

Penerapan Konsep *Finite State Automata* (FSA) pada Aplikasi Simulasi *Vending Machine* Yoghurt Walagri

Ririn Suharsih¹, Firas Atqiya²

^{1,2)} Prodi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung
Jl. Soekarno Hatta No. 752, Bandung 40614

Email: ririnsuharsih@umbandung.ac.id, firasatqiya@umbandung.ac.id

ABSTRAK

Teori bahasa dan automata merupakan teori yang berkaitan dengan mesin-mesin abstrak yang di dalamnya terdapat sebuah kajian tentang *Finite State Automata* yang dapat diimplementasikan dalam rancangan sebuah *Vending Machine*. *Vending Machine* di Indonesia banyak beroperasi dengan produk seperti minuman kaleng, minuman botol plastik, kopi, makanan ringan, dan tiket. Dalam penelitian ini, akan diuraikan mengenai aplikasi simulasi *Vending Machine* yoghurt Walagri, sebuah produk minuman yoghurt binaan Departemen Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Bandung, berdasarkan implementasi *Finite State Automata*. Kesimpulan yang didapat dalam penelitian ini yaitu bahwa *Finite State Automata* dapat dijadikan sebagai logika dasar untuk membuat simulasi *Vending Machine*. Penelitian ini juga mengusulkan penggunaan *state* yang lebih sedikit, penggunaan uang kertas sebagai input dan kembalian untuk meningkatkan efisiensi dan biaya desain *Vending Machine*.

Kata kunci: Teori Bahasa dan Automata, *Finite State Automata*, *Vending Machine*, Simulasi

ABSTRACT

Language theory and automata is a theory that related to abstract machines which in there is Finite State Automata. FSA can be implemented in design of a Vending Machine. Vending Machines in Indonesia operate mostly with products such as canned drinks, plastic bottles, coffee, snacks, and tickets. This research discuss about simulating application design of Walagri Yoghurt Vending Machine, a yoghurt produced by Biotechnology Departement at the University of Muhammadiyah Bandung, based on the implementation of Finite State Automata. The conclusion obtained in this research is that Finite State Automata can be used as a basic logic for making Vending Machine simulations. This research also proposes the use of fewer states, the use of banknotes as payment and change to increase the efficiency and cost of the Vending Machine design.

Keywords: *Language Theory and Automata, Finite State Automata, Vending Machine, Simulation*

1. Pendahuluan

Ilmu komputer memiliki dua komponen utama, pertama, model dan gagasan mendasar mengenai komputasi, kedua, teknik rekayasa untuk perancangan sistem komputasi, meliputi perangkat keras dan perangkat lunak, khususnya penerapan rancangan dari teori. Teori bahasa dan automata merupakan bagian pertama. Teori Bahasa dan Automata banyak diterapkan pada perancangan digital, pembuatan bahasa pemrograman, dan kompilator (Utdirartatmo, [10]). Automata adalah suatu bentuk yang memiliki fungsi-fungsi dari komputer digital. Menerima *input*, menghasilkan *output*, bisa memiliki penyimpanan sementara, dan mampu membuat keputusan dalam mentransformasikan *input* ke *output*. Automata merupakan suatu sistem yang terdiri atas sejumlah state berhingga, dimana setiap state menyatakan informasi mengenai input sebelumnya, dan dapat pula dianggap sebagai memori mesin. *Input* pada mesin automata dianggap sebagai bahasa yang harus dikenali oleh mesin. Selanjutnya mesin automata membuat keputusan yang mengindikasikan diterima atau tidaknya *input* tersebut, sehingga mesin automata dapat dipakai untuk menghasilkan suatu bahasa yang aturannya ditentukan oleh bahasa tersebut. Teori automata sangat erat kaitannya dengan mesin-mesin abstrak. Sedang teori bahasa erat kaitannya dengan komunikasi atau penghubung baik antara sesama manusia maupun dengan yang lainnya, jika diambil dalam materi

ini maka bahasa adalah media antara manusia dengan komputer untuk saling berinteraksi (Saputra *et al.*, [8]).

Finite State Automata/state automata berhingga, selanjutnya disebut sebagai FSA, bukanlah mesin fisik tetapi suatu model matematika dari suatu sistem yang menerima *input* dan *output* diskrit (Irawan., *et al* [4]). FSA memiliki *state* yang banyaknya berhingga, dan dapat berpindah-pindah dari satu *state* ke *state* lain. Perubahan *state* ini dinyatakan dengan fungsi transisi. *State* adalah kondisi atau keadaan atau kedudukan. FSA adalah model matematika yang dapat menerima *input* dan mengeluarkan *output* yang memiliki *state* yang berhingga banyaknya dan dapat berpindah dari satu *state* ke *state* lainnya berdasarkan input dan fungsi transisi (Utdirartatmo, [10]).

Perkembangan *Vending Machine* di Indonesia masih sangat muda. Berdasarkan data Kompas (2019) baru ada 4.000 *Vending Machine* untuk melayani 250juta penduduk Indonesia (Wicaksono, *et al* [12]). *Vending Machine* yang dapat menerima sistem pembayaran uang elektronik, contohnya *e-money*, *flash*, dan kartu elektronik lainya akan semakin populer dan semakin diterima di masyarakat. Keberadaan *Vending Machine* pastinya akan terus bertambah lagi dengan banyaknya variasi ataupun pilihan jenis barang yang diberikan dan bermacam – macam nominal baik uang kertas maupun uang koin. Sebuah *Vending Machine* harus dapat melakukan proses transaksi penjualan yang sesuai berdasarkan pilihan yang diberikan pengguna. Untuk mengatasi permasalahan dalam *Vending Machine* maka akan digunakan penerapan konsep FSA pada *Vending Machine* untuk memodelkan proses transaksi secara otomatis.

Berbagai metode teknologi yang efisien dari segi waktu pengembangan maupun penggunaan dalam perancangan *Vending Machine* terus berkembang dan dikaji sampai sekarang. Persebaran *Vending Machine* di Indonesia untuk saat ini, masih memusat di perkotaan, itu pun di tempat-tempat yang keamanannya terjamin. Rasanya sulit bila *Vending Machine* menyebar ke segala penjuru (Wicaksono, *et al* [12]). Penelitian mengenai implementasi FSA dalam pengembangan *Vending Machine* terus dilakukan baik dari analisis terhadap *Vending Machine* yang sudah ada, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Sujana (Sujana, *et al*[9]), dari sisi perancangannya, seperti pada penelitian oleh Bhonde (Bhonde, *et al* [2]), Alrehily (Alrehily, *et al* [1]), dan Kumar (Kumar, *et al* [5]). Sedangkan dalam hal *lexical analysis* berikut desainnya telah dibahas oleh Ezhilarasu (Ezhilarasu, *et al* [3]), maupun simulasinya oleh Saputra (Saputra, *et al* [8]), dan Irawan (Irawan, *et al*[4]). Pada penelitian sebelumnya, sebagian besar rancangan menggunakan uang logam sebagai *input*, sedangkan pada penelitian ini, dibuat simulasi *Vending Machine* dengan *input* berupa uang kertas serta dapat mengeluarkan kembalian berupa uang kertas juga. Hal ini dilakukan agar transaksi lebih efisien. Nominal maksimal *input* juga dipilih hanya sampai lima puluh ribu rupiah agar *Vending Machine* ini tidak dijadikan mesin penukar uang bagi pengguna. Pembatasan ini dilakukan sebagai antisipasi agar stok kembalian tidak cepat habis. Salah satu kendala utama yang terjadi pada pengoperasian *vending machine* ialah stok uang kembalian yang kerap habis, yang menjadikan mesin tidak berfungsi. Desain FSA pada rancangan *vending Machine* Yoghurt Walagri ini menggunakan sedikit *state*, ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan biaya desain *Vending Machine*. Sejalan dengan pendapat Alrehily bahwa, efisiensi *Vending Machine* dianggap sebagai masalah. Untuk meningkatkan efisiensi, teori automata bergantung pada desain FSA dan *Visual Automata Simulator* (VAS) yang digunakan sebagai metode (Alrehily, *et al* [1]).

Dalam penelitian ini dibuat sebuah aplikasi simulasi *Vending Machine* yang dapat melakukan proses transaksi penjualan yoghurt Walagri seharga sepuluh ribu rupiah. Aplikasi ini membutuhkan *input* berupa uang dan rasa yoghurt yang dipilih, sedangkan *output*nya adalah enam macam rasa yoghurt Walagri (leci, stroberi, *sweet ori*, *original*, coklat, dan vanila) sesuai dengan pilihan *pengguna* beserta uang kembalian (jika ada). Uang yang digunakan adalah nominal sepuluh ribu rupiah, dua puluh ribu rupiah, dan lima puluh ribu rupiah. Aplikasi ini juga dapat memberikan kembalian jika nominal uang lebih besar daripada harga yoghurt. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan konsep *Finite State Automata* (FSA) pada aplikasi simulasi *Vending Machine* yoghurt Walagri. Penerapan konsep FSA dipilih karena automata terbatas adalah mesin yang lebih sederhana, yang awalnya diusulkan untuk dimodelkan fungsi otak manusia (Ezhilarasu, *et al* [3]).

2. Metode Penelitian

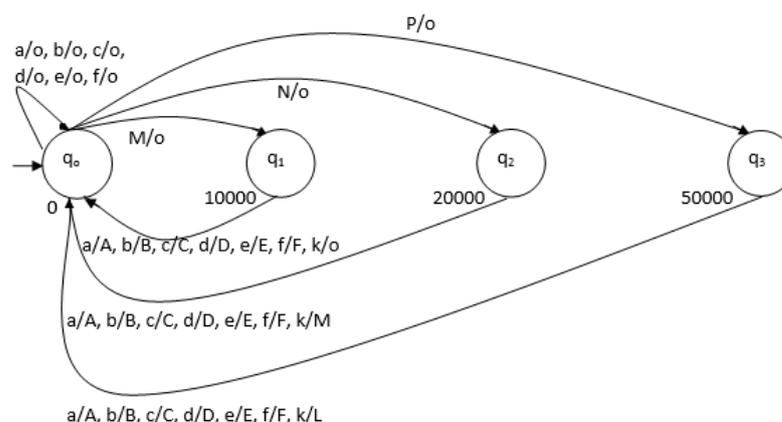
Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah *formal methods*. *Formal methods* atau metode formal, dalam ilmu komputer dan rekayasa perangkat lunak, adalah suatu pemodelan matematika, yang dapat digunakan untuk menjembatani (spesifikasi formal) pembuatan, pengembangan dan verifikasi perangkat keras dan piranti lunak, yang dapat digunakan dari perancangan awal sampai pengujian hasil (Wamiliana, *et al.*, [11]).

Pada beberapa masalah spesifik yang berkaitan dengan keputusan dan model mesin hanya tepat jika solusinya didasarkan pada solusi automata. Kelebihan penggunaan teori automata dibanding *decision tree* dalam memodelkan ruang keadaan adalah lebih sederhana jika terdapat beberapa keadaan yang berulang. Penerapan teoritis automata untuk pengembangan suatu sistem adalah dengan menggunakan teori automata sebagai sebuah paradigma yang menggabungkan spesifikasi sistem verifikasi dan sintesis (Lenti, [6]). Sedangkan, tujuan asumsi *decision tree* yakni untuk memahami kasus dan seluruh aspek terkait, menggambarkan kerangka berfikir yang sistematis, menggambarkan struktur pengambilan keputusan yang dibuat oleh *decision maker* sepanjang tahapan atau urutan waktu termasuk seluruh kemungkinan keputusan dan *outcomes* (Padmasari, *et al* [7]).

2.1 Spesifikasi Formal (*Formal Specification*)

Spesifikasi formal atau *formal specification* adalah spesifikasi yang dinyatakan dalam bentuk bahasa yang didefinisikan secara formal untuk menggambarkan apa yang harus dilakukan perangkat lunak (Wamiliana, *et al.*, [11]). Spesifikasi formal yang akan digunakan pada penelitian ini berorientasi model yaitu dengan membuat suatu model perilaku sistem menggunakan obyek matematika seperti set dan urutan, yaitu diantaranya *state charts* dan automata model teoritis. Untuk memulai rancangan aplikasi, yang perlu dilakukan adalah membuat sebuah *diagram state* sebagai patokan pendefinisian tupel dan alur program. Saat merancang *state machine*, dibuat suatu diagram keadaan untuk menggambarkan secara grafik keadaan yang berbeda dan bagaimana mereka berinteraksi. *Diagram state* digunakan sebagai kerangka desain untuk *state machine*. *Diagram state* memudahkan untuk mengembangkan dan memahami fungsi saat menggunakan mesin (Sujana, *et al.*, [9]). Dalam penelitian ini digunakan *Mealy Machine* sebagai *diagram state*. *The capacity of Mealy machine is the yield relies upon the present state and also on the info* (Bhonde, *et al* [2]). Mesin *Mealy* adalah FSA yang menghasilkan keluaran berdasarkan *state* saat itu dan *inputnya*.

Input yang digunakan berupa uang kertas sepuluh ribu rupiah, dua puluh ribu rupiah, dan lima puluh ribu rupiah dan *output* adalah enam macam rasa yoghurt seharga sepuluh ribu rupiah. Berdasarkan batasan tersebut, maka dapat dibuat *diagram state* seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan diagram transisi aplikasi simulasi *Vending Machine* yoghurt Walagri

Pendefinisian Tuple

Mealy machine didefinisikan dengan enam tupel.

$M=(Q,\Sigma,\delta,S,\Delta, \lambda)$

dengan:

Q: himpunan *state*
 Σ : himpunan simbol input
 δ : fungsi transisi
S: *state* awal
 Δ : himpunan simbol output
 λ : fungsi *output*.

Sehingga dapat didefinisikan sebagai berikut:

Q = {q₀, q₁, q₂, q₃}
 Σ = {a, b, c, d, e, f, M, N, P, k}
S = {q₀}
 Δ = {A, B, C, D, E, F, o}

Keterangan:

- o : tidak ada
- a : memilih yoghurt rasa leci
- b : memilih yoghurt rasa stroberi
- c : memilih yoghurt rasa *original*
- d : memilih yoghurt rasa *sweet ori*
- e : memilih yoghurt rasa vanila
- f : memilih yoghurt rasa coklat
- M : uang sepuluh ribu
- N : uang dua puluh ribu
- P : uang lima puluh ribu
- L : dua lembar uang dua puluh ribu
- k : uang kembalian

Terdapat sebelas *input* pada mesin ini, yaitu a (memilih yoghurt rasa leci), b (memilih yoghurt rasa stroberi), c (memilih yoghurt rasa original), d (memilih yoghurt *rasa sweet ori*), e (memilih yoghurt rasa vanila), f (memilih yoghurt rasa coklat), m (uang sepuluh ribu), n (uang dua puluh ribu), p (uang lima puluh ribu), k (uang kembalian). Sedangkan *output*nya ada sembilan, antara lain A (mengeluarkan yoghurt rasa leci), B (mengeluarkan yoghurt rasa stroberi), C (mengeluarkan yoghurt rasa original), D (mengeluarkan yoghurt rasa *sweet ori*), E (mengeluarkan yoghurt rasa *vanila*), F (mengeluarkan yoghurt rasa coklat).

Diagram transisi tersebut menggambarkan spesifikasi proses yang terdapat pada *Vending Machine* yoghurt walagri yang menerapkan konsep FSA. Mesin akan mengikuti pola alur dari proses transaksi penjualan minuman sesuai dengan pilihan rasa yang tersedia. Selanjutnya dilakukan proses mengeluarkan minuman sesuai dengan bahasa yang dibaca.

2.2 Implementasi

Sebuah *use case diagram* berfungsi untuk mendeskripsikan tindakan sistem dari sudut pandang *pengguna*, sebagai deskripsi fungsional dari sebuah sistem dan proses utamanya, serta menjelaskan secara visual siapa yang menggunakan sistem dan bagaimana interaksinya (Wamiliana, *et al.*, [11]). *Use case diagram* untuk *pengguna* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Use case diagram* untuk *pengguna*

Setelah melakukan spesifikasi maka tahap selanjutnya adalah implementasi. Spesifikasi formal yang telah ditentukan sebelumnya kemudian diimplementasikan kedalam suatu kode program yang menerapkan konsep FSA didalam kode program tersebut.

2.3 Pengujian

Pada penelitian ini teknik verifikasi formal yang digunakan adalah *model checking*. Dalam pengujian ini diuji apakah desain memang seperti yang diharapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada aplikasi simulasi *Vending Machine* yoghurt walagri diterapkan konsep FSA untuk pemodelan proses penjualan yoghurt walagri secara otomatis. Hasil aplikasi simulasi dapat diakses di *walagri.netlify.com*. Tampilan aplikasi simulasi *Vending Machine* yoghurt walagri ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan aplikasi simulasi *Vending Machine* yoghurt Walagri

Pengguna memasukkan uang dengan cara *drag drop*. Lalu aplikasi akan membaca nilai uang yang dimasukkan. Kemudian *pengguna* memilih yoghurt yang diinginkan. Stok uang kembalian hanya untuk menguji sistem jika uang kembalian habis. Jika *pengguna* memasukan uang dua puluh ribu rupiah lalu memilih yoghurt rasa *original*, maka mesin akan mengeluarkan yoghurt rasa *original* dan kembalian berupa satu lembar uang nominal sepuluh ribu rupiah serta stok yoghurt *original* berkurang satu. Stok uang kembalian sepuluh ribu berkurang satu dan stok uang kembalian dua puluh ribu bertambah satu. Tampilan aplikasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan output aplikasi simulasi

Setelah implementasi, aplikasi selanjutnya diuji apakah sesuai dengan rancangan atau tidak. Hasil dari pengujian yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar hasil pengujian aplikasi

No	Pengujian	Keterangan
1	Kesesuaian output dengan input pilihan rasa yoghurt yang diberikan	Baik
2	Kesesuaian output uang kembalian dengan pilihan input yang diberikan	Baik
3	Pengurangan stok yoghurt dan uang kembalian	Baik
4	Pengisian stok yoghurt dan uang kembalian (reset aplikasi)	Baik
5	Pemberitahuan informasi (respon aplikasi) jika uang kembalian habis	Baik
6	Pemberitahuan informasi (respon aplikasi) jika yoghurt yang dipilih habis	Baik

4. Simpulan

Finite State Automata (FSA) dapat menjadi logika dasar untuk merancang suatu Vending Machine yang fleksibel dalam proses penjualan yoghurt Walagri dengan berbagai rasa dan variasi

kembaliannya. Konsep FSA pada *Vending Machine* diterapkan dengan cara FSA membaca setiap simbol masukan yang diberikan menjadi suatu bahasa yang dikenali oleh FSA. Mesin selanjutnya akan melakukan proses pengeluaran minuman berdasarkan rasa yang diinginkan beserta uang kembalian sesuai dengan bahasa yang telah dibaca oleh FSA. Penerapan konsep FSA dapat menjadi salah satu alternatif untuk merancang sebuah *Vending Machine* serta dapat dijadikan bahan pertimbangan dan acuan untuk pengembangan aplikasi selanjutnya yang sejenis.

Daftar Pustaka

1. Alrehily, A., Fallatah, R., Thayananthan, V., 2015. *Design of Vending Machine using Finite State Machine and Visual Automata Simulator*. International Journal of Computer Applications, 115(18), 37-42.
2. Bhonde, P.V., Thakur, S. 2018. *Review on Design Simulation of Smart Vending Machine Using FPGA*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 6(4), 1558-1560.
3. Ezhilarasu, P., Khrisnaraj, N. 2015. *Application of Finite Automata in Lexical Analysis and as a Ticket Vending Machine – A review*. International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET), 6(5), 267-270.
4. Irawan, J. C., Pakereng, I. M., & Somya, R. 2012. *Perancangan dan Implementasi Finite Automata pada Simulasi VENDING MACHINE*. de CARTESIAN, 1(1), 42-52.
5. Kumar, A.K., Ashritha, G., Deepika, D. 2018. *Design of Vending Machine Using Verilog HDL*. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 6(7), 1346-1350.
6. Lenti, F.N. 2006. *Pendekatan Teori Automata Untuk Menyelesaikan Aplikasi-Aplikasi Di Bidang Ilmu Kecerdasan Buatan*. Proceeding COMMIT: Komputasi dan Sistem Intelejen, 4. pp. 12-18.
7. Padmasari, A.C., Kusuma K, A., Anggraeni, I. 2019. *Penerapan Model Decision Tree Untuk Rancangan Game Multiplayer Berbasis Jaringan (Uka-Uka Treasure Hunter)*. Edsence: Jurnal Pendidikan Multimedia, 1(1), 19-24.
8. Saputra, T.I., Fauziah, Gunaryati, A. 2018. *Vending Machine dengan Mengimplementasikan Finite State Automata*. Journal of Information Technology and Computer Science (JOINTECS), 3(3), 281-286.
9. Sujana, D., Sari, K.M., & Ulum, N.M. 2018. *Analisa Sistem Dan Implementasi Pada Vending Machine Red Boks Di Gedung A UNIS Tangerang Dengan Menggunakan Metode Finite State Automata (FSA)*. JUTIS, 6(2), 67-70.
10. Utdirartatmo, F. 2005. *Teori Bahasa dan Otomata*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
11. Wamiliana, W., Kurniawan, D., & Melly, R. I. 2013. *Penerapan Konsep Finite State Automata (FSA) pada Mesin Pembuat Minuman Kopi Otomatis*. Jurnal Komputasi, 1(1), 83-90.
12. Wicaksono, T.H., Amrizal, F.D., Mumtahana, H.A. 2019. *Pemodelan Vending Machine dengan Metode FSA (Finite State Automata)*. DoubleClick: Journal of Computer and Information Technology, 2(2), 67-69.

