

SKRIPSI

SUDOKU SOLVER BERBASIS SISTEM MULTI AGEN



Wych Dewangga

NPM: 2012730038

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2018

UNDERGRADUATE THESIS

MULTI AGENT SYSTEM BASED SUDOKU SOLVER



Wych Dewangga

NPM: 2012730038

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2018**



LEMBAR PENGESAHAN

SUDOKU SOLVER BERBASIS SISTEM MULTI AGEN

Wych Dewangga

NPM: 2012730038

Bandung, 10 Desember 2018

Menyetujui,

Pembimbing

Dr.rer.nat. Cecilia Esti Nugraheni

Ketua Tim Penguji

Natalia, M.Si.

Anggota Tim Penguji

Kristopher David Harjono, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng



PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

SUDOKU SOLVER BERBASIS SISTEM MULTI AGEN

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 10 Desember 2018



Wych Dewangga
NPM: 2012730038

ABSTRAK

Sudoku adalah jenis permainan logika yang bertujuan untuk mengisi angka 1 hingga 9 dalam suatu kotak ukuran 9×9 . Kotak ini memiliki 9 sub-kotak dengan ukuran 3×3 sel. Permainan ini memiliki syarat dan ketentuan: tidak ada angka yang berulang di setiap baris, kolom atau sub-kotak.

Banyak metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan Sudoku. Satu pendekatan untuk menyelesaikan Sudoku yang diusulkan oleh Nugraheni et.al. adalah untuk memodelkan Sudoku sebagai sebuah *Block World Problem (BWP)*. BWP adalah masalah mengubah pengaturan satu set kotak dari pengaturan awal menjadi pengaturan baru oleh sejumlah robot. BWP dapat dilihat sebagai sebuah Sistem Multi-Agen, dimana agen adalah robot yang bertugas mengubah pengaturan kotak.

Skripsi ini bertujuan untuk membangun sebuah solver atau perangkat lunak yang bisa digunakan untuk memecahkan teka-teki Sudoku. Solver ini dikembangkan dengan mengikuti pendekatan yang diusulkan oleh Nugraheni et.al. yaitu pemodelan Sudoku sebagai BWP. Dalam mengimplementasikan solver, implementasi kerangka kerja JASON yang mendukung Sistem Multi-Agen digunakan. Solver telah berhasil dibuat dan telah diuji secara fungsional. Dari eksperimen yang telah dilakukan, hasilnya menunjukkan bahwa jumlah sel kosong dan tingkat teka-teki Sudoku memiliki efek pada waktu yang dibutuhkan dan jumlah komunikasi antara agen untuk memecahkan teka-teki Sudoku.

Kata-kata kunci: Sudoku Solver Berbasis Sistem Multi Agen, Sudoku, JASON

ABSTRACT

Sudoku is a type of logic game that aims to fill in the numbers 1 through 9 in a 9×9 box. This box has 9 sub-boxes with the size of 3×3 cells. This game has terms and conditions: there are no repeated numbers on every row, column, and sub-box.

Many methods can be used for solving Sudoku. One approach for solving Sudoku proposed by Nugraheni et.al. is to model Sudoku as a Block World Problem (BWP). BWP is the problem of changing the arrangement of a set of boxes from the initial arrangement into a new arrangement by a number of robots. BWP can be seen as a Multi-Agent System, where the agents are the robots that in charge of changing the arrangement of the boxes.

This thesis aims to build a solver or software that can be used to solve Sudoku puzzles. This Solver is developed by following the approach proposed by Nugraheni et.al, namely modeling Sudoku as BWP. In implementing the solver, implementation the JASON framework that supports Multi-Agent Systems is used. The solver has been successfully built and has been functionally tested. From the experiments that have been carried out, the results show that the number of empty cells and the level of Sudoku puzzle have an effect on the required time and the number of communication between agents for solving Sudoku puzzles.

Keywords: Multi Agent System Based Sudoku Solver, Sudoku, JASON

Buku ini dipersembahkan kepada Tuhan, keluarga, sahabat, dosen pembimbing, orang-orang yang berperan dalam pembuatan skripsi ini...

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Oleh karena kasih-Nya penulis diberi kesempatan untuk meraih gelar sarjana dari Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan.

Skripsi berjudul "Sudoku Solver Berbasis Sistem Multi-Agen" ini dibuat sebagai tugas akhir dan persyaratan untuk dapat menyandang gelar sarjana. Pemilihan topik ini didasari minat penulis dalam penelitian dibidang ilmu komputer.

Selama menempuh kuliah terutama saat pembuatan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dari banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin berterima kasih kepada pihak - pihak yang telah mendukung penulis:

1. Ibu Cecilia Esti Nugraheni sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Mariskha Tri Adhitia sebagai dosen pembimbing pada skripsi 1.
3. Ibu Natalia dan Bapak Kristopher sebagai dosen - dosen penguji pada skripsi 2 yang telah memberi banyak kritik dan saran bagi perbaikan skripsi ini.
4. Orang Tua penulis yang telah mencurahkan waktu, tenaga, materi, doa, dan kasih sayang kepada penulis sampai mendapatkan gelar sarjana.
5. Esthe Evan sebagai saudara dari penulis yang selalu mengerjakan skripsi bersama sampai subuh.
6. Yanuar G.S. sebagai teman seperjuangan yang telah banyak membantu penulis dalam pembuatan skripsi ini.
7. Tevin O.T. sebagai teman yang selalu memberikan dukungan selama mengerjakan skripsi.
8. Teman - teman "Pejuang" (Venny, Chintia, Florence, dan Christine) yang telah banyak membantu penulis saat mengerjakan hingga subuh.
9. Teman - teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis dalam doa dan semangat sampai skripsi ini selesai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan kemajuan penulis. Semoga skripsi ini dapat memberi informasi dan bermanfaat dan menjadi inspirasi untuk penelitian- penelitian berikutnya.

Bandung, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
2 DASAR TEORI	5
2.1 Sudoku	5
2.2 <i>Block World Problem (BWP)</i>	6
2.3 Pemodelan Sudoku Sebagai <i>Block World Problem (BWP)</i>	9
2.4 Sistem Multi Agen	13
2.4.1 Agen	13
2.4.2 Karakteristik SMA	14
2.5 <i>Framework JASON</i>	14
2.5.1 Deskripsi <i>JASON</i>	14
2.5.2 Perintah Komunikasi antar Agen	17
2.5.3 Contoh Program <i>JASON</i>	17
3 ANALISIS	21
3.1 Analisis Sudoku	21
3.2 Analisis <i>Block World Problem</i>	21
3.3 Analisis <i>Framework JASON</i>	22
3.4 Analisis <i>BWP Model 1</i>	23
3.5 Analisis Visualisasi	24
3.6 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	25
3.6.1 Deskripsi Perangkat Lunak	25
3.6.2 Analisis <i>Data Flow Diagram</i>	25
4 PERANCANGAN	27
4.1 Perancangan Antarmuka Pengguna	27
4.2 Perancangan Cara Kerja Perangkat Lunak	28
4.3 Diagram Kelas	31
4.3.1 <i>File .mas2j</i>	31

4.3.2	<i>File .asl</i>	32
4.3.3	<i>File .java</i>	33
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	37
5.1	Implementasi	37
5.1.1	Perangkat Keras untuk Implementasi	37
5.1.2	Perangkat Lunak untuk Implementasi	37
5.1.3	Hasil Implementasi	37
5.2	Pengujian	39
5.2.1	Pengujian Fungsional	39
5.2.2	Pengujian Eksperimental	41
6	KESIMPULAN DAN SARAN	43
6.1	Kesimpulan	43
6.2	Saran	43
	DAFTAR REFERENSI	45
	A KODE PROGRAM	47
	B HASIL EKSPERIMEN	55

DAFTAR GAMBAR

1.1	Contoh permainan Sudoku	1
1.2	Contoh BWP	2
2.1	Istilah yang digunakan dalam permainan Sudoku.	5
2.2	Contoh (a)Soal Sudoku, dan (b) Hasil Sudoku	6
2.3	Contoh BWP	6
2.4	langkah 1	7
2.5	langkah 2	7
2.6	langkah 3	7
2.7	langkah 4	8
2.8	langkah 5	8
2.9	langkah 6	8
2.10	langkah 7	9
2.11	Contoh BWP model 1 dengan backtrack	9
2.12	Contoh BWP model 2 dengan syarat posisi yang valid	10
2.13	Contoh BWP model 3 dengan posisi valid	11
2.14	Contoh BWP model 4	11
2.15	Interaksi agen terhadap lingkungan	13
2.16	Contoh pemodelan beberapa agen dalam 1 lingkungan	14
2.17	Contoh JEdit untuk framework JASON	15
2.18	Contoh <i>file</i> mas2j	16
2.19	Contoh <i>file</i> ASL pada JASON	16
2.20	Flowchart Robot 1 " <i>Cleaning Robot Problem</i> "	18
2.21	<i>Cleaning Robot Problem</i>	19
2.22	Potongan Program Robot 1 " <i>Cleaning Robot Problem</i> "	19
2.23	Isi <i>file</i> .asl Robot 2 " <i>Cleaning Robot Problem</i> "	20
2.24	Contoh Komunikasi yang terjadi pada " <i>Cleaning Robot Problem</i> "	20
3.1	Contoh <i>Logging</i> Cleaning-Robot problem	22
3.2	Cleaning- Robot Problem	23
3.3	Contoh Visualisasi papan yang akan ditampilkan	24
3.4	DFD Level 0	25
3.5	DFD Level 1	26
4.1	Tampilan Box Input untuk Memilih Soal	27
4.2	Perancangan awal permainan sudoku	28
4.3	<i>Flowchart Cleaning-Robot Problem</i>	28
4.4	<i>Flowchart</i> Robot 1 Sudoku <i>Solver</i> berbasis Sistem Multi Agen	29
4.5	<i>Flowchart</i> Robot 2 Sudoku <i>Solver</i> berbasis Sistem Multi Agen	30
4.6	Langkah <i>backtrack</i> yang dilakukan oleh agen pada soal Sudoku.	30
4.7	Diagram kelas Sudoku <i>solver</i>	31
4.8	Contoh kelas mars.mas2j	32
4.9	Contoh <i>file</i> .asl (modifikasi)	32

4.10	Kelas Diagram MarsView	33
4.11	Kelas Diagram MarsEnv	33
4.12	Kelas Diagram MarsModel	34
5.1	Pemodelan soal Sudoku pada <i>framework</i> JASON	38
5.2	Contoh komunikasi antar agen	39
5.3	Jawaban hasil implementasi soal Sudoku	40
5.4	Contoh penyelesaian soal sudoku yang lain	40
5.5	Contoh <i>file</i> .txt yang digunakan	41
5.6	Hasil Visualisasi <i>file</i> Junior 1-2 .txt	42
B.1	Hasil Soal 1	55
B.2	Hasil Soal 2	56
B.3	Contoh Hasil Komunikasi Antar Agen	57
B.4	<i>File</i> .txt yang digunakan	58
B.5	Soal Junior 1-2	59
B.6	Soal Junior 2-35	60
B.7	Soal Junior 3-2	61
B.8	Soal Junior 1-8	62
B.9	Soal Junior 3-1	63
B.10	Soal Medium 1-1	64
B.11	Soal Medium 5	65

DAFTAR TABEL

5.1 Tabel Pengujian Eksperimental	41
---	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sudoku adalah permainan logika yang bertujuan untuk meletakkan angka 1 sampai 9 pada sebuah kotak yang berukuran 9×9 (Gambar 2.1). Permainan ini terdiri dari 9 sub-kotak berukuran 3×3 . Permainan sudoku tidak boleh melakukan pengulangan angka pada baris, kolom, dan sub-kotak yang sudah ada atau sudah ditentukan.[1]

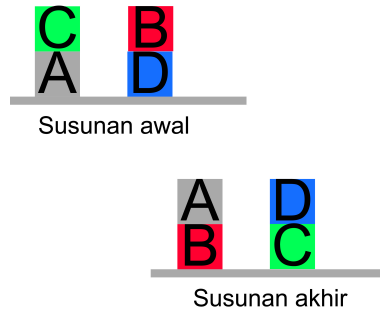
3	4	9	6	8	1	7	5	2
5	6	7	2	3	9	8	1	4
1	2	8	7	4	5	3	6	9
6	7	3	9	1	8	4	2	5
8	9	4	3	5	2	6	7	1
2	1	5	4	6	7	9	3	8
7	5	2	8	9	3	1	4	6
4	8	1	5	7	6	2	9	3
9	3	6	1	2	4	5	8	7

Gambar 1.1: Contoh permainan Sudoku

Banyak teknik, algoritma, atau pendekatan yang diusulkan untuk menyelesaikan permainan Sudoku. Beberapa teknik yang diusulkan seperti algoritma *backtracking*, *integer programming*, algoritma genetik, dan lain-lain.

Referensi yang berjudul "*Block World Problem Based Sudoku Solver*" yang dibuat oleh C.E. Nugraheni dan L. Abednego [2] mengusulkan sebuah pendekatan untuk mencari solusi pada permainan Sudoku. Permainan Sudoku akan dimodelkan sebagai *Block World Problem* (BWP). Dalam teknik BWP akan diberikan dua buah robot dan sekumpulan kotak di atas meja, dengan permasalahan BWP yaitu bagaimana kedua robot dapat bekerja sama untuk mengubah susunan kotak dari pengaturan susunan awal menjadi pengaturan susunan akhir. Contoh BWP diberikan pada Gambar 2.3.

Sudoku sebagai BWP akan dimodelkan sebagai angka- angka yang dianggap sebagai kotak yang memiliki nomor. Dalam pemodelan papan Sudoku sebagai sebuah area di atas kotak kosong yang berbentuk *array* dua dimensi berukuran $N \times N$. Pada kondisi awal sebagian kotak sudah berada di area atas, dan kotak lain diletakkan di area luar. Robot yang bertugas untuk meletakkan kotak yang masih berada di luar area akan membawa kotak ke papan permainan sedemikian rupa sehingga memenuhi aturan permainan Sudoku. Pada referensi "*Block World Problem Based Sudoku Solver*"[2] diusulkan 4 model pendekatan untuk menyelesaikan Sudoku berbasis BWP. BWP model pertama menggunakan bantuan dua robot dengan tugas dan fungsi yang berbeda. Robot pertama untuk mencari kotak di luar area yang dapat diletakkan di area, sementara robot kedua bertugas untuk mengambil kotak yang berada di area dan meletakkannya di luar area.



Gambar 1.2: Contoh BWP

Model kedua dan ketiga menggunakan sembilan robot dengan tugas yang sama. Masing- masing robot bertugas untuk bertanggung jawab pada nomor 1 sampai 9 dan bertugas untuk meletakkan kotak yang sesuai dengan nomornya ke area. Untuk pengaturan giliran kapan robot bekerja digunakan beberapa skenario yang berbeda. Perbedaan model kedua dan ketiga adalah dalam penentuan posisi valid saat robot akan menaruh kotak pada papan permainan.

Sistem Multi Agen (SMA) adalah sistem yang terdiri dari beberapa elemen komputasi yang saling berinteraksi, yang dikenal sebagai agen. Agen adalah sistem komputer dengan kemampuan khusus. Pertama, agen mampu melakukan tindakan otonom yaitu memutuskan sendiri apa yang harus mereka lakukan. Kedua, agen mampu berinteraksi (komunikasi, koordinasi, negosiasi) dengan agen lain. Saat ini tersedia beberapa *framework* yang dapat mendukung pengembangan SMA. Salah satu *framework* SMA yang akan dipakai adalah JASON.

Salah satu contoh pada *framework* JASON yang dapat dilakukan pemodelan sebagai BWP adalah *Cleaning-Robot Problem*. *Cleaning robot* memiliki dua robot yang bertugas untuk membersihkan sampah yang dimodelkan sebagai sebuah *obstacle*. Contoh ini dapat dilakukan modifikasi dan dapat dimodelkan sebagai permainan Sudoku.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan Sudoku *solver* berbasis sistem multi agen dengan cara implementasi pada *framework* JASON. Implementasi yang dilakukan dengan menggunakan model pertama dari modifikasi BWP yang telah ada. Pengembangan ini merupakan pemindahan dari BWP ke *framework* JASON, dengan cara mempelajari penyelesaian sudoku, studi tentang BWP, dan studi *literatur* tentang *framework* JASON.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara kerja dari *Sudoku Solver* berbasis BWP?
2. Bagaimana arsitektur SMA yang cocok untuk *Sudoku Solver* berbasis BWP?
3. Bagaimana mengimplementasikan *Sudoku Solver* berbasis BWP dengan *framework* JASON?

1.3 Tujuan

Tujuan- tujuan yang ingin dicapai melalui penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari cara kerja dari *Sudoku Solver* berbasis BWP.
2. Merancang arsitektur SMA yang cocok untuk *Sudoku Solver* berbasis BWP.
3. Mengembangkan *Sudoku Solver* berbasis BWP dengan *framework* JASON.

1.4 Batasan Masalah

Batasan yang dibuat terkait dengan pengerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. *Framework* yang akan digunakan adalah JASON.
2. Menggunakan model ke-1 pada BWP yang telah diusulkan, dengan 2 robot yang memiliki tugas berbeda.
3. Input soal dilakukan secara manual.
4. Asumsi setiap soal yang diberikan adalah soal yang valid.

1.5 Metodologi

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan studi mengenai teknik BWP dan permainan Sudoku.
2. Melakukan studi literatur tentang *framework* JASON.
3. Mempelajari program *Sudoku Solver* yang sudah ada.
4. Memodifikasi dan implementasi arsitektur dan komunikasi antar agen dengan *framework* JASON.
5. Menulis dokumen skripsi.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dari setiap bab pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Pendahuluan
Bab 1 berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian (metodologi), dan sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun skripsi.
2. Dasar Teori
Bab 2 berisikan teori- teori yang dibutuhkan dalam pembuatan skripsi, seperti teori sudoku, teori BWP, pemodelan sudoku sebagai BWP, sistem multi agen, dan framework JASON.
3. Analisis
Bab 3 berisikan analisis yang dilakukan seperti analisis sudoku, analisis BWP, analisis *framework* JASON, analisis BWP model 1, analisis visualisasi, dan analisis kebutuhan perangkat lunak.
4. Perancangan
Bab 4 berisikan perancangan user interface, perancangan cara kerja perangkat lunak dan diagram kelas.
5. Implementasi dan Pengujian
Bab 5 berisikan implementasi dan pengujian pada *framework* JASON. Pengujian dilakukan terhadap BWP model 1 berupa pengujian fungsional dan pengujian eksperimental, untuk soal-soal sudoku.
6. Kesimpulan dan Saran
Bab 6 berisikan kesimpulan dari hasil pembuatan perangkat lunak beserta saran untuk pengembangan berikutnya.