan variasinya, termasuk Calcudoku. Menurut Johanna, Lukas, dan Saputra, beberapa aturan logika yang digunakan dalam algoritma ini adalah single square rule, naked subset rule, hidden single rule, evil twin rule, killer combination, dan X-wing [2].

Sebuah algoritma berbasis aturan logika untuk

Single square rule Naked subset rule Hidden single rule

Algoritma Genetik

- Salah satu teknik heuristik *Generate and Test* yang terinspirasi oleh sistem seleksi alam
- Perpaduan dari bidang biologi dan ilmu komputer.
- Algoritma ini memanipulasi informasi, biasanya disebut sebagai kromosom.





Algoritma genetik adalah salah satu teknik heuristik *Generate and Test* yang terinspirasi oleh sistem seleksi alam. Algoritma ini adalah perpaduan dari bidang biologi dan ilmu komputer. Algoritma ini memanipulasi informasi, biasanya disebut sebagai kromosom.

Cara Kerja Algoritma Genetik

- Cara kerja algoritma genetik adalah sebagai berikut:
- 1 Menentukan populasi kromosom kemungkinan jawaban awal
- 2 Membangkitkan populasi kemungkinan jawaban awal secara acak
- 3 Mengevaluasi fungsi objektif
- Melakukan operasi terhadap kromosom menggunakan operator genetik (reproduksi, kawin silang, dan mutasi)
- 5 Ulangi langkah 3 dan 4 sampai mencapai kriteria untuk menghentikan algoritm.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Dasar Teori
Algoritma Hybrid Genetic
Cara Kerja Algoritma Genetik

Care Kenja Algoritma Genetik.

Cay keja algoritma genetik elikik elekgiz berket.

Menetidan projekt krominen krangitiran jenden melli Menlengik krominen krangitiran jenden melli Menlengik krangitan krangitan pelakin dari seses ali Menlengik krangitan krangitan pelakin dari seses ali Mengendakan fenga sipisti angan krangitan krangitan

Cara kerja algoritma genetik adalah sebagai berikut [2]:

- 1. Menentukan populasi kromosom kemungkinan jawaban awal.
- 2. Membangkitkan populasi kemungkinan jawaban awal secara acak.
- 3. Mengevaluasi fungsi objektif.
- 4. Melakukan operasi terhadap kromosom menggunakan operator genetik (reproduksi, kawin silang, dan mutasi).
- 5. Ulangi langkah 3 dan 4 sampai mencapai kriteria untuk menghentikan algoritma.

Cara Kerja Algoritma Hybrid Genetic

- Cara kerja algoritma hybrid genetic adalah sebagai berikut:
- Masukkan teka-teki yang akan diselesaikan sebagai input. Program akan merepresentasikan input yang dimasukkan
- dalam format teka-teki.
- Program akan mencoba menyelesaikan teka-teki tersebut dengan menggunakan algoritma rule based terlebih dahulu.
- Jika program berhasil menyelesaikan teka-teki tersebut dengan menggunakan algoritma rule based, maka algoritma selesai.
- Jika program gagal dengan menggunakan algoritma rule based, maka program akan mencoba menyelesaikan teka-teki tersebut dengan menggunakan algoritma genetik.
- Jika program berhasil menyelesaikan teka-teki tersebut dengan menggunakan algoritma genetik, maka algoritma selesai.
- Jika program gagal dalam menyelesaikan teka-teki tersebut setelah menggunakan algoritma genetik, artinya algoritma gagal dalam menyelesaikan teka-teki terseebut.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku Dasar Teori Algoritma Hybrid Genetic -Cara Kerja Algoritma Hybrid Genetic

Cara kerja algoritma hybrid genetic menurut Johanna, Lukas, dan Saputra adalah sebagai berikut [2]:

- Masukkan teka-teki yang akan diselesaikan sebagai input.
- Program akan merepresentasikan input yang dimasukkan dalam format teka-teki.
- Program akan mencoba menyelesaikan teka-teki tersebut dengan menggunakan algoritma rule based terlebih dahulu.
- Jika program berhasil menyelesaikan teka-teki tersebut dengan menggunakan algoritma rule based, maka algoritma selesai.
- Jika program gagal dengan menggunakan algoritma rule based, maka program akan mencoba menyelesaikan teka-teki tersebut dengan menggunakan algoritma genetik.
- Jika program berhasil menyelesaikan teka-teki tersebut dengan menggunakan algoritma genetik, maka algoritma selesai.
- Jika program gagal dalam menyelesaikan teka-teki tersebut setelah menggunakan algoritma genetik, artinya algoritma gagal dalam menyelesaikan teka-teki terseebut.

Alur Cara Kerja Algoritma Hybrid Genetic

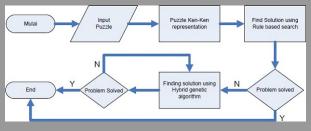


Figure 3: Alur penyelesaian permainan teka-teki Calcudoku dengan menggunakan algoritma *hybrid genetic*

 Alur (flow chart) penyelesaian permainan teka-teki Calcudoku dengan menggunakan algoritma hybrid genetic dapat dilihat di Gambar 3.



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Dasar Teori
Algoritma Hybrid Genetic
Alur Cara Kerja Algoritma Hybrid Genetic



Alur (*flow chart*) penyelesaian permainan teka-teki Calcudoku dengan menggunakan algoritma *hybrid genetic* dapat dilihat di Gambar 3.

Analisis Perangkat Lunak

- Perangkat lunak ini akan menerima masukan dalam bentuk *file* yang berisi:
- 1 Ukuran *grid*
- 2 Jumlah cage
- 3 Matriks cage assignment
- 4 Matriks cage objectives
- Perangkat lunak ini akan menghasilkan keluaran berupa GUI permainan teka-teki Calcudoku berdasarkan isi *file* yang di-*load* oleh pengguna.
- Permainan ini dapat diselesaikan oleh pengguna, atau menggunakan salah satu dari dua solver yang disediakan. Kedua solver tersebut yaitu:
- 1 Algoritma backtracking, dan
- 2 Algoritma hybrid genetic.



Perbandingan Algoritma *Backtracking* dan Algoritma *Hybrid Genetic* untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

—Analisis

-Analisis Perangkat Lunak



Perangkat lunak ini akan menerima masukan dalam bentuk file yang berisi:

- 1. Ukuran grid.
- 2. Jumlah cage.
- 3. Matriks *cage assignment*, yang merepresentasikan posisi dari setiap *cage* dalam *grid*.
- 4. Matriks *cage objectives*, yang berisikan angka tujuan dan operasi matematika yang telah ditentukan untuk setiap *cage*.

Perangkat lunak ini akan menghasilkan keluaran berupa antarmuka grafis permainan teka-teki Calcudoku berdasarkan isi *file* yang di-*load* oleh pengguna.

Permainan ini dapat diselesaikan oleh pengguna dengan usahanya sendiri, atau menggunakan salah satu dari dua *solver* yang disediakan. Kedua *solver* tersebut yaitu:

- 1. Algoritma backtracking, dan
- 2. Algoritma hybrid genetic.

Diagram *Use Case*

- Diagram use case adalah diagram yang menggambarkan interaksi antara sistem (perangkat lunak) dengan pengguna.
- Skenario-skenario yang dapat dilakukan oleh pengguna adalah:
- Membuka file masukan.
- 2 Memilih salah satu dari dua solver yang disediakan.
- 3 Me-*reset* permainan.
- 4 Memeriksa permainan.
- Menutup *file* masukan.
- 6 Menyelesaikan permainan dengan usahanya sendiri.
- 7 Mengatur nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik.
- Diagram *use case* berdasarkan skenario-skenario tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Analisis

Analisis

Diagram Use Case

Diagram *use case* adalah diagram yang menggambarkan interaksi antara sistem (perangkat lunak) dengan pengguna.

Skenario-skenario yang dapat dilakukan oleh pengguna adalah:

- 1. Membuka file masukan untuk memulai permainan.
- 2. Memilih salah satu dari dua solver yang disediakan untuk menyelesaikan permainan berdasarkan file yang sudah di-load.
- 3. Me-reset permainan untuk mengulang permainan berdasarkan file masukan yang sudah di-load dari awal.
- 4. Meminta perangkat lunak untuk memeriksa permainan jika ada masukan yang salah di dalam *grid*.
- 5. Menutup file masukan untuk mengakhiri permainan.
- 6. Menyelesaikan permainan dengan usahanya sendiri.
- 7. Mengatur nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik.

Diagram use case berdasarkan skenario-skenario tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

Diagram Use Case

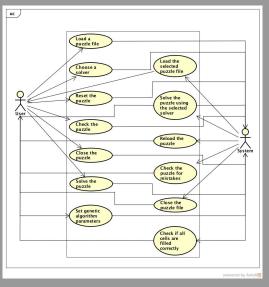


Figure 4: Diagram *use case* untuk perangkat lunak permainan teka-teki Calcudoku

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Analisis
Diagram Use Case



Perancangan Masukan

Masukan untuk perangkat lunak Calcudoku ini berupa sebuah *file* teks, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

6* 3+

Figure 5: Contoh file masukan.



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Perancangan

Perancangan Masukan



Masukan untuk perangkat lunak permainan teka-teki Calcudoku ini berupa sebuah *file* teks, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Perancangan Masukan

- Adapun rincian dari *file* teks masukan tersebut adalah sebagai berikut:
- Baris pertama berisi ukuran *grid* dan banyaknya *cage* dari teka-teki Calcudoku tersebut.
- Baris kedua sampai ke baris ke-2 + (n-1), dengan n adalah ukuran grid, berisi matriks cage assignment.
- Baris ke-2 + n dan seterusnya berisi *cage objectives* untuk setiap *cage*.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Perancangan

Perancangan Masukan

Adapun rincian dari file teks masukan tersebut adalah

Baris pertama berisi ukuran grid dan banyaknya cage dari teka-teki Calcudoku tersebut. Baris kedua sampai ke baris ke 2 + (n - 1), dengan n adali ukuran grid, berisi matrika cage assignment. Baris ke 2 + n dan seterunran barisi case odivictives untuk

sebagai berikut:

Adapun rincian dari file teks masukan tersebut adalah sebagai berikut:

- Baris pertama berisi ukuran grid dan banyaknya cage dari teka-teki Calcudoku tersebut. Angka pertama adalah ukuran grid, dan angka kedua adalah banyaknya cage.
- 2. Baris kedua sampai ke baris ke-2+(n-1), dengan n adalah ukuran grid, berisi matriks cage assignment. Matriks ini merepresentasikan posisi dari setiap cage dalam grid. Setiap cage direpresentasikan dengan angka yang berbeda. Setiap cage dapat mempunyai ukuran (jumlah sel yang terdapat dalam cage) yang bervariasi. Setiap sel dalam sebuah cage harus berhubungan secara horizontal atau vertikal dengan sel lain dalam cage yang sama.
- 3. Baris ke-2+n dan seterusnya berisi cage objectives untuk setiap cage. Cage objectives berisikan angka tujuan dan operasi matematika yang telah ditentukan. Angka-angka dalam sebuah cage harus mencapai angka tujuan jika dihitung menggunakan operasi matematika yang telah ditentukan.

Perancangan Keluaran

 Keluaran untuk perangkat lunak Calcudoku ini berupa sebuah matriks yang berisi solusi dari teka-teki
 Calcudoku yang sudah diselesaikan oleh program, seperti dapat dilihat pada Gambar 6.

Figure 6: Contoh keluaran.



Perbandingan Algoritma *Backtracking* dan Algoritma *Hybrid Genetic* untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Perancangan

Perancangan Keluaran

Perancangan Kelaaran
Celaras units peragiat tenti Calcudita in henga
kelaran dan peragiat tenti Calcudita in henga
kelaran harifik ange ludah diselarahan oleh pergam, sepert
diselaran pada Calcudita pada Calcudita
4 2 3 1
3 4 1
1 3 2 4
2 1 4 3
Figure 6 Carent Induser.

Keluaran untuk perangkat lunak permainan teka-teki Calcudoku ini berupa sebuah matriks yang berisi solusi dari teka-teki Calcudoku yang sudah diselesaikan oleh program, seperti dapat dilihat pada Gambar 6.

- Antarmuka ini terdiri dari sebuah *frame* yang berisi sebuah menu *bar* dan GUI dari Calcudoku.
- GUI hanya akan ditampilkan jika sudah membuka *file* permainan. Jika *file* permainan ditutup, maka GUI juga akan ditutup.
- Menu *bar* terdiri dari dua menu, yaitu:
- 1 File
- 2 Solve

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Perancangan

Perancangan Antarmuka

Antarmuka untuk perangkat lunak ini terdiri dari sebuah *frame* yang berisi sebuah menu *bar* dan GUI dari permainan teka-teki Calcudoku. GUI hanya akan ditampilkan jika perangkat lunak sudah membuka *file* permainan. Jika *file* permainan ditutup, maka GUI juga akan ditutup.

Menu bar untuk perangkat lunak ini terdiri dari dua menu, yaitu:

- 1. File, yaitu menu yang berisi item-item menu yang terkait dengan file permainan.
- 2. Solve, yaitu menu yang berisi item-item menu yang terkait dengan solver.

Gambar 7 menunjukkan perancangan GUI sebelum *file* permainan dibuka.



Figure 7: Perancangan GUI sebelum membuka file permainan

		_
		200

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid

Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Perancangan

Perancangan Antarmuka

Gambar 7 menunjukkan perancangan GUI sebelum file permainan dibuka.

Gambar 8 menunjukkan perancangan GUI sesudah *file* permainan dibuka.

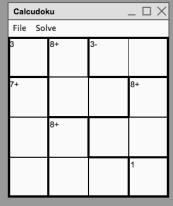


Figure 8: Perancangan GUI sesudah membuka file permainan

200	

Perbandingan Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Hybrid</i> <i>Genetic</i> untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Perancangan
Perancangan Antarmuka

Gambar 8 m permainan di		kkan p	eranca	ngan Gl	UI sesudah fili
	Calea			_ 0 :	
	File	Solve			
	II .	-	P		
	⊩	4	_	_	
	III'			1	
	⊩	-	+	+	
	ш.	ľ			
	ь	+	+	+	
	ш.				

Gambar 8 menunjukkan perancangan GUI sesudah file permainan dibuka.

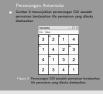
Gambar 9 menunjukkan perancangan GUI sesudah permainan berdasarkan *file* permainan yang dibuka diselesaikan.

Calcudoku _ 🗆 🗆 🗙				
File Sol	ve			
³ 3	2	1	4	
⁷⁺ 1	4	2	8÷ 3	
4	1	3	2	
2	3	4	¹ 1	

Figure 9: Perancangan GUI sesudah permainan berdasarkan *file* permainan yang dibuka diselesaikan.

		990	

2	Perbandingan Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Hybrid Genetic</i> untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
1	Perancangan
1	Perancangan Antarmuka



Gambar 9 menunjukkan perancangan GUI sesudah permainan berdasarkan *file* permainan yang dibuka diselesaikan.

Perancangan Antarmuka - Menu File

- Menu *File* mempunyai beberapa menu *item*, yaitu:
- 1 Load Puzzle File
- 2 Reset Puzzle
- 3 Close Puzzle File
- 4 Check Puzzle
- 5 Exit
- Gambar 10 menunjukkan isi dari menu *File*.

Load Puzzle File
Reset Puzzle
Close Puzzle File
Check Puzzle File
Exit

Figure 10: Menu File



Perbandingan Algoritma *Backtracking* dan Algoritma *Hybrid Genetic* untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Perancangan

Perancangan Antarmuka - Menu *File*



Menu File mempunyai beberapa menu item, yaitu:

- 1. Load Puzzle File, yaitu menu item untuk membuka file permainan.
- 2. Reset Puzzle, yaitu menu item untuk me-reset permainan.
- 3. Close Puzzle File, yaitu menu item untuk menutup file permainan.
- 4. Check Puzzle, yaitu menu item untuk memeriksa permainan jika ada masukan yang salah di dalam grid.
- 5. Exit, yaitu menu item untuk menutup perangkat lunak.

Gambar 10 menunjukkan isi dari menu File.

Perancangan Antarmuka - Menu Solve

- Menu *Solve* mempunyai beberapa menu *item*, yaitu:
- 1 Backtracking
- 2 Hybrid Genetic
- 3 Set Genetic Algorithm Parameters
- Gambar 11 menunjukkan isi dari menu *Solve*.

Backtracking
Hybrid Genetic

Set Genetic Algorithm Parameters

Figure 11: Menu *Solve*



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Perancangan

Perancangan Antarmuka - Menu Solve



Menu Solve mempunyai beberapa menu item, yaitu:

- Backtracking, yaitu menu item untuk menyelesaikan permainan berdasarkan file permainan yang dibuka dengan algoritma backtracking.
- 2. Hybrid Genetic, yaitu menu item untuk menyelesaikan permainan berdasarkan file permainan yang dibuka dengan algoritma hybrid genetic.
- 3. Set Genetic Algorithm Parameters, yaitu menu item untuk mengatur nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik.

Gambar 11 menunjukkan isi dari menu Solve.

Diagram Kelas

- Perangkat lunak Calcudoku ini terdiri dari beberapa kelas, yang dikelompokkan dalam tiga package, yaitu:
- 1 Model
- 2 View
- 3 Controller
- Diagram kelas untuk perangkat lunak ini dapat dilihat pada Gambar 12.

Perbandingan Algoritma *Backtracking* dan Algoritma *Hybrid Genetic* untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Perancangan

Diagram Kelas

Perangkat lunak teka-teki Calcudoku ini terdiri dari beberapa kelas, yang dikelompokkan dalam tiga package, yaitu:

- 1. Model, yaitu engine dari perangkat lunak ini.
- 2. View, yaitu GUI dari perangkat lunak ini.
- 3. Controller, yaitu penghubung antara package model dan package view

 ${\it Diagram\ kelas\ untuk\ perangkat\ lunak\ ini\ dapat\ dilihat\ pada\ Gambar\ 12}.$



Diagram Kelas

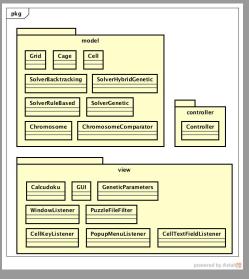


Figure 12: Diagram kelas untuk perangkat lunak Calcudoku.



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Perancangan
Diagram Kelas



Diagram Kelas - Package Model

- Package model memiliki beberapa kelas, yaitu:
- Grid 1 2 3 4
- Cell
 - Cage
- SolverBacktracking
- SolverHybridGenetic
- SolverRuleBased







Package model memiliki beberapa kelas, yaitu:

- 1. Grid, yaitu kelas yang merepresentasikan grid dalam teka-teki Calcudoku.
- Cell, yaitu kelas yang merepresentasikan sel dalam teka-teki Calcudoku.
- 3. Cage, yaitu kelas yang merepresentasikan cage dalam teka-teki Calcudoku.
- 4. SolverBacktracking, yaitu kelas solver untuk teka-teki Calcudoku menggunakan algoritma backtracking.
- 5. SolverHybridGenetic, yaitu kelas solver untuk teka-teki Calcudoku menggunakan algoritma hybrid genetic. Algoritma ini akan mencoba menyelesaikan teka-teki Calcudoku menggunakan algoritma rule based terlebih dahulu. Algoritma genetik baru akan dijalankan jika algoritma rule based gagal dalam menyelesaikan teka-teki Calcudoku.
- 6. SolverRuleBased, yaitu kelas solver untuk teka-teki Calcudoku menggunakan algoritma rule based. Dalam algoritma hybrid genetic, algoritma akan mencoba menyelesaikan teka-teki Calcudoku menggunakan algoritma rule based terlebih dahulu.

Diagram Kelas - *Package* Model dan Controller

- Package model memiliki beberapa kelas, yaitu:
- 7 SolverGenetic 8 Chromosome
- 9 ChromosomeComparator
- Package controller hanya memiliki satu kelas, yaitu kelas Controller.

Perbandingan Algoritma *Backtracking* dan Algoritma *Hybrid Genetic* untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

—Perancangan

Diagram Kelas - Package Model dan Controller



Package model memiliki beberapa kelas, yaitu:

- SolverGenetic, yaitu kelas solver untuk teka-teki Calcudoku menggunakan algoritma genetik. Dalam algoritma hybrid genetic, algoritma genetik baru akan dijalankan jika algoritma rule based gagal dalam menyelesaikan teka-teki Calcudoku.
- 8. Chromosome, yaitu kelas yang merepresentasikan sebuah kromosom untuk algoritma genetik dalam solver *hybrid genetic*.
- ChromosomeComparator, yaitu kelas pembanding custom (custom comparator) yang berfungsi untuk mengurutkan kromosom berdasarkan nilai kelayakkannya (fitness value).

Package model memiliki satu kelas, yaitu kelas Controller. Kelas ini berfungsi untuk menghubungkan kelas-kelas dalam package model dengan kelas-kelas dalam package view.

Diagram Kelas - Package View

- Package view memiliki beberapa kelas, yaitu:
- Calcudoku PuzzleFileFilter
- GUI
- 3 CellKeyListener
- PopupMenuListener 6 CellTextFieldListener GeneticParameters

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku Perancangan

diisikan ke dalam sel dalam GUI.





Package view memiliki beberapa kelas, yaitu:

- 1. Calcudoku, yaitu kelas frame yang berisi menu bar dan instansiasi kelas panel GUI.
- 2. WindowListener, yaitu kelas listener untuk kelas Calcudoku. Listener ini berfungsi untuk menambahkan pesan peringatan saat akan menutup
- perangkat lunak. 3. PuzzleFileFilter, yaitu kelas filter untuk file chooser. Filter ini membatasi
- agar file chooser hanya bisa membuka file teks. 4. GUI, yaitu kelas panel yang merepresentasikan GUI dari permainan
- teka-teki Calcudoku. 5. CellKeyListener, yaitu kelas listener untuk kelas GUI. Listener ini berfungsi untuk menggerakkan kursor dari sebuah sel ke sel di
- sebelahnya menggunakan tombol-tombol panah ke kiri, ke atas, ke bawah, dan ke kanan. Listener ini juga berfungsi untuk membatasi agar sel hanya bisa diisi oleh satu angka. 6. PopupMenuListener, yaitu kelas listener untuk kelas GUI. Listener ini berfungsi untuk mengisi sel dengan angka menggunakan menu pop up, sel akan diisi dengan angka yang dipilih.

7. CellTextFieldListener, yaitu kelas listener untuk kelas GUI. Listener ini berfungsi untuk mengisikan sel dalam kelas Grid dengan angka yang

Kode Program - Algoritma Backtracking

- Isilah mulai dari sel pada sudut kiri atas.
- Algoritma *backtracking* selesai jika semua sel sudah terisi dengan benar.

```
public boolean solve()
{
    if (solve(0, 0) == true)
    {
        this.solution = grid;
        ...
        return true;
    }
    else
    {
        return false;
    }
}
```

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

Kode Program

Kode Program - Algoritma Backtracking

Kode Program - Algoritma Backtracking

Isilah mulai dari sel pada sudut kiri atas. Algoritma selesai jika semua sel sudah terisi dengan benar.

Kode Program - Algoritma Backtracking

Jika sudah mengisi sel yang paling kanan, isilah sel yang paling kiri pada baris berikutnya.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

Kode Program - Algoritma Backtracking

Jika sudah mengisi sel yang paling kanan, isilah sel paling kiri pada baris berikutnya.

Kode Program - Algoritma Backtracking

- Setelah mengisi sebuah sel, isilah sel di sebelah kanannya.
- Jika semua kemungkinan gagal, mundur ke tahap sebelumnya, dan cobalah kemungkinan berikutnya.

```
...
for (int value = 1; value <= size; value++)
{
...
    if (grid.solverSetCellValue(row, column, value))
    {
        if (solve(row, column + 1))
        {
            return true;
        }
    }
}
...
grid.unsetCellValue(row, column);
return false;</pre>
```



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

Kode Program - Algoritma Backtracking

Kode Program - Algoritma Bockracking

Stelah mengili aksus kel, hilah sel di ubuluh
kesanya

sengangkan gagi mende ke lahip
sabilannya, dan cahalah bemergisan berkatnya

par (sen sengangkan pagi, mende ke lahip
sabilannya, dan cahalah bemergisan berkatnya

par (sen sengangkan pagi, mende yal

par (sen sengangkan pagi, mende yal

par (sen sengangkan pagi, mende yal

par (sengangkan pagi, mende yal

pagi

Setelah mengisi sebuah sel, isilah sel di sebelah kanannya. Jika semua kemungkinan gagal, mundur ke tahap sebelumnya, dan cobalah kemungkinan berikutnya

Kode Program - Algoritma Hybrid Genetic

Solver akan mencoba menyelesaikan permainan dengan algoritma rule based.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program
Kode Program - Algoritma Hybrid Genetic

Kode Program - Algoritma Hybrid Genetic

Soler also menoide menyelesikan pemainan dengan algoritma nele basad

pata semanan ang dengan dengan

Solver akan mencoba menyelesaikan permainan dengan algoritma rule based.

Kode Program - Algoritma Hybrid Genetic

Jika algoritma *rule based* tidak berhasil mengisi semua sel dalam *grid* dengan benar, maka *solver* akan mencoba menyelesaikan permainan dengan algoritma genetik.

< ㅁ > 〈昼 > 〈돌 > 〈돌 > 돌 · ớ Q ()

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

Kode Program - Algoritma Hybrid Genetic

Kode Program - Algoritma Hybrid Genetic

Sita digotina nish based tidak bahasil mengisi semas based tidak bahasil mengisi semas based bahasil mengisi semas basempiyaksika pemairan dengan algoritma genetik.

**International orang based bahasil pemairan dan based ba

Jika algoritma *rule based* tidak berhasil mengisi semua sel dalam *grid* dengan benar, maka *solver* akan mencoba menyelesaikan permainan dengan algoritma genetik.

Kode Program - Algoritma Rule Based

- Algoritma rule based dimulai dengan mengaplikasikan aturan logika single square dan aturan logika killer combination.
- Kedua aturan logika ini hanya diaplikasikan sekali, yaitu di awal algoritma.

```
public boolean solve()
    singleSquare():
    killerCombination();;
```

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku Kode Program -Kode Program - Algoritma Rule Based

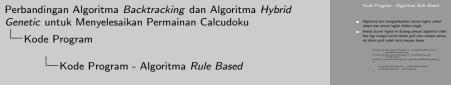
Algoritma rule based dimulai dengan mengaplikasikan aturan logika single square dan aturan logika killer combination. Kedua aturan logika ini hanya diaplikasikan sekali, yaitu di awal algoritma.

Kode Program - Algoritma Rule Based

- Algoritma lalu mengaplikasikan aturan logika *naked* subset dan aturan logika *hidden single*.
- Kedua aturan logika ini diulang sampai algoritma tidak bisa lagi mengisi sel-sel dalam grid atau sampai semua sel dalam grid sudah terisi dengan benar.

```
ArrayList<ArrayList<Integer>>> currentGridArrayList
= getGridArrayList();
ArrayList<ArrayList<Integer>>> newGridArrayList
= solveLoop();
while (! currentGridArrayList . equals (newGridArrayList))
{
...
currentGridArrayList = newGridArrayList;
newGridArrayList = solveLoop();
}
```





Algoritma lalu mengaplikasikan aturan logika *naked subset* dan aturan logika *hidden single*. Kedua aturan logika ini diulang sampai algoritma tidak bisa lagi mengisi sel-sel dalam *grid* atau sampai semua sel dalam *grid* sudah terisi dengan benar.

Kode Program - Algoritma Rule Based

- Algoritma *hybrid genetic* selesai jika semua sel dalam *grid* sudah terisi dengan benar.
- Algoritma genetik akan dimulai jika ada sel-sel di dalam grid yang masih kosong.

```
if (grid.isFilled())
{
    this.solution = grid;
    return true;
}
else
{
    return false;
}
```

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

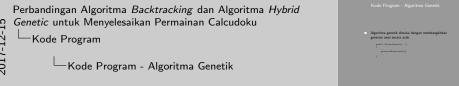
Kode Program - Algoritma Rule Based

Kode Program - Algoritma Rule Based

Algoritma *hybrid genetic* selesai jika semua sel dalam *grid* sudah terisi dengan benar. Algoritma genetik akan dimulai jika ada sel-sel di dalam *grid* yang masih kosong.

Algoritma genetik dimulai dengan membangkitkan generasi awal secara acak.

```
public SolverGenetic(...)
{
    ...
    generatePopulation();
}
```



Algoritma genetik dimulai dengan membangkitkan generasi awal secara acak.

- Setiap kromosom dalam sebuah generasi dihitung nilai kelayakannya.
- Nilai kelayakan untuk sebuah kromosom adalah jumlah sel yang sudah diisi dengan benar dibagi dengan jumlah semua sel yang ada di dalam *grid*.

Perbandingan Algoritma *Backtracking* dan Algoritma *Hybrid Genetic* untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

Kode Program - Algoritma Genetik

Setiap kromosom dalam sebuah generasi dihitung nilai kelayakannya. Nilai kelayakan untuk sebuah kromosom adalah jumlah sel yang sudah diisi dengan benar dibagi dengan jumlah semua sel yang ada di dalam *grid*.

- Algoritma selesai jika solusi ditemukan.
- Solusi adalah kromosom dengan nilai kelayakan 1.

Generation . get(j). getGrid();

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

Kode Program - Algoritma Genetik

Kode Program - Algoritma Genetik

• Algoritma seksal jila salusi ditemulan.

• Sokia alakih konosom denga nila kityisha 1.

***Transport of the Company of t

Algoritma selesai jika solusi ditemukan. Solusi adalah kromosom dengan nilai kelayakan 1.

Jika solusi tidak ditemukan, maka algoritma genetik akan membangkitkan generasi berikutnya, sampai solusi ditemukan.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

Kode Program - Algoritma Genetik

Jika solusi tidak ditemukan, maka algoritma genetik akan membangkitkan generasi berikutnya, sampai solusi ditemukan.

Generasi berikutnya dibangkitkan dari generasi sebelumnya menggunakan operator-operator algoritma genetik, seperti *elitism*, kawin silang, dan mutasi.

```
for (int i = 0; i < elitismNumber; i++)
    if (!nextGeneration.contains(currentGeneration.get(i)))
        nextGeneration.add(cloneChromosome(
                currentGeneration.get(i)));
for (int i = 0; i < mutationNumber; i++)
    Chromosome parent = randomSelection(currentGeneration);
    nextGeneration.add(mutation(parent));
for (int i = 0; i < crossoverNumber; i++)
    nextGeneration.addAll(crossover(
            random Selection (current Generation),
            randomSelection(currentGeneration)));
currentGeneration = nextGeneration;
nextGeneration = new ArrayList < Chromosome > ();
```

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Kode Program

Kode Program - Algoritma Genetik

Kode Program - Algoritma Genetik
Genesia Konkutya dhangikitan dari genesia
sholmiya menghadan qurata ngastan dagalam
sholmiya menghadan qurata ngastan dagalam
specific sholmiya dagalam dagalam
specific sholmiya dagalam dagalam
specific sholmiya dagalam dagalam
specific sholmiya dagalam dagalam
specific sholmiya dagalam
specific

Generasi berikutnya dibangkitkan dari generasi sebelumnya menggunakan operator-operator algoritma genetik, seperti *elitism*, kawin silang, dan mutasi.

Hasil Pengujian - Algoritma Backtracking

- Pengujian algoritma backtracking dilakukan pada permainan dengan grid yang berukuran 4×4 sampai dengan 8×8 .
- Hasil pengujian algoritma backtracking dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1: Hasil pengujian algoritma backtracking untuk

Calcudoku

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan
4 × 4	100%	0.067 detik
5 × 5	100%	0.701 detik
6 × 6	100%	13.84 detik
7 × 7	100%	482.653 detik
8 × 8	100%	2134.655 detik



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Backtracking

Pengujian algoritma *backtracking* dilakukan pada permainan degan *grid* berukuran 4×4 sampai dengan 8×8 . Hasil pengujian algoritma *backtracking* dapat dilihat pada Tabel 1.

- Pengujian algoritma *hybrid genetic* dilakukan pada *grid* dengan ukuran 4×4 sampai dengan 8×8 .
- Dilakukan 16 skenario pengujian.
- Nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik berbeda-beda untuk setiap skenario.
- Daftar nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik untuk setiap skenario dapat dilihat pada Tabel 2.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

Hasil Pengujian – Algoritma Hybrid Genetic

Pengujian algoritma hybrid greetic dilabahan gada gold

dingan nilama t. v. kampad dingan 8 v. k.

Dilabahan 18 kameria pengujian.

Mili dari parameter suntak algoritma genetik

kerhida bada dari patangan penguntur untak algoritma genetik

kerhida bada dari patangan penguntur untak algoritma genetik

vertak setiap demantir cantak algoritma

genetik vertak setiap demantir cantak algoritma

genetik vertak setiap demantir dapat dilabat pada Tabel 2.

dengan 8×8 . Dilakukan 16 skenario pengujian. Nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik berbeda-beda untuk setiap skenario. Daftar nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik untuk setiap skenario dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengujian algoritma hybrid genetic dilakukan pada grid dengan ukuran 4 × 4 sampai

Table 2: Nilai untuk parameter-parameter algoritma genetik untuk setiap percobaan yang dilakukan

Skenario	Populasi	Generasi	Elitism	Mutasi	Kawin Silang
1	1000	100	10%	10%	80%
2	1000	100	5%	10%	85%
3	1000	100	10%	5%	85%
4	1000	100	5%	5%	90%
5	100	100	10%	10%	80%
6	100	100	5%	10%	85%
7	100	100	10%	5%	85%
8	100	100	5%	5%	90%
9	1000	10	10%	10%	80%
10	1000	10	5%	10%	85%
11	1000	10	10%	5%	85%
12	1000	10	5%	5%	90%
13	100	10	10%	10%	80%
14	100	10	5%	10%	85%
15	100	10	10%	5%	85%
16	100	10	5%	5%	90%

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Implementasi dan Pengujian

Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic



Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 1 dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 1)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	100%	3.735 detik	3
5 × 5	42.308%	8.389 detik	9
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

	ujian algoritma ihat pada Tabel		netic untuk Skenario
	Hasil pengujian a Calcudok	lgoritma l ı (Skenari	hybrid genetic untuk
Thomas Code	701701	2002200	FOR FOR SHOOT ST
Uharan Cité	Rata Rata Tinglet Kelerbasher	Kerayatan Kerayatan	Fata Fata Johlah Sal Ditai Jigurinna Alab Kasad
Ukorun Crist 6 o 6 6 o 6	Togar Kelebada 1905 D 1975	Kera Fata Kemputan 1775 data 8 100 data	Fishs Hale Selfelt Sel Chie Signitime Rich Second
Uburun Cid E = E E = E E = E	Torper Kelerhadur 1974 U 1975 Vi	Kenaputan Semputan 3775 debb 8.507 debb	Fota Nata Zolfáh Sil Olio Rigorioma Riole Eusari 3
Ukurun Crid 5 x 5 5 x 5 5 x 5 7 x 7 2 x 3	Fide Fide Tingles Kelenhesius 100/s 10 200s 95	Kara Fata Kemputan 37 M desh 1 MH MM	Forta Water Statistics Coll. Class Signatures Alaba Especial Signature
Uhorus Crid 6 × 6 6 × 6 7 × 7 8 × 8	Rda Fida Tregist Kalenharlan 100% U. Silvis UK UK	Kerayatan Sempetan 3776 desh 3.007 desh	Fata Kala Janiah Kil Olei Sigustesa Asia Kasad 3 0
Ukurun Cid 6 x 6 5 x 5 5 x 5 7 x 7 3 x 3	Note Fide Engles Kelenhaulan 190% Un Mills Unit	Kota Fala Komputan 3770 desh 3.000 desh	With Wide Statistics Will Cited Signature Rich Elevat
Ulurum Crid	NGS Fide Tinglet Kelerkeske 1905 U Silvi Vi	Relayata Kemputan 1795 desh 1300 desh	Face Nate Tabliffs for Only Significant Rule Stand

 $\mbox{Hasil pengujian algoritma} \ \ \mbox{\it hybrid genetic} \ \mbox{\it untuk Skenario} \ \ 1 \ \mbox{\it dapat dilihat pada} \ \mbox{\it Tabel} \ \ 3.$

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 4.

Table 4: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 2)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	100%	4.183 detik	3
5 × 5	42.308%	9.258 detik	9
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

	ijan algoritma : hat pada Tabel		netic untuk Skenario
Table 4: 8	fasil pengujian a Calcudoks		hybrid genetic untuk o 2)
Uhoran CHF	Total Kelebalan	Norwega Konneten	Para You south for Disk Services Sub-Seart
15 - 5	332%		
616	Dien.	9307.00	
2525	95	-	
Auk	95		

 $\mbox{Hasil pengujian algoritma } \mbox{ } \mb$

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 3 dapat dilihat pada Tabel 5.

Table 5: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 3)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	100%	3.924 detik	3
5 × 5	42.308%	8.806 detik	9
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

	ijian algoritma hat pada Tabel		netic untuk Skenario
	Hasil pengujian a Calcudok	lgoritma l ı (Skenari	hybrid genetic untuk o 3)
Ularan Cid	Todas Scientifica	Kennes	Disk Street my Side Speed
Uhoran Crid	Tinglet Kelerbaske 1975 10-1975	Kompden 1931 desk	Disk Rigoritems Rich Reserve
Uhoran Crid	Tingles Kelerbarian 1997s Union	Komputer SEXT desh EXECUTED	Faits Male Sallich Gil Disi Rigurisma Risis Essent 3
(Shoran CAF 6 = 6 5 = 6 7 = 7 5 = 8	Togica Valerhealur SON: SON: SON: SON: SON:	Keta Fata Ketaputan 1939 debi	Folk Kala Salida Gil Olio Rigorina Role Essal
Uhoran Cid 6 × 6 7 × 7 8 × 2	Togist Kelenhasian 1995 1975 1975 1975 1975	Kara Fata Komputan 5324 desh 5336 desh	Folk Kala Salida Sal Olio Rigorinna Rala Escal A
Uhorus Crid	Torpes Kelenhanian 2005s 20 Austri 20 Austri 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	Kinsputen Komputen 5006 desh 5006 SSS	Figure Wale Andrick St. Color St. Co

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 3 dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 4 dapat dilihat pada Tabel 6.

Table 6: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 4)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	100%	4.371 detik	3
5 × 5	42.308%	9.676 detik	9
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

Hasil pengujian algoritma hybrid genetic untuk Skenario 4 dapat difihat oada Tabel 6.		
Takin f: Hasil pengujian algoritma hybrid genetic untuk Calcudoku (Skenario 4)		
Uhoran Cold Toroist Kalendrallan Kommana Disi Sandras Side Sandr		
5 x 6 100 x		
E10 00		
717 W		

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 4 dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 5 dapat dilihat pada Tabel 7.

Table 7: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 5)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	56.41%	0.48 detik	5
5 × 5	19.231%	0.311 detik	14
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

	Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
-71	Implementasi dan Pengujian
- 1 107	Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

Hamil Pengujian - Algoritma Hydrol Genetic

Hall pungujua digenina hybrid genetic untuk Shewdo
S daye elika paul Talel 7.

Trick - Hall program deprime hybrid genetic untuk
Cikoloko (Shewno) deprime hybrid genetic untuk
Cikoloko (Shewno) - Shewdon (Shewno)

- Shewnon - Shewno

 $\mbox{Hasil pengujian algoritma} \ \ \mbox{\it hybrid genetic} \ \mbox{\it untuk Skenario} \ \ \mbox{\it 5} \ \mbox{\it dapat dilihat pada} \ \mbox{\it Tabel 7}.$

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 6 dapat dilihat pada Tabel 8.

Table 8: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 6)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	56.41%	0.532 detik	5
5 × 5	19.231%	0.339 detik	14
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

	ijian algoritma hat pada Tabel		netic untuk Skenario
	Hasil pengujian a Calcudok	lgoritma I	hybrid genetic untuk o 6)
Uharan Cité	Torint Scientisia	Norwega Konneten	Para You south for Disk Services Sub-Seart
5115	9.0% 19.31%	210 del	15
2526	8	-	

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 6 dapat dilihat pada Tabel 8.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 7 dapat dilihat pada Tabel 9.

Table 9: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 7)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	56.41%	0.505 detik	5
5 × 5	19.231%	0.325 detik	14
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

	ijian algoritma hat pada Tabel		netic untuk Skenario
Table 9:	Hasil pengujian a Calcudok		hybrid genetic untuk
	Carcussia	a (SMITALE	
Uharan Chir	Tinglas Kelerhaulan	Kennes	Disk Sandray Sale Sand
15.46	M.6%	2305 mm	
515	95	-	
717 717		-	-

 $\mbox{ Hasil pengujian algoritma } \mbox{ $hybrid genetic} \mbox{ untuk Skenario 7 dapat dilihat pada Tabel 9}.$

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 8 dapat dilihat pada Tabel 10.

Table 10: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 8)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	56.41%	0.557 detik	5
5 × 5	19.231%	0.352 detik	14
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

	ijian algoritma hat pada Tabel		netic untuk Skenario
	Hasil pengujian : Calcudok		hybrid genetic untsk s 8)
Uhoran Chir	Torint Scientisia	Norwega Konneten	Para You south for Disk Services Sub-Seart
111	M.G% 193175	2107 day	1.
7.07	×		
111	95	-	-

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 8 dapat dilihat pada Tabel 10.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 9 dapat dilihat pada Tabel 11.

Table 11: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 9)

Ukuran <i>Grid</i>	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	33.333%	0.457 detik	7
5 × 5	15.385%	0.487 detik	15
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid
Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

	ijian algoritma hat pada Tabel		netic untuk Skenario
	Hasil pengujian	algoritma	hybrid genetic untuk
	Calcudok	ı (Skenari	9)
Uhoran Cité	Tinglat Kelerhaulan	Kemputan	Disk Rigoritma Rick Easter
Uhoran CAF	Tinglet Kelerhesler 15.1175	Kempatan 0.00 desh	
Show Cit		SAUT desh SAUT desh	Olici Rigoritema Alaila Essand
S = 6 S = 6 S = 6		Sattleban Sattleban Sattleban -	
Electric Cold		SAST della SAST della SAST della	
10 mm Crid		Kemputan SAST desh SAST desh	
Uhoran Cid		200 dels 200 dels	
Sharan Edd		Konsputen SAST deals SAST deals 	
Thoras CAF		Komputan SAST desk SAST SESS	
1 thoras C4F		5.00 deb 0.00 deb 	
S = 6 S = 6 S = 6 S = 6 T = 7 T = 8 T =		Komputan SAST deab SAST MINI	

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 9 dapat dilihat pada Tabel 11.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 10 dapat dilihat pada Tabel 12.

Table 12: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 10)

Ukuran Grid	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	33.333%	0.457 detik	7
5 × 5	15.385%	0.487 detik	15
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Hybrid Genetic</i> untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku	
Implementasi dan Pengujian	
Hasil Pengujian - Algoritma <i>Hybrid Genetic</i>	

Hamil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

Raul pengujian algorima lybid genetic untuk Shenako
10 dayat efinik pala Takel IZ

Take 1. Heal pengujian algorima lybid genetic untuk
Shenako
10 dayat efinik pala Takel IZ

Take 1. Heal pengujian algorima lybid genetic untuk
Shenako
10 dayat efinik pala dayat efinik pala dayat untuk
10 dayat efinik pala dayat efinik pala dayat untuk
10 dayat efinik pala dayat e

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 10 dapat dilihat pada Tabel 12.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 11 dapat dilihat pada Tabel 13.

Table 13: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 11)

Ukuran Grid	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	33.333%	0.457 detik	7
5 × 5	15.385%	0.487 detik	15
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Hybrid Genetic</i> untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 11 dapat dilihat pada Tabel 13.



Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 12 dapat dilihat pada Tabel 14.

Table 14: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 12)

Ukuran Grid	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	33.333%	0.457 detik	7
5 × 5	15.385%	0.487 detik	15
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

2	Perbandingan Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Hybrid Genetic</i> untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
-71	Implementasi dan Pengujian
-1107	Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic



Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 12 dapat dilihat pada Tabel 14.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 13 dapat dilihat pada Tabel 15.

Table 15: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 13)

Ukuran Grid	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	23.077%	0.048 detik	9
5 × 5	15.385%	0.077 detik	15
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Hybrid Genetic</i> untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

Hasil pengujian algoritma hybrid genetic untuk Skenario 13 dapat dilihat pada Tabel 15.				
Table 15: Hasil pengujan algoritma hybrid genetic untuk Calcudoku (Skenario 13)				
Uhoran Cital	Toutes Extended to Con-			
Ulteran Citi	Tingles Kelerhesler	Kemputan 2201 drah	Olai Kigurlama Rala Essani	
Ultiman Crisi E 11 E		Kemputan 5308 desh 5207 desh	Disi Kigotima Role Easted 0 13	
Uhoran Citi E 1 E E 1 E		Keraputan 0200 desh 0200 desh	Olic Rigoritms Rate Essent U 11	
Uhoran Chif		Konspalan SSSI disk SSSI disk	Did Eguitme field Faunt	

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 13 dapat dilihat pada Tabel 15.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 14 dapat dilihat pada Tabel 16.

Table 16: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 14)

Ukuran Grid	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	23.077%	0.048 detik	9
5 × 5	15.385%	0.077 detik	15
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Hybrid Genetic</i> untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementasi dan Pengujian
Hasil Pengujian - Algoritma Hybrid Genetic

	Hasil pengujian algoritma hybrid genetic untuk Skenario 14 dapat dilihat pada Tabel 16.					
	Table 16: Hasil pengujian algoritma hybrid genetic untuk Galcudoku (Stenario 14)					
	Total Total	10000000	TOTAL SECTION AND ADDRESS OF			
S = S	Tinglet Kelerbesler 25.07% 15.00%	Scoopelan SSSI desh SSSI desh	Old Signitims Rule Essent			
Uhorun Cidi 6 + 6 6 + 6 7 + 7	Tinglet Kelerhesler 20.07% 10.00%	220 deb 220 deb	Disi Kigorisma Rale Kasari			
Ultiman Cold	Toglet Kelerkeiler 25.07% 10.00% 20. 20.	538 445 927 848	Othi Rigoritma Rale Essad			
10 d d d d d d d d d d d d d d d d d d d	Togist Kelerkuslan 20.27% 10.20% 5% 5%	228 6th	Olic Rigarisma Role Fasad			
Uhran Cid	Toglet Kelenbushen 26 M7th 18 M8th 95 95	558 444 927 845	Olic Rigotheau Rich Eleand			

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 14 dapat dilihat pada Tabel 16.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 15 dapat dilihat pada Tabel 17.

Table 17: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 15)

Ukuran Grid	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	23.077%	0.048 detik	9
5 × 5	15.385%	0.077 detik	15
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

~	Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Hybrid</i> Menyelesaikan Permainan Calcudoku
Implementa	si dan Pengujian
└─Has	il Pengujian - Algoritma <i>Hybrid Genetic</i>

	Hasil pengujian algoritma hybrid genetic untuk Skenario 15 daeat dilihat nada Tabel 17.				
Table 17: Hasil pengujian algoritma hybrid genetic untuk					
	Calcudoks				
Table 17: Uhrun Did		(Skenario			
	Calcudoks	(Skenario	15)		
	Calcudoks Residus Tegin Kelebala	(Skenario	15)		
	Calcudoks Residus Tegin Kelebala	(Skenario	15)		
	Calcudoks Residus Tegin Kelebala	(Skenario	15)		
	Calcudoks Residus Tegin Kelebala	(Skenario	15)		

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 15 dapat dilihat pada Tabel 17.

Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 16 dapat dilihat pada Tabel 18.

Table 18: Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Calcudoku (Skenario 16)

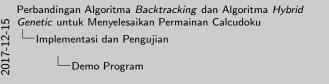
Ukuran Grid	Rata-Rata Tingkat Keberhasilan	Rata-Rata Kecepatan	Rata-Rata Jumlah Sel Diisi Algoritma <i>Rule Based</i>
4 × 4	23.077%	0.048 detik	9
5 × 5	15.385%	0.077 detik	15
6 × 6	0%	-	-
7 × 7	0%	-	-
8 × 8	0%	-	-

Perbandingan Algoritma <i>Backtracking</i> dan Algoritma <i>Genetic</i> untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku	Hybrid
Implementasi dan Pengujian	
Hasil Pengujian - Algoritma <i>Hybrid Genet</i>	ic



Hasil pengujian algoritma *hybrid genetic* untuk Skenario 16 dapat dilihat pada Tabel 18.

Demo Program



Demo Program

Simpulan

- Perangkat lunak permainan teka-teki Calcudoku dengan dua solver, yaitu solver dengan algoritma backtracking dan solver dengan algoritma hybrid genetic, berhasil dibuat.
- Algoritma backtracking dapat menyelesaikan semua permainan yang diujikan, tetapi pada ukuran grid yang besar, algoritma backtracking sangat lambat dalam menyelesaikan permainan.
- Ada kemungkinan algoritma hybrid genetic gagal dalam menyelesaikan permainan karena sifat acak dari algoritma hybrid genetic ini. Semakin besar ukuran grid, maka kemungkinan algoritma hybrid genetic gagal dalam menyelesaikan permainan semakin besar.



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku Simpulan dan Saran

-Simpulan

Perangkat lunak permainan teka-teki Calcudoku dengan dua solver, yaitu solver dengan algoritma backtracking dan solver dengan algoritma hybrid genetic, berhasil dibuat. Perangkat lunak ini menerima input berupa soal teka-teki dan mampu menyelesaikan soal teka-teki tersebut menggunakan algoritma backtracking dan hybrid genetic.

Algoritma backtracking dapat menyelesaikan semua permainan yang diujikan, tetapi pada ukuran grid yang besar, algoritma backtracking sangat lambat dalam menyelesaikan permainan.

Ada kemungkinan algoritma hybrid genetic gagal dalam menyelesaikan permainan karena sifat acak dari algoritma hybrid genetic ini. Semakin besar ukuran grid, maka kemungkinan algoritma hybrid genetic gagal dalam menyelesaikan permainan semakin besar.

Simpulan

- Pada ukuran *grid* yang kecil, algoritma *hybrid genetic* cenderung menyelesaikan permainan lebih lambat daripada algoritma *backtracking*.
- Pada ukuran *grid* yang besar, algoritma *hybrid genetic* mungkin mampu menyelesaikan permainan lebih cepat daripada algoritma *backtracking*, tetapi hal ini tidak dapat dibuktikan karena algoritma *hybrid genetic* gagal dalam menyelesaikan permainan dengan ukuran *grid* yang besar.
- Banyaknya sel yang diisi dalam tahap algoritma *rule* based dan nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik mempengaruhi kecepatan dan tingkat keberhasilan algoritma *hybrid genetic* dalam menyelesaikan permainan.



Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Simpulan dan Saran

-Simpulan

npulan

Pada ukuran grid yang kecil, algoritma hybrid geneti cenderung menyelesalkan permainan lebih lambat darinada aleoritma hardrracking

Pada ukuran grid yang basar, algoritma hybrid genetis mungkin mampu menyelesaikan permainan lebih cepat daripada algoritma backtracking, tetapi hal ini tidak dapat dibuktikan karma algoritma hybrid genetic gagi dalam menyelesaikan permainan dengan ukuran grid yans beseri.

> Banyaknya sel yang disi dalam tahap algoritma nuk based dan nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik mempengaruhi kecepatan dan ting keberhasilan algoritma hybrid genetic dalam menyelesaikan permainan.

Pada ukuran *grid* yang kecil, algoritma *hybrid genetic* cenderung menyelesaikan permainan lebih lambat daripada algoritma *backtracking*. Tetapi, pada ukuran *grid* yang besar, algoritma *hybrid genetic* mungkin mampu menyelesaikan permainan lebih cepat daripada algoritma *backtracking*, tetapi hal ini tidak dapat dibuktikan karena algoritma *hybrid genetic* gagal dalam menyelesaikan permainan dengan ukuran *grid* yang besar.

Banyaknya sel yang diisi dalam tahap algoritma *rule based* dan nilai dari parameter-parameter untuk algoritma genetik mempengaruhi kecepatan dan keberhasilan algoritma *hybrid genetic* dalam menyelesaikan permainan.

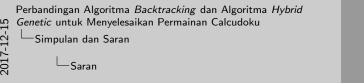
Semakin banyak sel yang diisi dalam tahap algoritma *rule based*, semakin besar juga kemungkinan algoritma genetik untuk berhasil dalam menyelesaikan permainan dan semakin cepat algoritma genetik dalam menyelesaikan permainan.

Semakin besar populasi dalam sebuah generasi sampai ke titik tertentu, dan semakin banyak generasi sampai ke titik tertentu, maka semakin besar juga kemungkinan algoritma *hybrid genetic* berhasil dalam menyelesaikan permainan. Semakin besar tingkat *elitism* dan tingkat mutasi sampai ke titik tertentu, maka semakin cepat juga algoritma *hybrid genetic* dalam menyelesaikan permainan.

Saran

- Memperbaiki GUI dari perangkat lunak ini agar petunjuk dapat ditampilkan sebagaimana mestinya.
- Menambah aturan-aturan logika untuk algoritma rule based, misalnya aturan naked subset untuk cage yang berukuran lebih besar dari 3 sel, aturan hidden subset untuk cage yang berukuran lebih besar dari 2 sel, aturan killer combination untuk cage yang berukuran lebih besar dari 2 sel.
- Memperbaiki algoritma genetik, misalnya proses pemberian nilai kelayakan untuk kromosom, proses pemilihan kromosom untuk kawin silang dan mutasi, proses *elitism*, proses kawin silang, dan proses mutasi.





Memperbaiki GUI dari perangkat lunak ini agar petunjuk, yaitu angka tujuan dan operasi matematika yang ditentukan untuk sebuah *cage*, dapat ditampilkan sebagaimana mestinya, yaitu pada di sudut kiri atas sel yang paling atas dan yang paling kiri dalam *cage* tersebut.

Menambah aturan-aturan logika untuk algoritma *rule based*, misalnya aturan *naked subset* untuk *cage* yang berukuran lebih besar dari 3 sel, aturan *hidden subset* untuk *cage* yang berukuran lebih besar dari 2 sel, aturan *killer* combination untuk *cage* yang berukuran lebih besar dari 2 sel, dan aturan *evil twin* untuk *cage* yang berukuran minimal 2 sel. Dengan menambah aturan-aturan logika untuk algoritma *rule based*. Diharapkan, dengan menambah aturan-aturan logika untuk algoritma *rule based*, maka tingkat kesuksesan algoritma *hybrid genetic* dalam menyelesaikan permainan Calcudoku dapat meningkat.

Memperbaiki algoritma genetik, misalnya proses pemberian nilai kelayakan untuk kromosom, proses pemilihan kromosom untuk kawin silang dan mutasi, proses *elitism*, proses kawin silang, dan proses mutasi, sehingga tingkat kesuksesan algoritma *hybrid genetic* dalam menyelesaikan permainan Calcudoku dapat meningkat.

Daftar Pustaka

- Asanilta Fahda, KenKen Puzzle Solver using
 Backtracking Algorithm, Makalah IF2211 Strategi
 Algoritma Semester II Tahun 2014/2015, Program
 Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro
 dan Informatika, Institut Teknologi Bandung 2015.
- Olivia Johanna, Samuel Lukas, Kie Van Ivanky Saputra, Solving and Modeling Ken-ken Puzzle by Using Hybrid Genetics Algorithm, 1st International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD 2012), Faculty of Engineering and Faculty of Computer Science, Bandar Lampung University, 2012.

Perbandingan Algoritma Backtracking dan Algoritma Hybrid Genetic untuk Menyelesaikan Permainan Calcudoku

Daftar Pustaka

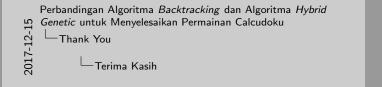
Daftar Pustaka

aftar Pustaka

P. Asanita Fahda, KenKen Fuzzle Solver using Backtzacking Algorithm, Makathi IF2211 Strata Algoritma - Semester II Tahun 2014/2015, Prop Studi Teknik Informatika, Sakelah Teknik Elektri dan Informatika, Institut Tehnologi Bandung 20 Diliki Ishanan, Samuel Ishaw Ken Jahan Landan

dan Informatika, Institut Tskinologi Bandung 201
Olivia Johanna, Samuel Lukas, Kie Van Ivanky
Saputra, Sohing and Modeling Ken-ken Puzzie I Using Hybrid Genetics Algorithm. 1st Internation Conference on Engineering and Technology Development (VCETD 2012), Faculty of Engineer and Faculty of Computer Science, Bandar Lamp. University, 2012 Terima Kasih

Ada pertanyaan?



Ada pertanyaan?

←□ → ←□ → ←□ → □ → へ○