

**MODEL *CELLULAR AUTOMATA* UNTUK MASALAH  
EVAKUASI PEJALAN KAKI DI GEDUNG TERPADU FMIPA  
UNP DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KEPANIKAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar  
Sarjana Sains*



**Oleh:**

**SYAFINA PUTRI MARLIZA**

**NIM. 19030077/2019**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2023**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**MODEL *CELLULAR AUTOMATA* UNTUK MASALAH EVAKUASI PEJALAN  
KAKI DI GEDUNG TERPADU FMIPA UNP DENGAN MEMPERTIMBANGKAN  
KEPANIKAN**

Nama : Syafina Putri Marliza  
NIM : 19030077  
Program Studi : Matematika  
Departemen : Matematika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 8 Maret 2024

Disetujui oleh,

Pembimbing



Defri Ahmad, S.Pd., M.Si

NIP. 19880909 201404 1 002

**PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI**

Nama : Syafina Putri Marliza  
NIM : 19030077  
Program Studi : Matematika  
Departemen : Matematika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MODEL *CELLULAR AUTOMATA* UNTUK MASALAH EVAKUASI  
PEJALAN KAKI DI GEDUNG TERPADU FMIPA UNP DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN KEPANIKAN**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 4 Maret 2024

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Defri Ahmad, S.Pd., M.Si.	
Anggota	: Dr. Devni Prima Sari, S.Si., M.Sc.	
Anggota	: Rara Sandhy Winanda, S.Pd., M.Sc.	

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syafina Putri Marliza  
NIM : 19030077  
Program Studi : Matematika  
Departemen : Matematika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul "**Model Cellular Automata untuk Masalah Evakuasi Pejalan Kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan Mempertimbangkan Kepanikan**" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam tradisi keilmuan. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 28 Februari 2024

Diketahui oleh,  
Kepala Departemen Matematika,



Dr. Suherman, S.Pd, M.Si  
NIP. 196808301 99903 1 002

Saya yang menyatakan,

  


Syafina Putri Marliza  
NIM. 19030077

# **Model *Cellular Automata* untuk Masalah Evakuasi Pejalan Kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan Mempertimbangkan Kepanikan**

**Syafina Putri Marliza**

## **ABSTRAK**

Dalam situasi darurat seperti kebakaran atau gempa bumi di gedung-gedung yang padat pengunjung, evakuasi pejalan kaki menjadi isu yang penting. Faktor kepanikan dapat memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi evakuasi. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model *cellular automata* yang mengintegrasikan pendekatan bidang lantai statis dan dinamis, serta probabilitas transisi, guna membandingkan waktu evakuasi dalam kondisi normal dan kepanikan di Gedung Terpadu FMIPA UNP.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah penelitian terapan, dimana penelitian ini terfokus pada simulasi model *cellular automata* yang mampu menampilkan dinamika evakuasi di lingkungan gedung padat penduduk. Model ini menggabungkan pendekatan bidang lantai statis dan dinamis untuk menciptakan representasi tentang interaksi pejalan kaki. Selain itu, penelitian ini menerapkan metode probabilitas transisi untuk lebih akurat memodelkan perubahan arah pejalan kaki berdasarkan lingkungan sekitar dan interaksi dengan pejalan kaki lainnya.

Model ini memperlihatkan bahwa waktu evakuasi pada kondisi panik mengalami peningkatan dibanding dalam kondisi normal. Hasil penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang dampak faktor kepanikan pada evakuasi gedung. Simulasi menunjukkan bahwa individu cenderung terorganisir dalam situasi normal, sementara dalam kepanikan, pejalan kaki memilih berdesakan mengikuti jejak pejalan kaki sebelumnya sehingga menyebabkan waktu evakuasi mengalami peningkatan. Model *cellular automata* yang dikembangkan dapat mengidentifikasi pengaruh konstanta kepanikan terhadap waktu evakuasi.

**Kata kunci** : Evakuasi\_Pejalan\_Kaki, *Cellular\_Automata*, Kepanikan, Bidang\_Lantai, Probabilitas\_Transisi.

# **Model *Cellular Automata* untuk Masalah Evakuasi Pejalan Kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan Mempertimbangkan Kepanikan**

**Syafina Putri Marliza**

## **ABSTRACT**

In emergency situations such as fires or earthquakes in densely populated buildings, pedestrian evacuation becomes a critical issue. Panic factors can have a significant impact on evacuation efficiency. This research aims to implement a cellular automata model that integrates static and dynamic floor field approaches, as well as transition probabilities, to compare evacuation times under normal and panic conditions at the Integrated Science Building of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences at Padang State University.

The method used in this research is applied research, where the focus is on simulating cellular automata models capable of displaying evacuation dynamics in densely populated building environments. This model combines static and dynamic floor field approaches to create a representation of pedestrian interactions. Additionally, this research applies transition probability methods to more accurately model changes in pedestrian direction based on the surrounding environment and interactions with other pedestrians.

The model demonstrates that evacuation time increases during panic conditions compared to normal conditions. The results of this research provide a deep understanding of the impact of panic factors on building evacuation. Simulations indicate that individuals tend to be organized in normal situations, while in panic, pedestrians choose to crowd following the footsteps of previous pedestrians, resulting in increased evacuation time. The developed cellular automata model can identify the influence of panic constants on evacuation time.

**Keywords** : *Pedestrian\_Evacuation, Cellular\_Automata, Panic, Floor\_Field, Transition\_Probabilities.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat, hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Model *Cellular Automata* untuk Masalah Evakuasi Pejalan Kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan Mempertimbangkan Kepanikan”. Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat gelar Sarjana Sains Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis tak lepas dari bantuan dan dukungan berupa dorongan semangat, nasihat, bimbingan, dan kerja sama dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Defri Ahmad, S.Pd., M.Si., Dosen Pembimbing Skripsi.
2. Ibu Dr. Devni Prima Sari, S.Si., M.Sc, dan Ibu Rara Sandhy Winanda, S.Pd., M.Sc, Dosen Penguji.
3. Ibu Dr. Devni Prima Sari, S.Si., M.Sc, Ketua Program Studi Matematika FMIPA Universitas Negeri Padang.
4. Ibu Dr. Riry Sriningsih, S.Si., M.Sc., Dosen Pembimbing Akademik.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Semoga segala bimbingan, dorongan dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi semua pihak.

Padang, 9 November 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN TEORI.....	6
A. Evakuasi.....	6
B. Pemodelan.....	9
C. Cellular Automata.....	10
D. Bidang Lantai.....	18
E. Probabilitas Transisi.....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
A. Jenis Penelitian.....	24
B. Jenis dan Sumber Data.....	24
C. Teknik Analisis Data.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Hasil.....	27
B. Pembahasan.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
A. Kesimpulan.....	36
B. Saran.....	36
Daftar Pustaka.....	38
LAMPIRAN.....	40



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Status Sel dan Penjelasannya .....	16
---	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Geometri Cellular Automata .....	13
Gambar 2. Neighborhood Cellular Automata .....	14
Gambar 3. Diagram Alir Simulasi .....	25
Gambar 4. Data Ukuran Gedung Terpadu FMIPA UNP Lantai 1 .....	28
Gambar 5. Data Ukuran Gedung Terpadu FMIPA UNP Lantai 2 .....	29
Gambar 6. Visualisasi Gedung Terpadu FMIPA UNP Lantai 1 dan Lantai 2 .....	30
Gambar 7. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 1$ .....	31
Gambar 8. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 20$ .....	32
Gambar 9. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 70$ .....	32
Gambar 10. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 1$ .....	33
Gambar 11. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 20$ .....	33
Gambar 12. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 70$ .....	33
Gambar 13. Kurva Perbandingan Waktu Evakuasi pada Kondisi Normal dan Panik .....	34
Gambar 14. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 1$ .....	55
Gambar 15. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 10$ .....	55
Gambar 16. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 20$ .....	55
Gambar 17. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 30$ .....	56
Gambar 18. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 40$ .....	56
Gambar 19. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 50$ .....	56
Gambar 20. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 60$ .....	57
Gambar 21. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 70$ .....	57
Gambar 22. Simulasi Kondisi Normal Saat $t = 72$ .....	57
Gambar 23. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 1$ .....	58
Gambar 24. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 10$ .....	58
Gambar 25. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 20$ .....	58
Gambar 26. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 30$ .....	59
Gambar 27. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 40$ .....	59
Gambar 28. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 50$ .....	59
Gambar 29. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 60$ .....	60
Gambar 30. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 70$ .....	60
Gambar 31. Simulasi Kondisi Panik Saat $t = 80$ .....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Syntax</i> Algoritma <i>Cellular Automata</i> untuk Masalah Evakuasi Pejalan Kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan Mempertimbangkan Kepanikan pada MATLAB.....	40
Lampiran 2. <i>Syntax</i> Algoritma <i>Cellular Automata</i> untuk Masalah Evakuasi Pejalan Kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan Mempertimbangkan Kepanikan pada MATLAB.....	55

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Dalam beberapa tahun terakhir, meningkatnya jumlah bencana yang disebabkan oleh perubahan kondisi alam dan campur tangan manusia telah memunculkan banyak ide untuk menyelamatkan nyawa dari dampak bencana. Proses evakuasi merupakan upaya pemindahan dari tempat berbahaya ke tempat yang aman dengan menaati ketentuan atau prosedur yang berlaku dari suatu tempat atau bangunan. Bagian penting dari evakuasi adalah memilih rute terpendek ke lokasi yang aman, terutama pada gedung. Evakuasi harus dilakukan secepat mungkin, waktu yang dibutuhkan untuk relokasi penduduk harus singkat, dan rintangan harus dihindari disepanjang jalan. Jika evakuasi tidak dilakukan dengan cepat, maka dapat menimbulkan kepanikan terhadap kerumunan orang (Lyonnais, 2012).

Situasi panik adalah keadaan dimana situasi disekitarnya menjadi tidak terkendali, dipicu oleh insiden fisik dan benturan (Perrotta, 2019). Ibrahim dkk. (2017) berpendapat bahwa pada dasarnya situasi panik dapat disebabkan oleh kesalahan lingkungan dan kesalahan manusia. Kesalahan lingkungan dapat dikelompokkan pada penyebab eksternal, seperti gempa bumi, bangunan runtuh, pemadaman listrik, kebakaran, dan lainnya. Sementara itu, kesalahan manusia dapat dikelompokkan pada penyebab internal seperti pengeboman, kemacetan antrian, keterlambatan pemberitahuan darurat, dll (Ibrahim & Hassan, 2017).

Dalam situasi panik, pejalan kaki akan menunjukkan reflek spontan mereka yang bergerak di tengah keramaian dengan stress dan dampak panik yang sangat tinggi, seperti; berteriak, terburu-buru, mendorong satu sama lain terutama di depan pintu keluar, menangis dan lain-lain. Tindakan spontan dapat menyebabkan dampak kecemasan yang menyebar dari satu individu ke individu lain serta menyebabkan sejumlah besar cedera karena tabrakan fisik. Lingkungan yang tertutup, terbatas dan padat seperti gedung dapat menimbulkan kepanikan pejalan kaki, yang akan mempengaruhi perilaku pejalan kaki, dan dapat menyebabkan kecelakaan selama proses evakuasi. (Ibrahim et al., 2019)

Jalur evakuasi adalah salah satu sarana keamanan yang perlu diperhatikan dalam merencanakan sebuah gedung. Hal pertama yang dilakukan jika terjadi keadaan darurat adalah mencari jalan keluar dari gedung padat pejalan kaki dengan jalur yang tepat dan aman. Untuk itu diperlukan perhatian khusus dalam menangani hal ini, terutama untuk Gedung Terpadu FMIPA UNP yang merupakan salah satu gedung padat pejalan kaki di kampus UNP. Gedung Terpadu FMIPA UNP difasilitasi dengan fasilitas empat lantai dimana setiap lantainya dapat diakses menggunakan tangga maupun lift. Gedung Terpadu FMIPA UNP memiliki satu pintu utama, dua tangga, dan satu lift yang beroperasi setiap hari. Evakuasi di Gedung Terpadu FMIPA UNP merupakan hal penting karena padatnya *civitas academia* dan aktivitas pada gedung tersebut, terutama pada jam perkuliahan. Hal ini bertujuan untuk menyelamatkan jiwa dan meminimalisir jumlah korban akibat bencana yang menimbulkan kepanikan besar tersebut.

Karena kepanikan dapat menular dan dapat ditularkan dari individu ke individu, maka penyebaran kepanikan dapat digambarkan dengan menggunakan model matematis. Model matematika adalah proses menggambarkan masalah dunia nyata sebagai persamaan matematika. Untuk permasalahan penyebaran kepanikan saat proses evakuasi pejalan kaki, maka digunakan model *Cellular Automata* untuk memodelkan penyebaran kepanikan tersebut. *Cellular Automata* adalah model simulasi diskrit yang paling banyak digunakan dalam evakuasi pejalan kaki. Model ini menganggap ruang sebagai kisi-kisi dengan sel-sel terpisah yang dapat ditempati pejalan kaki. *Cellular Automata* pertama kali diperkenalkan oleh John von Neumann sekitar tahun 1940-an dan telah digunakan secara luas sebagai model untuk menyelesaikan sistem yang kompleks. *Cellular Automata* adalah suatu model dari sistem fisik dimana ruang dan waktu adalah diskrit dan interaksi yang terjadi bersifat lokal (Shalihah et al., 2018).

Sampai saat ini, berbagai jenis model *Cellular Automata* telah diadopsi untuk mensimulasikan pejalan kaki. Sebagian besar model *Cellular Automata* mewakili pejalan kaki sebagai sistem partikel ganda. Berdasarkan asumsi ini, perilaku pejalan kaki (terutama aturan pemilihan rute) serupa antar individu. Pada kenyataannya, sebagai sebuah sistem sosial, keselamatan dan efisiensi evakuasi pejalan kaki sangat dipengaruhi oleh efek perilaku yang heterogen dari karakteristik individu. Kepanikan itu selalu disebabkan oleh ketegangan atau perilaku agresif pejalan kaki (Li & Han, 2015).

Penelitian ini merujuk kepada penelitian sebelumnya dan mengangkat beberapa penelitian referensi untuk bahan kajian dari jurnal terkait. Diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Linjiang Zheng, Xiaoli Peng, Linglin Wang, Dihua

Sun dengan judul penelitiannya “*Simulation of pedestrian evacuation considering emergency spread and pedestrian panic*”. Hasil penelitian mempelajari tentang proses evakuasi pejalan kaki dalam keadaan darurat, dengan mempertimbangkan penyebaran keadaan darurat dan kepanikan pejalan kaki. Penelitian oleh Mu’arifin, Tri Harsono, Ali Ridho Barakbah dengan judul “Pemodelan Evakuasi Pejalan Kaki di Ruang Koridor dengan *Cellular Automata* Studi Kasus Gempa Bumi” Hasil penelitian dibahas penggunaan model bidang lantai statis yang merupakan salah satu pendekatan *Cellular Automata* untuk memodelkan pergerakan pejalan kaki selama proses evakuasi. Penelitian yang dilakukan Mu’arifin dkk memodelkan suatu ruang satu lantai dengan koridor. Dan juga penelitian oleh Yongxing Li, David Z. W. Wang, Meng Meng, dan Ke Wang dengan judul penelitiannya “*Simulation of Pedestrian Evacuation in University Canteen Based on Cellular Automata*”. Hasil penelitian mempelajari tentang masalah yang relevan dan penting, yaitu keamanan dan efisiensi evakuasi pejalan kaki dalam lingkungan kantin, yang sering menjadi tempat dengan kepadatan tinggi dan situasi darurat yang mungkin terjadi. Penelitian ini fokus pada lingkungan kantin universitas, yang merupakan skenario kehidupan nyata yang relevan dan sering dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.

Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk menerapkan model *cellular automata* pada kasus “Model *Cellular Automata* Untuk Masalah Evakuasi Pejalan Kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan Mempertimbangkan Kepanikan”.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah “Bagaimana

perbandingan hasil simulasi antara model dengan pendekatan kepanikan dan tanpa pendekatan kepanikan dalam hal waktu evakuasi?”

### **C. Tujuan penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang diajukan, maka penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil simulasi antara model *cellular automata* dengan pendekatan kepanikan dan tanpa pendekatan kepanikan dalam hal waktu evakuasi.

### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti, diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai model *Cellular Automata* untuk masalah evakuasi pejalan kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan mempertimbangkan kepanikan.
2. Bagi pihak terkait, gambaran yang diberikan diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk menentukan kebijakan yang tepat untuk masalah evakuasi pejalan kaki di Gedung Terpadu FMIPA UNP.
3. Bagi pembaca, sebagai referensi atau rujukan dalam melakukan penelitian selanjutnya.