

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI DAN APLIKASI TEKNOLOGI DI INDUSTRI

MALANG, 4 FEBRUARI 2017

BUKU 1

Diselenggarakan Oleh

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
MALANG
2017**

Kata Pengantar

Ketua Panitia Pelaksana SENIATI 2017

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.
Salam sejahtera bagi kita semua.*

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas hidayah-NYA maka Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi Di Industri (SENIATI) 2017 dapat terselenggara. SENIATI merupakan kegiatan yang diselenggarakan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang secara rutin setiap tahun. Pada tahun 2017 ini, SENIATI dilaksanakan tanggal 4 Februari 2017 dengan mengusung tema *Inovasi dan Implementasi Green Technology Menuju Kemandirian Energi*. Pelaksanaan seminar ini merupakan wadah publikasi para peneliti baik dilingkungan institusi pendidikan maupun badan penelitian sehingga dapat saling bertukar informasi dan pengalaman penelitian. Hal ini yang menjadi dasar terselenggaranya seminar nasional SENIATI

Pada seminar kali ini, peserta berasal dari kalangan peneliti dari berbagai macam disiplin ilmu hadir membawakan makalah. Diharapkan transfer teknologi dapat menambah wawasan dan kasanah penelitian dalam pemanfaatan sumber alam di Indonesia berbasis *Green Technology*.

Terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah berpartisipasi aktif dalam seminar ini, pendukung dana, narasumber, pemakalah, peserta seminar dan panitia pelaksana sehingga acara SENIATI 2017 terselenggara dengan baik.

Kami menyadari bahwa dalam penyelenggaraan seminar ini masih terdapat banyak kekurangan. Kami memohon maaf yang sebesar-besarnya dan berharap pelaksanaan seminar selanjutnya berjalan lebih baik lagi. Untuk itu, kami sangat mengharap umpan balik berupa saran dan kritik dari semua yang hadir.

Akhir kata, kami sampaikan terima atas kehadiran dan partisipasinya. Sebagai penutup kami mengucapkan selamat mengikuti Seminar Nasional SENIATI 2017 kepada seluruh peserta.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Malang, Februari 2017
Ketua Panitia Pelaksana

Dr. Nanik Astuti Rahman, ST. MT.

***SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG***

Peserta Seminar Nasional SENIATI 2017 yang kami hormati,
Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh,
Salam sejahtera untuk kita semua,

Puji syukur kita haturkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena berkat rahmat dan karuniaNya, Seminar Nasional SENIATI 2017 dengan Tema “ Inovasi dan Implementasi Green Technology menuju kemandirian Energi”, dapat diselenggarakan.

Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI) merupakan kegiatan rutin dari Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang, yang diselenggarakan setiap tahun. Seminar Nasional ini diharapkan dapat digunakan sebagai sarana para akademisi, praktisi, masyarakat pemerhati di bidang teknologi industri, pemerintah dan industri dalam menyampaikan hasil-hasil penelitian dan pengabdian masyarakat di bidang teknologi industri.

Atas nama civitas akademika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang, saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi atas terselenggaranya seminar nasional SENIATI 2017 ini. Seminar ini dapat berlangsung karena usaha terbaik dari seluruh panitia pelaksana.

Terima kasih saya sampaikan kepada Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa, M.Sc selaku Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat KEMENRISTEK DIKTI dan Prof. Ir. Rinaldy Dalimi, M.Sc,Phd selaku anggota Dewan Energi Nasional yang berkenan hadir sebagai keynote speaker pada seminar ini.

Akhir kata selamat berseminar semoga seminar ini bermanfaat bagi kita semua untuk berkarya dan berinovasi menuju kemandirian energi.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.

Malang, 4 Februari 2017
Dekan,

Dr. F. Yudi Limpraptono, ST.MT.

Susunan Panitia

- Pelindung : H. Siswo Atmowidjojo
- Penanggung Jawab : 1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA
2. Dr. Ir. Kustamar, MT
3. Dr. Ir. Julianus Hutabarat, MSIE
4. Ir. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
- Pengarah : 1. Ir. Anang Subardi, MT
2. Ir. Harimbi Setyawati, MT
3. Ir.ST.Salammia.L.A, MT
4. Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
- Ketua Pelaksana : Dr. Nanik A.Rahman, ST.,MT
Wakil Ketua : Suryo Adi Wibowo, ST.,MT
- Sekretaris : Febriana Santi Wahyuni, S.Kom.,M.Kom
- Bendahara : 1. Dra. Sri Indriani MM
2. Emmalia Adriantanri, ST.,MM
- Sie. Kesekretariatan
Koordinator : Sanny Andjar Sari, ST., MT
1. Hani Zulfia Zahro, S.Kom.,M.Kom
2. Masrurotul Ajiza, S.Pd., M.Pd.
3. Rofila El Maghfiroh, S.Si.,MT
4. Mira Orisa, ST.,MT
5. Gerald Adityo, ST.,M.Eng
6. Bima Aulia Firmandani, ST.,MT
7. Titik Rembati, SE
8. Arif Subasir, A.Md
9. Rudi Hartono
10. Suparno
11. Yajid Abdullah
- Reviewer
Koordinator : Prof. Dr. Eng. Ir.Abraham Lomi, MSEE
1. Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT
2. Prof. Dr. Sutriyono, M.Pd
3. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT
4. Dr. Irrine Budi S, ST.,MT
5. Dr. Ir. Dayal Gustopo, MT
6. Dr. Prima Vitasari, SIP., MPd
7. Dra. Siswi Astuti, M.Pd
8. Ali Mahmudi B. Eng. Ph.D
9. Ir. Soeparno Djiwo, MT

10. Joseph Dedi Irawan, ST., MT

Sie. Publikasi, Dekorasi dan Dokumentasi

Koordinator : Bambang Prio Hartono, ST., MT

1. Ahmad Faisol, ST, MT
2. Faidliyah Nilna Milna, ST., MT
3. Elizabeth Catur Yulia, SH
4. M. Yanuar Fachrudin

Sie Protokoler

Coordinator : Ir. Teguh Rahardjo, MT

1. Ir. Choirul Saleh, MT
2. Ir. Thomas Priyasmanu, MT

Sie. Sponsorship

Koordinator : M. Istnaeny Hudha, ST., MT

1. Yosep Agus Pranoto, ST., MT
2. Lauhil Machfudz Hayusman, ST., MT
3. Asroful Anam, ST., MT
4. Sony Hariyanto, S.Sos., MT

Sie. Acara

: 1. Ir. Taufik Hidayat, MT

2. Rini Kartika Dewi, ST., MT

Sie. Perlengkapan

Koordinator : Ir. Basuki Widodo, MT

1. Febi Rahmadianto, ST., MT
2. Edi Danardono
3. Diglam
4. Sarmidi
5. M. Sholeh

Sie. Konsumsi

Koordinator : Dwi Ana Anggorowati, ST., MT

1. Nuning Irawati, A.Md
2. Iis Sumarni, A.Md
3. Mei Nurhayati, AMd
4. Nurlaila Antonius, A.Md
5. Nunuk Yuli
6. Puji Handayani

Sie. Transportasi

Koordinator : M. Daim

1. Imam Supardi
2. Budi Hariadi
3. Dedi Kristiono

Daftar Isi

Halaman Judul	i
Kata Pengantar Ketua Panitia Pelaksana	ii
Sambutan Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang	iii
Susunan Panitia	iv
Daftar Isi	vi
Buku 1	vii

DAFTAR ISI

BUKU 1

OPTIMASI KINERJA PERSONAL COMPUTER WORKSTATION BERBASIS LINUX TERMINAL SERVER PROJECT (LTSP)

Ade Hendri Hendrawan, Yuggo Afrianto, Ibnu Kuswanto, Arief Goeritno

A1.1-7

PENINGKONDISIAN SUHU RUANGAN BERBANTUAN SENSOR LM35 DAN PASSIVE INFRARED (PIR) BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3

Andik Eko Kristus Pramuko, Siti Asyura, Arief Goeritno, Ritzkal

A2.1-9

PEMODELAN DAN PENGIMPLEMENTASIAN PERMAINAN CONNECT FOUR

Andrew Mahisa Halim, Frederikus Judianto, Samuel Lukas, Petrus Widjaja

A3.1-6

ANALISIS SISTEM KEAMANAN SUMBERDAYA MANUSIA DENGAN PENERAPAN ISO 27001 KLAUSAL 9 DI UNIVERSITAS IBN KHALDUN BOGOR

Andri Rinaldi, Ritzkal, Bayu Adhi Prakosa, Arief Goeritno

A4.1-6

ANALISIS PENGGUNAAN TEKNIK MORPH DAN BONE UNTUK ANIMASI EKSPRESI WAJAH DALAM INDUSTRY FILM KARTUN 3D

Anggit Dwi Suprpto

A5.1-4

IMPLEMENTASI PERALATAN BERBASIS ANDROID BERBANTUAN BLUETOOTH UNTUK TAMPILAN PANTAUAN SEJUMLAH PARAMETER FISIS PADA ANALOGI SMART GREEN HOUSE

Bayu Adhi Prakosa, Arief Goeritno, Bayu Arief Prakoso

A6.1-6

IMPLEMENTASI SISTEM ONE-TIME PASSWORD (OTP) SEBAGAI KEY PENGGERAK KUNCI PINTU BERBANTUAN ARDUINO UNO

Christian Hadi Wijaya, Ade Hendri Hendrawan, Andik Eko K.P., Arief Goeritno

A7.1-7

PENDETEKSIAN TALI PUSAT PADA JANIN DENGAN METODE CONTOUR TRACING

David Habsara Hareva, Steven Juliono, Dion Krisnadi

A8.1-5

PENGEMBANGAN APLIKASI PEDOMETER BERBASIS ANDROID DENGAN MENGUNAKAN SENSOR MOTION UNTUK SARAN KESEHATAN

Denny Hermawan, Fauziyyah Faturahmah, Willy Dharmawan

A9.1-9

PENCARIAN LOKASI JALUR NUGRAHA EKAKURIR (JNE) TERDEKAT MENGUNAKAN HAVERSINE FORMULA (STUDI KASUS KOTA SAMARINDA)

Dyna Marisa Khairina, Febrian Wicaksana Ramadhinata, Heliza Rahmania Hatta

A10.1-5

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENGOLAHAN DATA NILAI SISWA PADA SMPN 25 PALEMBANG

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENJUALAN STUDI KASUS TOKO MUTIARA SERAGAM <i>Nurwati, Yudi Santoso</i>	A22. 1-6
PERANCANGAN SISTEM INFORMASI KEPEGAWAIAN (STUDI KASUS DINAS PENDIDIKAN DISTRICT BOBONARO DI TIMOR LESTE) <i>Orlanda Dos Reis Barros , Awalludiyah Ambarwati</i>	A23. 1-6
PENGEMBANGAN APLIKASI GUI MULTIGUNA BERBASIS ANDROID UNTUK DISPLAI DATA JARINGAN LOKAL DAN INTERNET <i>Pratikto, Raydha Zul Fitriani</i>	A24. 1-6
OPTIMISASI PUSTAKA UNTUK PERKALIAN MATRIKS MENGUNAKAN ALGORITMA STRASSEN BERBASIS OPENCL <i>Arvin, Sutrisno, Pujiyanto Yugopuspito</i>	A25. 1-6
APLIKASI PENGENALAN KAMPUS DENGAN PERANGKAT ANDROID BERBASIS AUGMENTED REALITY CASE: LABORATORIUM FST UAI <i>Heri Wibowo, Marcelly Widya W, Eka Septiana</i>	A26. 1-7
MOTIVASI PENGGUNAAN FACEBOOK DI KALANGAN MAHASISWA <i>R. Kristoforus Jawa Bendi</i>	A27. 1-6
PENGGUNAAN FUNGSI HEURISTIK SEDERHANA PADA PERMAINAN TIC-TAC-TOE <i>R. Kristoforus Jawa Bendi</i>	A28. 1-6
IMPLEMENTASI PENGAMANAN DATA ENKRIPSI SMS DENGAN ALGORITMA RC4 BERBASIS ANDROID <i>Sapto Subhan, Safrina Amini ,Pipin Farida Ariyani</i>	A29. 1-6
REKAYASA FASILITAS UJI POLA RADIASI ANTENA PENGARAH DENGAN SISTEM KOMPUTERISASI BERBASIS ATMEGA-8 <i>Sidik Noertjahjono , Sotyohadi</i>	A30. 1-7
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MACROMEDIA FLASH 6.0 BERBASIS ANDROID PADA MATERI RANGKAIAN RLC PADA MAHASISWA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO <i>Sulistyaning Kartikawati , Ihtiar Prasetyaningrum</i>	A31. 1-7
AUTOMATIC CAKE BREAKER CONVEYOR (CBC) BERBASIS SCADA PADA STASIUN KEMPA PABRIK KELAPA SAWIT <i>Sunanto ,Wahyu Joni Kurniawan</i>	A32. 1-7

PENGGUNAAN FUNGSI HEURISTIK SEDERHANA PADA PERMAINAN TIC-TAC-TOE

R. Kristoforus Jawa Bendi ¹⁾

¹⁾ Informatika, Universitas Katolik Musi Charitas
Jl. Bangau No 60 Palembang 30113
Email : kristojb@gmail.com

Abstrak . Tic-Tac-Toe merupakan salah satu permainan papan sederhana. Permainan ini dimainkan oleh dua pemain dengan cara mengisi kolom pada papan dengan bidak X atau bidak O sedemikian hingga terbentuk garis sejajar secara vertikal, horizontal dan diagonal. Dengan perkembangan bidang Artificial Intellingence (AI), berbagai algoritma telah diaplikasikan pada permainan ini. Persoalan utama pada penggunaan metode (algoritma) dalam permainan ini adalah pohon solusi yang dibangun secara exhaustive akan meningkatkan beban komputasi. Karena itu metode yang memanfaatkan fungsi heuristik banyak digunakan untuk menemukan solusi optimum lokal. Kendati demikian, penerapan metode-metode tersebut (seperti algoritma minimax dan algoritma genetika) juga relatif kompleks, karena perlu mengevaluasi keadaan berikutnya (next state), dan proses evaluasinya yang iteratif. Penelitian ini mencoba untuk memberikan cara pandang lain dalam menemukan solusi permainan tic-tac-toe berukuran 3 x 3. Dalam penelitian ini fungsi heuristik yang sederhana akan digunakan untuk mengevaluasi current state. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini dapat menemukan solusi optimum lokal seperti halnya metode-metode terdahulu. Pada tahap penelitian selanjutnya perlu dilakukan evaluasi keefektifan dan keefisienan metode ini dibandingkan dengan metode lainnya.

Kata kunci: tic-tac-toe, fungsi heuristik.

1. Pendahuluan

Permainan papan (*game board*) melibatkan penempatan bidak pada papan berpetak yang telah ditandai dengan seperangkat aturan dan dimainkan secara bergiliran. Beberapa studi menunjukkan bahwa permainan papan secara signifikan dapat meningkatkan kemampuan matematika anak [[HYPERLINK \ "Ahm15" 1](#)] dan juga membantu perkembangan emosi dan sosial mereka [1,2]. Tic-tac-toe merupakan salah satu bentuk permainan papan dengan aturan yang relatif sederhana. Permainan ini dimainkan oleh dua pemain, X dan O yang secara bergiliran menandai petak berukuran 3 x 3. Pemain X biasanya adalah pemain pertama. Pemain yang terlebih dahulu menandai 3 petak sejajar secara horisontal, vertikal atau diagonal adalah pemenangnya. Berkembangnya komputasi modern dan konsep *artificial intelligence*, memungkinkan *game board* dirancang sebagai permainan komputer [[HYPERLINK \ "Kar15" 3](#)]. Demikian juga tic-tac-toe dirancang menjadi permainan komputer dengan satu pemain adalah manusia (user) dan lawannya adalah komputer. Tantangannya adalah bagaimana merancang kemampuan berpikir komputer sehingga dapat menjadi lawan permainan seperti layaknya manusia.

Berbagai teknik dan algoritma heuristik telah digunakan untuk merancang kemampuan berpikir komputer dalam permainan tic-tac-toe. Diantaranya adalah algoritma genetika[4,5,6], Algoritma Minimax [[HYPERLINK \ "Jay16" 7](#) , [HYPERLINK \ "Kos14" 8](#) , [HYPERLINK \ "Kur16" 9](#)], metode *Case Based Reasoning* [[HYPERLINK \ "Men08" 10](#)], *Genetic programming* [[HYPERLINK \ "Moh13" 11](#)], dan *hill climbing* [[HYPERLINK \ "Nuz12" 12](#)]. Penelitian [3] menyebutkan bahwa penggunaan teknik-teknik tersebut terlalu canggih untuk diterapkan pada permainan tic-tac-toe. Kesulitan utama penerapan algoritma tersebut adalah kompleksitasnya tidak mudah dipahami oleh perancang permainan (*game designer*) dan solusi lengkapnya membutuhkan ruang memori yang besar. Pada permainan tic-tac-toe, pohon solusi dapat dibangun secara lengkap (*exhaustive*). Untuk tic-tac-toe berukuran papan 3 x 3, terdapat 362.800 kemungkinan solusi. Dengan menggunakan pohon solusi

yang lengkap, beban komputasi dan kebutuhan memori penyimpan akan semakin besar. Penggunaan berbagai teknik yang telah disebutkan sebelumnya, dapat mengurangi pohon solusi dengan jalan mencari solusi optimum lokal. Kendati demikian, persoalannya adalah bahwa pada solusi optimum lokal pohon solusi tetap harus dibangun sampai pada kedalaman tertentu. Beberapa penelitian telah mencoba menggunakan fungsi heuristik yang lebih sederhana [[HYPERLINK \l "AIO13" 2](#) , [HYPERLINK \l "Kar15" 3](#) , [HYPERLINK \l "Yeu02" 13](#)]. Dalam menemukan solusi permainan, penelitian-penelitian tersebut tidak menggunakan pohon solusi, namun solusi optimum lokal dianalisis berdasarkan keadaan sekarang (*current state*). Tulisan ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan fungsi heuristik sederhana yang telah dipaparkan dalam penelitian-penelitian sebelumnya.

Untuk meningkatkan pengalaman permainan agar semakin menarik, selain menerapkan teknik/algorithm tertentu, beberapa penelitian juga menerapkan strategi penempatan bidak. Strategi ini biasanya pada keadaan papan permainan. Pada penelitian [[HYPERLINK \l "Bha08" 4](#)] misalnya, strategi penempatan bidak didasarkan pada prioritas: (1) jika lawan akan menang dalam langkah berikut, blok lawan, (2) tempatkan bidak di petak tengah jika kosong, dan (3) tempatkan bidak di petak sudut jika petak tengah telah terisi. Strategi yang mirip juga dilakukan dalam penelitian [[HYPERLINK \l "Kar15" 3,5](#)]. Dalam tulisan ini, akan dianalisis strategi penempatan bidak berdasarkan prioritas nilai heuristik.

2. Pembahasan

2.1. Aturan Permainan Tic-tac-toe

Papan permainan tic-tac-toe berupa sel-sel matriks berukuran 3 x 3. Pada kondisi awal permainan, papan permainan kosong. Setelah itu pemain saling bergantian meletakkan bidaknya pada sel-sel papan permainan. Kondisi akhir permainan adalah: menang, seri, dan kalah (Gambar 1). Kondisi menang (untuk bidak X) akan tercapai apabila menjadi pemain pertama yang dapat meletakkan 3 bidak (X) dalam posisi sejajar (vertikal, horisontal, diagonal). Kondisi seri akan tercapai apabila hingga seluruh sel-sel tersisi, kedua pemain tidak dapat meletakkan 3 bidaknya pada posisi sejajar. Sedangkan kondisi kalah (untuk bidak X) tercapai apabila pemain lawan yang pertama kali meletakkan 3 bidak (O) pada posisi sejajar.

Menang	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			X							<table border="1"><tr><td>O</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	O		X							<table border="1"><tr><td>O</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>X</td><td></td></tr></table>	O		X					X		<table border="1"><tr><td>O</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	O		X		O					<table border="1"><tr><td>O</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td></tr></table>	O		X		O		X			<table border="1"><tr><td>O</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td>X</td><td>X</td><td></td></tr></table>	O		X		O		X	X		<table border="1"><tr><td>O</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>	O		X		O		X	X	X	<table border="1"><tr><td>O</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td>X</td><td>O</td><td></td></tr></table>	O		X		O		X	O		<table border="1"><tr><td>O</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td>X</td><td>O</td><td>X</td></tr></table>	O		X		O		X	O	X
		X																																																																																								
O		X																																																																																								
O		X																																																																																								
	X																																																																																									
O		X																																																																																								
	O																																																																																									
O		X																																																																																								
	O																																																																																									
X																																																																																										
O		X																																																																																								
	O																																																																																									
X	X																																																																																									
O		X																																																																																								
	O																																																																																									
X	X	X																																																																																								
O		X																																																																																								
	O																																																																																									
X	O																																																																																									
O		X																																																																																								
	O																																																																																									
X	O	X																																																																																								
Seri	<table border="1"><tr><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	X									<table border="1"><tr><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	X				O					<table border="1"><tr><td>X</td><td>X</td><td></td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	X	X			O					<table border="1"><tr><td>O</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>X</td></tr></table>	O	X	X		O				X	<table border="1"><tr><td>O</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>X</td></tr></table>	O	X	X		O				X	<table border="1"><tr><td>O</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>X</td></tr></table>	O	X	X		O				X	<table border="1"><tr><td>O</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>X</td></tr></table>	O	X	X		O				X	<table border="1"><tr><td>X</td><td>O</td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>X</td></tr></table>	X	O	X		O				X										
X																																																																																										
X																																																																																										
	O																																																																																									
X	X																																																																																									
	O																																																																																									
O	X	X																																																																																								
	O																																																																																									
		X																																																																																								
O	X	X																																																																																								
	O																																																																																									
		X																																																																																								
O	X	X																																																																																								
	O																																																																																									
		X																																																																																								
O	X	X																																																																																								
	O																																																																																									
		X																																																																																								
X	O	X																																																																																								
	O																																																																																									
		X																																																																																								
Kalah	<table border="1"><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>		O								<table border="1"><tr><td>X</td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	X	O								<table border="1"><tr><td>X</td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	X	O								<table border="1"><tr><td>X</td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td>X</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	X	O			X					<table border="1"><tr><td>X</td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td>X</td><td></td></tr><tr><td></td><td>O</td><td></td></tr></table>	X	O			X			O		<table border="1"><tr><td>X</td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td>O</td></tr></table>	X	O			X	X		O	O	<table border="1"><tr><td>X</td><td>O</td><td></td></tr><tr><td></td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td></td><td>O</td><td>O</td></tr></table>	X	O			X	X		O	O																				
	O																																																																																									
X	O																																																																																									
X	O																																																																																									
X	O																																																																																									
	X																																																																																									
X	O																																																																																									
	X																																																																																									
	O																																																																																									
X	O																																																																																									
	X	X																																																																																								
	O	O																																																																																								
X	O																																																																																									
	X	X																																																																																								
	O	O																																																																																								

Gambar 1. Kondisi akhir permainan untuk bidak X

Aturan permainan tic-tac-toe yang diterapkan sebagai berikut.

1. Besar papan permainan berukuran 3 x 3 dengan deret kemenangan 3 bidak.
2. Pemain dalam permainan ini dibatasi untuk satu lawan satu, dilakukan bergiliran antara manusia dan komputer.
3. Pemain manusia (player) akan dihalangi oleh komputer untuk mencapai tujuan (goal).
4. Untuk memberikan langkah, setiap pemain harus mengisi bidak dengan simbol pemain masing-masing, biasanya X atau O.
5. Setiap pemain hanya mempunyai satu kali kesempatan pada setiap giliran.
6. Bidak yang sudah terisi tidak bisa ditimpa oleh bidak lain pada langkah berikutnya.
7. Langkah yang sudah diambil tidak dapat dibatalkan atau diganti dengan langkah yang lain.

8. Tujuan dari permainan ini adalah untuk mendapatkan deret dengan tiga 3 bidak yang sama secara horizontal, vertikal atau diagonal.
9. Pemenang ditentukan oleh pemain yang pertama kali menyusun deret tersebut.
10. Permainan akan dihentikan jika sudah ada pemenang.

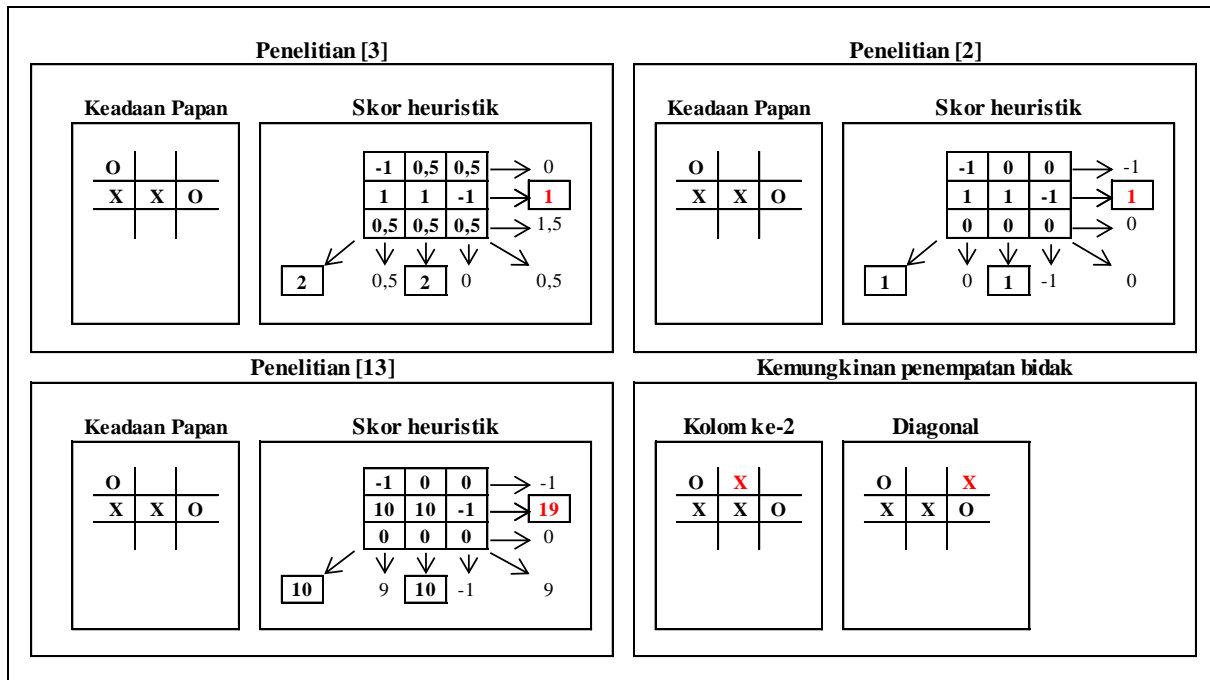
2.2. Analisis Fungsi Heuristik

Setiap petak akan diberi nilai/skor tertentu berdasarkan bidak yang menempatnya. Dimisalkan bidak X adalah komputer dan bidak O adalah manusia. Penelitian [[HYPERLINK \l "AIO13" 2](#)] memberi skor 1 untuk petak yang berisi bidak X, skor -1 untuk petak yang berisi bidak O dan skor 0 untuk petak yang kosong. Sedangkan penelitian 3] memberikan skor 1 untuk petak berisi X, skor -1 untuk petak berisi O, dan memberikan skor 0,5 untuk petak yang kosong. Pada penelitian [[HYPERLINK \l "Yeu02" 13](#)] petak yang berisi bidak X diberi skor 10, bidak O diberi skor -1, dan petak yang kosong diberi skor 0. Tabel 1 memperlihatkan skor yang diberikan untuk setiap petak berdasarkan ketiga penelitian tersebut.

Tabel 1. Nilai/Skor Petak

Bidak	Skor Bidak berdasarkan penelitian:		
	[2]	[3]	[13]
X	1	1	10
O	-1	-1	-1
Null	0	0,5	0

Berdasarkan skor tersebut, nilai heuristik akan dihitung berdasarkan jumlah skor dari tiga petak dalam deret sejajar (horisontal/vertikal/diagonal). Setelah itu akan dipilih sebuah deret berdasarkan nilai heuristik tertentu. Pada deret tersebut akan komputer akan meletakkan bidak X pada area petak yang kosong. Sebagai ilustrasi, Gambar 2 memperlihatkan nilai heuristik yang diperoleh berdasarkan keadaan papan (*current state*) setelah giliran bidak O (manusia). Dimisalkan nilai heuristik terpilih adalah nilai terbesar (nilai 2 berdasarkan penelitian 3]), maka kemungkinan penempatan bidak X berikutnya adalah pada kolom kedua atau pada posisi diagonal ke kiri.



Gambar 2. Ilustrasi perhitungan nilai heuristik

Pada bidang permainan berukuran 3 x 3, terdapat sepuluh kemungkinan kombinasi isi petak dalam deret sejajar yang dapat dievaluasi (Tabel 2). Dari sepuluh kemungkinan tersebut, dua kombinasi adalah kondisi akhir permainan (XXX dan OOO), dua kombinasi tidak dapat dijadikan alternatif solusi karena isi petak pada deret tersebut sudah penuh (XXO dan XOO). Sehingga tersisa enam kemungkinan kombinasi yang akan dijadikan alternatif pemilihan solusi. Pada penelitian [HYPERLINK \l "AIO13" 2] terdapat nilai heuristik yang sama untuk kombinasi yang berbeda. Kesamaan nilai tersebut akan menyulitkan dalam penentuan nilai heuristik. Pada penelitian 3] dan [HYPERLINK \l "Yeu02" 13] nilai heuristik yang dihasilkan cenderung sebanding. Dalam penelitian ini diputuskan untuk menggunakan fungsi heuristik dari penelitian 13].

Tabel 2. Nilai heuristik untuk kombinasi isi petak

Kombinasi isi 3 petak dalam deret sejajar			Nilai heuristik berdasarkan penelitian			Evaluasi Keadaan	Prioritas Pempatan berdasarkan nilai heuristik	
1	2	3	[2]	[3]	[13]		Maksimum	Minimum
X	X	X	3	3	30	Win		
X	X	O	1	1	19	Not available		
X	O	O	-1	-1	8	Not available		
O	O	O	-3	-3	-3	Lose		
X	X		2	2,5	20	Available	1	6
X	O		0	0,5	9	Available	3	4
O	O		-2	-2	-2	Available	6	1
X			1	2	10	Available	2	5
O			-1	0	-1	Available	5	2
			0	1,5	0	Available	4	3

2.3. Analisis Strategi Penempatan

Dalam penelitian-penelitian terdahulu strategi penempatan bidak biasanya didasarkan pada kondisi papan (*current state*). Dalam penelitian ini, nilai heuristik yang diperoleh, akan dijadikan dasar pertimbangan untuk memilih solusi (menentukan posisi penempatan bidak). Berdasarkan Tabel 2,

terdapat dua kemungkinan pemilihan solusi. Pertama, solusi dipilih berdasarkan nilai heuristik terkecil (solusi minimum), dan kedua, solusi dipilih berdasarkan nilai heuristik terbesar (solusi maksimum). Pada solusi minimum, terlihat bahwa bidak X akan berusaha menghalangi bidak O untuk mencapai kemenangan. Sedangkan pada solusi maksimum, bidak X akan berusaha untuk memenangkan permainan tanpa memedulikan posisi bidak O. Berdasarkan kondisi tersebut, solusi minimum ini akan disebut sebagai strategi Defensif, sedangkan solusi maksimum akan disebut sebagai strategi Agresif. Dengan demikian, prioritas penempatan bidak berdasarkan strategi Defensif dapat ditulis sebagai berikut.

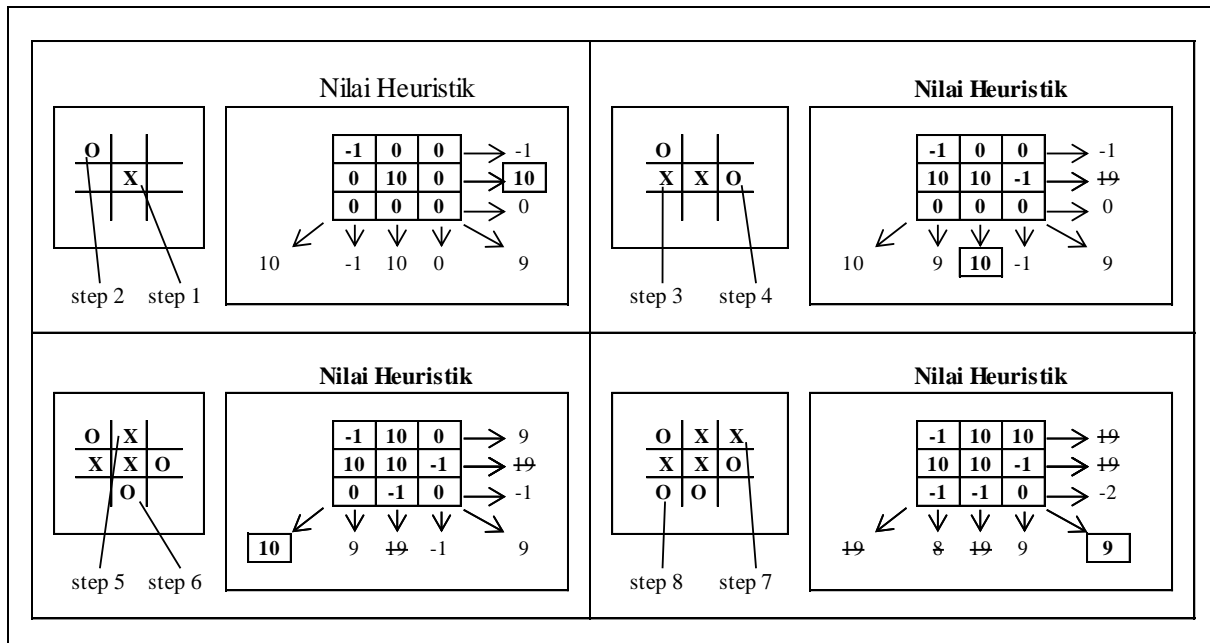
1. Jika dalam satu langkah lawan akan mencapai kemenangan, tempatkan bidak pada deret tersebut (-2)
2. Jika dalam satu deret hanya ada satu bidak milik lawan, tempatkan bidak pada deret tersebut (-1)
3. Jika belum ada bidak dalam satu deret, tempatkan bidak pada deret tersebut (0)
4. Jika dalam satu deret masih tersisa satu petak kosong, tempatkan bidak pada deret tersebut (9)
5. Jika dalam satu deret hanya ada satu bidak milik sendiri, tempatkan bidak pada deret tersebut (10)
6. Jika dalam satu langkah akan mencapai kemenangan, tempatkan bidak pada deret tersebut. (20)

Sedangkan prioritas penempatan dengan strategi Agresif dapat ditulis sebagai berikut.

1. Jika dalam satu langkah akan mencapai kemenangan, tempatkan bidak pada deret tersebut. (20)
2. Jika dalam satu deret hanya ada satu bidak milik sendiri, tempatkan bidak pada deret tersebut (10)
3. Jika dalam satu deret masih tersisa satu petak kosong, tempatkan bidak pada deret tersebut (9)
4. Jika belum ada bidak dalam satu deret, tempatkan bidak pada deret tersebut (0)
5. Jika dalam satu deret hanya ada satu bidak milik lawan, tempatkan bidak pada deret tersebut (-1)
6. Jika dalam satu langkah lawan akan mencapai kemenangan, tempatkan bidak pada deret tersebut (-2)

Pada Gambar 3 diilustrasikan urutan langkah permainan dan strategi penempatan bidak berdasarkan strategi agresif. Terlihat bahwa kondisi akhir permainan adalah seri. Selain itu, prioritas penempatan dapat juga dilakukan berdasarkan kombinasi solusi maksimum minimum atau sebaliknya. Misalkan pada kombinasi maksimum minimum, maka urutan prioritas nilai heuristiknya adalah: 20, -2, 10, -1, 9, 0. Strategi Agresif defensif tersebut dapat dituliskan sebagai urutan prioritas berikut.

1. Jika dalam satu langkah akan mencapai kemenangan, tempatkan bidak pada deret tersebut (20)
2. Jika dalam satu langkah lawan akan mencapai kemenangan, tempatkan bidak pada deret tersebut (-2)
3. Jika dalam satu deret hanya ada satu bidak milik sendiri, tempatkan bidak pada deret tersebut (10)
4. Jika dalam satu deret hanya ada satu bidak milik lawan, tempatkan bidak pada deret tersebut (-1)
5. Jika dalam satu deret masih tersisa satu petak kosong, tempatkan bidak pada deret tersebut (9)
6. Jika belum ada bidak dalam satu deret, tempatkan bidak pada deret tersebut (0)



Gambar 3. Ilustrasi Permainan dengan strategi Agresif

3. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dapat diambil simpulan sebagai berikut.

- Fungsi heuristik sederhana dapat digunakan untuk menemukan solusi optimum lokal pada permainan tic-tac-toe
- Nilai heuristik yang dihasilkan, dapat digunakan sebagai dasar strategi penempatan bidak.
- Dalam penelitian selanjutnya, perlu dilakukan evaluasi, untuk mengetahui keefektifan dan keefisienan fungsi heuristik sederhana ini dan strategi penempatan bidak yang digunakan.

Daftar Pustaka

- [1] Umair Z Ahmed, Krishnendu Chatterjee, and Gulwani Sumit, "Automatic generation of alternative starting positions for simple traditional board games," in *National Conference on Artificial Intelligence*, Austin, Texas USA, 2015, pp. 1-8.
- [2] Alauddin Al-Omary and Bahrain Al-Sukhir, "Machine-Human Tic-Tac game based on Microcontroller Technology," *International Journal of Computer and Information Technology*, vol. 2, no. 5, pp. 1074-1080, 2013.
- [3] Sunil Karamchandani, Part Gandhi, Omkar Pawar, and Shruti Pawaskar, "A simple algorithm for designing an artificial intelligence based Tic Tac Toe game," in *International Conference on Pervasive Computing*, 2015, pp. 1-4.
- [4] Anurag Bhatt, Pratul Varshney, and Kalyanmoy Deb, "In search of no-loss strategies for the game of tic-tac-toe using a customized genetic algorithm," in *Proceedings of the 10th annual conference on Genetic and evolutionary computation*, 2008, pp. 889-896.
- [5] HK Lam, SH Ling, FHF Leung, PKS Tam, and YS Lee, "Playing tic-tac-toe using a modified neural network and an improved genetic algorithm," in *28th Annual Conference of the Industrial Electronics Society*, 2002, pp. 1984-1989.
- [6] IV Papatungan, "Konsep Permainan Tic-tac-toe Menggunakan Algoritma Genetika," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 2006, pp. 7-10.
- [7] E Jayadi, MAF Rachman, and M Yuliansyah, "Aplikasi Game Tic Tac Toe 6x6 Berbasis Android Menggunakan Algoritma Minimax Dan Heuristic Evaluation," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*, 2016, pp. 91-96.

- [8] S Kosasi, "Permainan Papan Strategi Menggunakan Algoritma Minimax," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri*, 2014, pp. 105-112.
- [9] M Kurniawan, A Pamungkas, and S Hadi, "Algoritma Minimax Sebagai Pengambil Keputusan Dalam Game Tic-Tac-Toe," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*, 2016, pp. 37-42.
- [10] Vlado Menkovski and Dimitrios Metafas, "AI model for computer games based on case based reasoning and AI planning," in *Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts*, 2008, pp. 295-302.
- [11] Helia Mohammadi, Nigel P. A Browne, Anastasios N Venetsanopoulos, and Marcus V dos Santos, "Evolving Tic-Tac-Toe Playing Algorithms Using Co-Evolution, Interactive Fitness and Genetic Programming," *International Journal of Computer Theory and Engineering*, vol. 5, no. 5, pp. 797-801, 2013.
- [12] B Nuzulla and A Solichin, "Implementasi Algoritma Steepest Ascent Hill Climbing Dengan Optimasi Minimax Pada Permainan Tic Tac Toe Berbasis Android," in *Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu*, 2012, pp. 65-73.
- [13] K. Yeung, B. Jacques, and R. Du, "Playing Tic-Tac-Toe With Robot On The Web In Real Time," in *International Conference on Engineering Education*, 2002, pp. 1-5.