

Buku Ajar



Teori Bahasa dan Automata



Vinawanda Khodijah
Thoyyibah T, S. Kom. M. Kom.
Agus Heri Yunial, S. Kom. M. Kom.

Buku Ajar

Teori Bahasa dan Automata

Buku ajar "Teori Bahasa dan Automata" menyajikan landasan konseptual yang mendalam tentang studi bahasa formal dan mesin otomata. Mulai dari pengantar konsep dasar hingga penerapan dalam pemrosesan bahasa, buku ini menggali teori-teori yang mendasari pengembangan bahasa pemrograman, kompilasi, dan desain algoritma. Dengan memberikan pemahaman mendalam tentang teori bahasa, formal grammar, dan model otomata, buku ini membimbing pembaca melalui perjalanan memahami struktur bahasa dan cara mesin otomata dapat memprosesnya. Pembahasan mengenai keterkaitan dengan bahasa formal dan aplikasinya dalam kecerdasan buatan juga memperkaya konteks studi. Ditulis dengan pendekatan yang jelas dan aplikatif, buku ini menjadi panduan komprehensif bagi mahasiswa, pengembang perangkat lunak, dan profesional IT yang ingin memahami dasar-dasar teori bahasa dan automata untuk mendukung pemahaman dan pengembangan sistem komputasi yang efisien.



eureka
media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-120-070-8



9 786231 200709

BUKU AJAR TEORI BAHASA DAN AUTOMATA

**Vinawanda Khodijah
Thoyyibah. T. S. Kom. M. Kom.
Agus Heri Yunial. S. Kom. M. Kom**



eureka
media aksara

PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA

BUKU AJAR
TEORI BAHASA DAN AUTOMATA

Penulis : Vinawanda Khodijah
Thoyyibah. T. S. Kom. M. Kom.
Agus Heri Yunial. S. Kom. M. Kom

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Uli Mas'uliyah Indarwati

ISBN : 978-623-120-070-9

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, JANUARI 2024**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekaediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat-Nyalah buku ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Penulisan buku yang berjudul “Buku Ajar Teori Bahasa dan Automata” ini dalam rangka penyelesaian tugas mata kuliah Teori Bahasa dan Automata.

Kami menyadari bahwa buku ini tidak luput dari kekurangan-kekurangan. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan kemampuan kami. Oleh karena itu, semua kritik dan saran pembaca akan kami terima dengan senang hati demi perbaikan buku kami. Buku ini terselesaikan dengan baik juga karena adanya kerja sama antara anggota tim dan beberapa referensi yang kami ambil. Oleh karena itu, kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang terkait dalam pembuatan buku ini. Harapan kami, semoga buku ini dapat membantu dalam memahami mengenai arti, definisi, cara kerja, dan bagaimana konsep teori bahasa dan automata yang digunakan dalam kehidupan.

Tangerang Selatan, 12 Desember 2023
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB 1 BAHASA DAN TATA BAHASA FORMAL.....	1
A. Teori Komputasi.....	1
B. Finite State Automata.....	4
C. Tata Bahasa (Grammar).....	6
BAB 2 KOMPILASI.....	10
A. Pengertian.....	10
B. Implementasi Pada Compiler.....	14
C. Cara Menjalankan Kode Program Pascal.....	15
BAB 3 AUTOMATA HINGGA.....	17
A. Automata Hingga.....	17
B. Jenis-jenis Automata Hingga.....	18
BAB 4 BENTUK NORMAL CHOMSKY (BNC).....	25
A. Pengertian Bentuk Normal Chomsky.....	25
B. Pembentukan Bentuk Normal Chomsky.....	26
C. Kesimpulan.....	29
BAB 5 PUSHDOWN AUTOMATA.....	30
A. Teori Pushdown Automata (PDA).....	30
B. Memvisualisasikan Pushdown Automata melalui Diagram.....	32
C. Jenis-jenis dan Contoh Pushdown Automata (PDA).....	33
D. Deterministik Pushdown Automata (DPDA).....	34
E. Non-Deterministic Pushdown Automata (NPDA).....	36
F. Kesimpulan.....	38
BAB 6 EKIVALENSI PUSHDOWN AUTOMATA DAN BAHASA CONTEXT FREE.....	39
A. Context Free PDA (Push Down Automata).....	39
B. Push Down Automata (PDA) untuk suatu tata Bahasa bebas konteks.....	45
C. Push Down Automata (PDA) untuk suatu tata Bahasa bebas konteks.....	47
D. PDA dan CFL (Context Free Languages).....	48

	E. Context Free Grammar	51
	F. Kesimpulan	55
BAB 7	GRAMMAR CONTEXT FREE DAN PARSING	57
	A. Terminologi Sintaks	57
	B. Teknik Penurunan	58
	C. Parsing	58
	D. Jenis – jenis Terminolgi Sintaks Parsing	61
	E. Sifat Ambiguous	62
	F. Teknik-teknik Parsing	64
	G. Kesimpulan	66
BAB 8	MESIN TURING	67
	A. Pengertian Mesin Turing.....	67
	B. Sejarah Mesin Turing.....	68
	C. Peran Mesin Turing Terhadap Bahasa.....	68
	D. Model Mesin Turing	69
	E. Cara Menjalankan Mesin Turing.....	70
	F. Cara Membuat Penyusunan Bahasa Dengan Mesin Turing.....	71
	G. Kesimpulan	73
BAB 9	LINEAR BOUNDED AUTOMATA.....	74
	A. Linier Bounded Automata	74
	B. Latihan soal	76
	C. Kesimpulan	79
BAB 10	PENYEDERHANAAN TATA BAHASA BEBAS KONTEKS	80
	A. Bahasa Alami dan Bahasa Formal	80
	B. Tata Bahasa.....	81
	C. Hirarki Tata Bahasa Menurut Chomsky.....	81
	D. Tata bahasa bebas konteks (Context Free Grammar)	83
	E. Penyederhanaan Tata Bahasa Bebas Konteks (Cfg).....	83
	F. Kesimpulan	86
BAB 11	EKSPRESI REGULAR.....	87
	A. Pengertian Ekspresi Regular	87
	B. Contoh Penggunaan Ekspresi Regular	88
BAB 12	FINITE STATE AUTOMATA	91
	A. NFA (Non-deterministic Finite Automata) Dengan ϵ -move	91

B. ϵ -Closure untuk Suatu Non-deterministic Finite Automata (NFA) dengan ϵ -Move.....	92
C. Ekuivalensi NFA dengan ϵ -move ke NFA tanpa ϵ -move.....	93
D. Kesimpulan.....	99
DAFTAR PUSTAKA.....	100
TENTANG PENULIS.....	105

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pengelompokkan Tingkat Bahasa.....	6
Tabel 4. 1 Perbedaan ruas kanan bentuk chomsky.....	26
Tabel 5. 1 DPDA	34
Tabel 12.1 Tarnsisi dari NFA tanpa ϵ -move.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Dasar Automata	2
Gambar 1.2	Inklusi Himpunan Hierarki Chomsky	3
Gambar 1.3	Contoh Finite State Automata.....	5
Gambar 1.4	Hierarchy Chomsky	8
Gambar 2.1	Flow Compilation	16
Gambar 3.1	Tabel AHD.....	18
Gambar 3.2	AHD dan AHN	20
Gambar 4.1.	Konsep Bentuk Normal Chomsky.....	26
Gambar 4.2.	Tahapan-tahapan pembentukan bentuk normal Chomsky	27
Gambar 5.1	Diagram Pushdown Automata.....	33
Gambar 5.2	Ilustrasi Graf Pushdown Automata	36
Gambar 6.1	Contoh tumpukan.....	41
Gambar 6.2	Operasi pop	41
Gambar 6.3	Operasi push	42
Gambar 6.4	Transisi PDA	43
Gambar 6.5	Grafik fungsi PDA	44
Gambar 6.6	Gambar string input	45
Gambar 6.7	Tumpukan PDA.....	46
Gambar 6.8	Contoh String	46
Gambar 6.9	Contoh PDA bahasa bebas konteks.....	47
Gambar 6.10	String aca	48
Gambar 6.11	Parsing	52
Gambar 6.12	Pohon parsing	53
Gambar 6.13	Pohon parsing (2).....	54
Gambar 6.14	Pohon sintaks	54
Gambar 6.15	Pohon parsing berbentuk.....	55
Gambar 8.1	Skueni gerakan mesin turing	72
Gambar 9.1	Gambar input output string.....	75
Gambar 9.2	Latihan LBA.....	76
Gambar 10.1	Hierarki Tata Bahasa (Grammar) Menurut Noam Chomsky	82
Gambar 12.1	Diagram NFA dengan epsilon.....	91
Gambar 12.2	Diagram NFA dengan epsilon.....	92

Gambar 12.3	Diagram NFA dengan epsilon.....	93
Gambar 12.4	Diagram NFA dengan epsilon	94
Gambar 12.5	Diagram NFA tanpa epsilon / ϵ -move.....	96
Gambar 12.6	Diagram NFA dengan epsilon / ϵ -move.....	96
Gambar 12.7	Diagram NFA tanpa ϵ - move.....	98



**BUKU AJAR
TEORI BAHASA DAN
AUTOMATA**



BAB

1

BAHASA DAN TATA BAHASA FORMAL

A. Teori Komputasi

Teori komputasi adalah cabang dari ilmu komputer yang mempelajari kemampuan dan batasan dari mesin dan model komputasi. Dalam konteks teori bahasa dan automata, teori komputasi fokus pada pemahaman tentang apa yang dapat dan tidak dapat dicapai oleh berbagai model komputasi. Beberapa konsep kunci dalam teori komputasi yang relevan dengan teori bahasa dan automata, antara lain:

1. Teori Automata: adalah ilmu tentang mesin abstrak (atau lebih tepatnya adalah sistem atau mesin abstrak 'matematis') dan permasalahan komputasional yang bisa diselesaikan oleh mesin-mesin ini. Mesin-mesin abstrak ini disebut sebagai automata. Automata (Αυτόματα) berarti sesuatu yang melakukan sesuatu dengan sendirinya. Teori Automata sangat dekat dengan teori bahasa formal, Automata sering diklasifikasikan oleh beberapa kelas dari bahasa formal karena mereka memiliki kemampuan untuk "mengenal". Sebuah Automaton bisa merupakan representasi bahasa formal yang terbatas yang bisa merupakan himpunan tak terbatas. Automata digunakan sebagai model teoritis untuk mesin komputasi, dan digunakan untuk kemampuan komputabilitas.

BAB

2

KOMPILASI

A. Pengertian

Arti kata teknik kompilasi:

1. Teknik adalah suatu metode atau cara
2. Kompilasi suatu proses menggabungkan serta menterjemahkan sesuatu (source program) menjadi bentuk lain
3. Compile: menterjemahkan sebuah program yang ditulis dalam bahasa pemrograman tingkat tinggi ke bahasa mesin

Translator : Compiler & Interpreter

Translator Adalah suatu program dimana mengambil input sebuah program yang ditulis pada satu bahasa program (source language) ke bahasa lain (The object on target language).

Jika source language adalah high level language, seperti cobol, pascal, fortran maka object language adalah low-level language atau mesin language. Translator seperti ini disebut COMPILER.

COMPILER vs INTERPRETER

4. Compiler bisa menangkap berbagai kesalahan dalam 1 program kode sumber secara sekaligus. Kalau Interpreter cuma bisa menangkap beberapa kesalahan pada 1 baris kode sumber pada suatu saat
5. Biasanya program yang dihasilkan compiler lebih cepat dari waktu pelaksanaan program dengan interpreter.

BAB

3

AUTOMATA HINGGA

A. Automata Hingga

Automata hingga melibatkan stata dan transisi antar stata yang merupakan tanggapan atas masukan. Otomata hingga berguna untuk merekayasa perangkat lunak-perangkat lunak tertentu termasuk komponen lexical analyzer yang terdapat pada compiler dan sistem pemeriksa kebenaran pada sirkuit atau protocol.

Automata merupakan suatu studi abstrak yang terdiri dari suatu himpunan tiga tupel yaitu $M=\{S, S, D\}$ dimana S menyatakan state (keadaan); S menyatakan input; dan D menyatakan penentuan keadaan nilai. Subjek utama dalam tulisan ini adalah mesin sekuensial, sebuah struktur penting yang menjadi dasar dari pirantipiranti, aktivitas, dan proses pengambilan keputusan, terutama yang berhubungan dengan komputer.

Automata merupakan suatu sub struktur utama dari mesin atau proses sekuensial tersebut. Pada mesin sekuensial, suatu proses dibangkitkan oleh masukan tertentu dan menghasilkan keluaran tertentu pula berdasarkan informasi yang dimiliki.

BAB

4

BENTUK NORMAL CHOMSKY (BNC)

A. Pengertian Bentuk Normal Chomsky

Bentuk Normal Chomsky/ Chomsky Normal Form (CNF) merupakan salah satu bentuk normal yang sangat berguna untuk tata bahasa bebas konteks (CFG). Bentuk Normal Chomsky dapat dibuat dari sebuah tata bahasa bebas konteks yang telah mengalami penyederhanaan, yaitu penghilangan produksi *useless*. Dengan kata lain suatu tata bahasa bebas konteks dapat dibuat menjadi bentuk normal Chomsky dengan syarat tata bahasa bebas konteks tersebut:

1. tidak memiliki produksi *useless*
2. tidak memiliki produksi unit
3. tidak memiliki produksi

Aturan produksi dalam bentuk normal Chomsky ruasnya kanannya tepat berupa sebuah terminal atau dua variabel.

Misalkan: $A \rightarrow BC \quad A \rightarrow b$

$B \rightarrow a \quad C \rightarrow BA \rightarrow d$

Alasan perlu mengubah CFG (context free grammar) ke CNF (Chomsky normal form) Seperti di bidang matematika lainnya, bentuk normal membuat banyak konsep lebih mudah untuk ditangani karena Anda dapat mengasumsikan struktur sederhana untuk mereka. Secara khusus, banyak bukti mengharuskan CFG berada di Chomsky Normal Form dan beberapa algoritma (misalnya algoritma CYK) bergantung padanya.

BAB 5

PUSHDOWN AUTOMATA

A. Teori Pushdown Automata (PDA)

Push Down Automata (PDA) merupakan mesin otomatis dari Bahasa Bebas Konteks (CFL). PDA digambarkan sebagai tempat penyimpanan tidak terbatas berupa stack/tumpukan. Stack adalah kumpulan dari elemen-elemen sejenis dengan sifat penambahan elemen dan pengambilan elemen melalui suatu tempat yang disebut top of stack (puncak stack). Kita ingat bahwa sebuah stack diketahui top/puncaknya, dengan aturan pengisian LIFO (Last In First Out). Pengambilan elemen dari stack dinyatakan dengan operasi pop, sedang memasukkan elemen kedalam stack dengan operasi push. Setiap elemen stack bisa memuat satu symbol, yang pada push down automata disebut sebagai symbol stack. Contoh sebuah stack:

Top stack →

A

D

E

Bila dilakukan operasi pop, maka kondisi stack menjadi:

Top stack →

D

E

Bila dilakukan operasi push B, maka kondisi stack menjadi:

Top stack →

B

D

E

BAB 6

EKIVALENSI PUSHDOWN AUTOMATA DAN BAHASA CONTEXT FREE

A. Context Free PDA (Push Down Automata)

Dalam ilmu komputer, sebuah robot pushdown (PDA) adalah jenis robot yang mempekerjakan stack. automata pushdown digunakan dalam teori tentang apa yang dapat dihitung oleh mesin. Mereka lebih mampu dari mesin finite-state tetapi kurang mampu dari mesin Turing. Deterministik pushdown automata dapat mengenali semua bahasa bebas konteks deterministik sementara yang nondeterministic dapat mengenali semua bahasa bebas konteks. Terutama mantan digunakan dalam desain parser.

Istilah “pushdown” mengacu pada fakta bahwa tumpukan dapat dianggap sebagai yang “didorong ke bawah” seperti dispenser nampun di kantin, karena operasi tidak pernah bekerja pada unsur-unsur lain dari elemen atas. Sebuah robot tumpukan, sebaliknya, tidak memungkinkan akses dan operasi pada elemen yang lebih dalam. Stack automata dapat mengenali satu set ketat lebih besar dari bahasa dari pushdown automata. [1] Sebuah bersarang tumpukan otomat memungkinkan akses penuh, dan juga nilai-nilai memungkinkan ditumpuk menjadi seluruh sub-tumpukan bukan hanya simbol yang terbatas tunggal.

Automata pushdown berbeda dari mesin negara yang terbatas dalam dua cara:

BAB

7

GRAMMAR CONTEXT FREE DAN PARSING

A. Terminologi Sintaks

Terminologi "Sintaks Parsing" merujuk pada proses analisis struktur sintaksis dari sebuah kalimat atau sebuah teks, dengan tujuan untuk mengidentifikasi bagaimana kata-kata dalam teks tersebut saling terhubung dan membentuk sebuah struktur yang memiliki arti yang bermakna. Proses sintaks parsing melibatkan teknik-teknik seperti analisis struktur frasa, analisis dependensi, dan analisis sintaksis berbasis aturan. Hasil dari proses parsing adalah pohon sintaksis, yang merepresentasikan struktur sintaksis dari sebuah kalimat atau teks. Pohon sintaksis ini dapat digunakan untuk memahami bagaimana kata-kata dalam teks tersebut saling terkait dan membentuk sebuah struktur yang bermakna. Sintaks parsing sangat penting dalam bidang pengolahan bahasa alami dan pengembangan sistem pemrosesan bahasa alami. Dalam konteks ini, sintaks parsing sering digunakan untuk membangun model bahasa yang dapat digunakan untuk memahami dan menghasilkan teks secara otomatis.

Pohon Sintaks berguna untuk menggambarkan bagaimana memperoleh suatu string (untaian) dengan cara menurunkan simbol-simbol non-terminal (variabel) menjadi simbol terminal. Contoh: Misal terdapat sebuah kalimat "The cat sat on the mat"²

BAB

8

MESIN TURING

A. Pengertian Mesin Turing

Mesin Turing adalah model komputasi teoritis yang ditemukan oleh Alan Turing, berfungsi sebagai model ideal untuk melakukan perhitungan matematis. Walaupun model ideal ini diperkenalkan sebelum komputer nyata dibangun, model ini tetap diterima kalangan ilmu komputer sebagai model komputer yang sesuai untuk menentukan apakah suatu fungsi dapat diselesaikan oleh komputer atau tidak (menentukan computable function). Mesin Turing terkenal dengan ungkapan " Apapun yang bisa dilakukan oleh Mesin Turing pasti bisa dilakukan oleh komputer."

Sebuah mesin turing terdiri atas barisan sel tersusun berupa pita yang dapat bergerak maju mundur, komponen aktif baca/tulis pita yang memiliki status perhitungan serta dapat mengubah/menulisi sel aktif yang ada di pita tadi, dan suatu kumpulan instruksi bagaimana komponen baca/tulis ini harus melakukan modifikasi terhadap sel aktif pada pita, serta bagaimana menggerakkan pita tersebut. Pada setiap langkah dalam komputasi, mesin ini akan dapat mengubah isi dari sel yang aktif, mengubah status dari komponen baca/tulis, dan mengubah posisi pita ke kiri atau ke kanan.

Hubungan mesin turing dengan bahasa tak hingga mesin turing sangat terkait dengan bahasa yang tidak terbatas (unrestricted language) karena mesin turing memiliki kapasitas

BAB 9

LINEAR BOUNDED AUTOMATA

A. Linier Bounded Automata

Linear Bounded Automata (LBA) adalah jenis mesin turing yang memiliki batasan. Pada tahun 1960, Myhill memperkenalkan LBA yang termotivasi dari penelitian Rabin dan Scott pada tahun 1959 tentang finite automata. LBA adalah mesin abstrak yang memiliki kemiripan dengan mesin turing, hanya saja ketika input diberikan ke dalam proses komputasi, tape tidak diperbolehkan untuk melewati wilayah batas dari infinite tape. Tape itu sendiri memiliki panjang tak terhingga dengan maksud untuk mengakomodasi masukan dari panjang yang bisa diatur semauanya.

Seperti mesin turing, Linear Bounded Automata adalah finite state machine yang dilengkapi dengan tape. Namun tidak seperti mesin turing, sistem LBA hanya memiliki state secara terbatas untuk tiap input; yaitu, untuk tiap inputnya, LBA berlaku sebagai automata terbatas. Perbedaan yang berkaitan antara LBA dan FSA adalah jumlah state pada masing-masing dari keduanya. Jumlah state pada FSA adalah tetap, sedangkan pada LBA jumlah state-nya bervariasi tergantung kepada fungsi linear dari jumlah masukan yang diberikan. Ada beberapa tata bahasa yang dapat dikenali oleh Linear Bounded Automata tetapi tidak oleh Pushdown Automata misalnya bahasa konteks sensitif.

BAB 10 | PENYEDERHANAAN TATA BAHASA BEBAS KONTEKS

A. Bahasa Alami dan Bahasa Formal

Bahasa menurut kamus Websters adalah “the body of words and methods of combining words used and understood by a considerable community”, sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), bahasa adalah:

1. Sistem lambang bunyi yang arbitrer, yang digunakan oleh anggota suatu masyarakat untuk bekerja sama, berinteraksi, dan mengidentifikasikan diri.
2. Percakapan (perkataan) yang baik, tingkah laku yang baik, sopan santun, perkataan-perkataan yang dipakai oleh suatu bangsa.

Definisi di atas mengungkapkan bahwa suatu bahasa adalah kalimat atau perkataan. Kalimat dalam sebuah bahasa dibentuk dengan menggabungkan satu atau lebih kata-kata. Perhatian kita dalam pembentukan kalimat hanya tertuju pada sintaks atau bentuk kalimat, dan bukan pada semantic atau makna kalimatnya. Bahasa komunikasi yang digunakan oleh manusia, yaitu bahasa ucap seperti bahasa Indonesia, Inggris, Jerman, Spanyol dan sebagainya disebut sebagai bahasa alami atau bahasa natural (natural language). Sintaks bahasa alami sangat rumit dan tidak mungkin untuk menspesifikasikan semua aturan sintaksnya. Bahasa yang kaidah sintaksnya dapat dispesifikasikan secara matematis dengan baik disebut bahasa formal. Bahasa formal dapat didefinisikan secara abstraks sebagai “sistem matematik”. Kaidah sintaks dalam teori bahasa

BAB 11

EKSPRESI REGULAR

A. Pengertian Ekspresi Regular

1. Definisi Ekspresi Regular

Ekspresi Regular, sering disebut juga sebagai regex atau regexp, adalah urutan karakter yang membentuk sebuah pola pencarian. Pola ini digunakan untuk mencocokkan dan mengidentifikasi urutan karakter dalam teks atau string. Dengan kata lain, ekspresi regular memberikan cara untuk menggambarkan dan mencari pola tertentu dalam data teks. Ekspresi regular bersifat sangat fleksibel, memungkinkan pencarian tidak hanya untuk karakter tertentu tetapi juga untuk pola yang lebih kompleks.

2. Sejarah Pengembangan

Konsep Ekspresi Regular pertama kali dikembangkan oleh matematikawan Amerika, Stephen Kleene, pada tahun 1950-an. Kleene memperkenalkan konsep ini sebagai bagian dari teori automata dan bahasa formal. Penggunaan ekspresi regular kemudian berkembang pesat, terutama dengan penyebaran teknologi komputer. Pada awalnya, ekspresi regular terutama digunakan dalam bahasa formal dan teori automata, tetapi seiring waktu, penggunaannya meluas ke berbagai bidang termasuk pemrosesan teks, validasi data, dan pengembangan perangkat lunak.

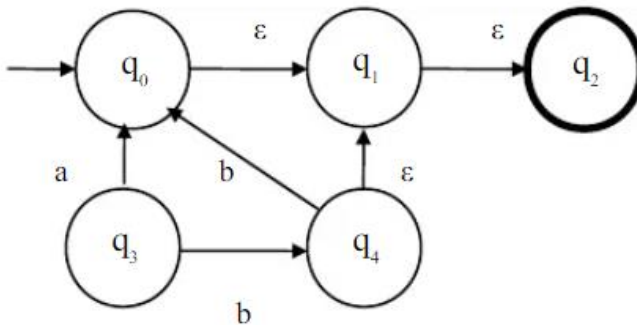
BAB 12

FINITE STATE AUTOMATA

A. NFA (Non-deterministic Finite Automata) Dengan ϵ -move

Nondeterministic Finite Automata dengan ϵ -move (ϵ -move disini bisa dianggap sebagai empty). Pada NFA dengan ϵ -move (transisi ϵ), diperbolehkan merubah state tanpa membaca input. Disebut dengan transisi ϵ karena tidak bergantung pada suatu input ketika melakukan transisi.

Contoh :



Gambar 12.1 Diagram NFA dengan epsilon

1. Dari q_0 tanpa membaca input dapat berpindah ke q_1
2. Dari q_1 tanpa membaca input dapat berpindah ke q_2
3. Dari q_4 tanpa membaca input dapat berpindah ke q_1

DAFTAR PUSTAKA

- Rustamaji, H. C. 2004. Materi Kuliah Teori Bahasa Dan Auto mata. Modul Kuliah. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Yogyakarta.
- Merliana, M. 2005. Perangkat Lunak Untuk Pembelajaran Penyederhanaan Tata Bahasa bebas Konteks dan Perubahan ke dalam Bentuk Normal Greibach Dengan Metode Subtitusi. Skripsi, Unikom. Bandung.
- Hamzah, A. 2009. Teori Bahasa Dan Automata. Yogyakarta: Aprind Press.
- Falih Pramataning Dewi. Latihan Penyederhaan Tata Bahasa Bebas Konteks - Latihan Soal Penghilangan Produksi Unit. Youtube Video, 3:33. 10 April 2020 dari <https://youtu.be/gjoLtsLyDi0?si=9RC8DbprhOKXWwj2>
- Cekguru. 2022. Penyederhanaan Tata Bahasa Bebas Konteks. Diakses pada 13 November2023, Dari <https://www.cekguru.com/2022/07/penyederhanaan-tata-bahasa-bebas-konteks.html>
- James Suciadi, "STUDI ANALISIS METODE-METODE PARSING DAN INTERPRETASI SEMANTIK PADA NATURAL LANGUAGE PROCESSING" Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Informatika - Universitas Kristen Petra
- Randy Prandana. " Metode Parsing " Program Studi Pasca Sarjana Teknik Informatika Fakultas Ilmu komputer dan Informasi Universitas Sumatera Utara
- James Allen, Natural Language Understanding, Benjamin-Cummings Publishing Company, 1991
- Michael A. Covington, Natural Language Processing for Prolog Programmers, Prentice Hall, 1994
- Gerald Gazdar and Chris Mellish, Natural Language Processing in Prolog, Addison-Wesley, 1989

- Graeme Hirst, *Semantic Interpretation and the Resolution of Ambiguity*, 1987
- Adil, A. (2018). *Pengantar Teori Bahasa Formal, Otomata, Dan Komputasi*. Deepublish.
- Aranski, A. (2018). *Teori Bahasa dan Otomata*. Pustaka Galeri Mandiri.
- Hariyanto, B. (2004). *Teori Bahasa, Otomata, dan Komputasi serta terapannya*. Bandung.
- Hopcroft, J., & Ullman, J. (1979). *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*.
- Munir, R. (2015). IF5110 - Review Teori Bahasa Formal dan Otomata. Diakses dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/TeoriKomputasi/20142015/IF5110%20-%20Review%20Teori%20Bahasa%20Formal%20dan%20Otomata.pdf>
- Huda, D. N. (2014). *Teori Bahasa dan Otomata*. Diakses dari https://elearning.sttindonesia.ac.id/pluginfile.php/557/mod_resource/content/1/Teori%20Bahasa%20Dan%20Otomata%20%28Handout%29.pdf
- Khairina, N. (2019). *Pengertian Teori Bahasa dan Otomata*. Diakses dari <http://khairina.blog.uma.ac.id/wp-content/uploads/sites/394/2019/03/Pengantar-Teori-Bahasa-dan-Otomata.pdf>
- Andre. (2015, Maret 15). Diakses melalui documents.pub: <https://documents.pub/document/teknik-kompilasi-teknik-kompilasi-i-ernastuti-sulistyo-2145-there-is-no-software.html?page=1>
- SOETANTO, H. (2004). *TEKNIK KOMPILASI*.

- Sulistyo, E. &. (2020). TEKNIK KOMPILASI .
- Erni, Erni, et al. "Penerapan Konsep Finite State Automata Pada Aplikasi Simulasi Vending Machine Jamu Tradisional." *Jurnal Informatika* 7.2 (2020): 141-147.
- Aziz, Faruq, Fadillah Said, and Adjat Sudrajat. "Penerapan Konsep Finite State Automata Dalam Proses Pendaftaran Kelas Kursus Bahasa Inggris Pada Tempat Kursus." *MATICS: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (Journal of Computer Science and Information Technology)* 12.2 (2020): 93-98.
- Mursids, 2010, Non Deterministic Finite Automata (NFA) (<http://mursids.blogspot.co.id/2010/02/nondeterministic-finite-automata-nfa.html> , diakses tanggal 9 November 2023)
- Hardi, April. 2015, Non Deterministic Finite Automata (NFA) dengan ϵ - move (<https://aprilhardi.wordpress.com/2015/04/06/nfa-nondeterministic-finite-automata-dengan-%CE%B5-move/> , diakses tanggal 9 November 2023)
- Fairuzabadi, M., 2011, Teori Bahasa dan Automata (TBO) - NFA dengan ϵ -move (<https://fairuzelsaid.wordpress.com/2011/05/17/teori-bahasa-dan-otomata-tbo-nfa-dengan-%CE%B5-move/> , diakses tanggal 9 November 2023)
- Sabariah, Karnia, M., 2011, Non Deterministic Finite Automata (NFA) dengan ϵ -move (<https://repository.unikom.ac.id/36959/1/NFAemptyMove.pdf>, diakses tanggal 10 November 2023)
- IR. NIXON ERZED, MT. (2013). "TEORI BAHASA DAN AUTOMATA". Pusat Pengembangan Bahan Ajar - UMB
- Gading Kencana , S.Kom (2013). "Teori Bahasa dan Automata Fakultas". Teknik Komputer- Universitas Cokroaminoto Palopo.

- Prayudita, R. (2018). Teori Bahasa dan Automata. Retrieved from <https://materikuliahif-unpas.blogspot.com/2018/08/teori-bahasa-dan-automata.html>
- Finite State Automata. (2013). Retrieved from <https://riskasimaremare.wordpress.com/2013/04/23/finite-state-automata/>
- Rizka, P. author By. (2020). Penjelasan Mengenai Mesin Turing, Linear Bounded Automata, Pushdown Automata, dan Finite State Automata. Retrieved from <https://rizkasedihbgt.wordpress.com/2020/03/03/penjelasan-an-mengenai-mesin-turing-linear-bounded-automata-pushdown-automata-dan-finite-state-automata/>
- Linear Bounded Automata. (n.d.). Retrieved from <https://www.tutorialspoint.com/auto>
- Riku, D. (2017). BAB V - CONTEXT FREE GRAMMAR DAN PUSH DOWN AUTOMATA. Retrieved from <https://www.academia.edu/32329194/BA>
- Mariyam, F. S. (2015). Context Free Push Down Automata (Bebas Konteks PDA). Retrieved from <https://www.academia.edu/14184825/Conte>
- Push Down Automata PDA Pertemuan 11 Mahasiswa mampu. (n.d.). Retrieved from <https://slidetodoc.com/push-down-automata-pda-pertemuan-11-mahasiswa-mampu/>
- Resa. (2016). Push Down Automata (Ekivalensi PDA dan CFG serta deterministic PDA). Retrieved from <http://web.if.unila.ac.id/resalinaoktaria/2016/06/29/push-down-automata-ekivalensi-pda-dan-cfg-serta-deterministic-pda/>
- Azis, M. (2020). 3.7 Pengantar Teori Bahasa dan Automata. Retrieved from <https://mkazis.medium.com/3-7-pengantar-teori-bahasa-dan-automata-825d0bb4f5ce>
- Prabowo, A. (2021). Teori Bahasa dan Automata : Finite State Automata. Retrieved from

<https://agungprabowo8800.medium.com/teori-bahasa-dan-automata-finite-state-automata-d678aa2ae5f7>

Ainiyyah, I. (2020). Mesin Turing (Turing Machine). Retrieved from <https://erigeoms.wixsite.com/website/post/mesin-turing>

Komputer, U. S. & T. (n.d.). Teori komputasi. Retrieved from https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Teori_kom

TENTANG PENULIS



dan pemrograman.

Vinawanda Khodijah, mahasiswa program studi Teknik Informatika di Universitas Pamulang, Pamulang, Tangerang Selatan. Pernah bekerja selama 4 tahun di 3 perusahaan berbeda, bertaraf nasional dengan bidang pekerjaan yang berbeda. Memutuskan untuk fokus belajar dan berkarir pada bidang teknologi, dan saat ini sedang menjalani kursus di bidang analisis



Beberapa kali menjadi pemakalah seminar prosiding nasional dan Internasional.

Thoyyibah. T. S. Kom. M. Kom. Lulus S1 di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi tahun 2011. Lulus S2 di IPB tahun 2014. Lulus S3 di BINUS tahun 2023. Saat ini adalah dosen tetap Universitas Pamulang. Mengampu mata kuliah Komunikasi Data, Jaringan, Automata, Kecerdasan Buatan, Logika Informatika dll. Aktif menulis artikel di berbagai jurnal ilmiah.



Agus Heri Yunial. S. Kom. M. Kom.
Lulus S1 di Program Studi Teknik Informatika Universitas Pamulang tahun 2013. Lulus S2 di STMIK Eresha tahun 2018. Saat ini adalah dosen tetap Universitas Pamulang. Mengampu mata kuliah Basis Data, Algorithma dan Pemograman, Logika Informatika, dll. Aktif menulis artikel di berbagai jurnal ilmiah. Pernah tampil pada seminar prosiding Internasional.