

**SISTEM REKOMENDASI TEMPAT MAKAN
MENGUNAKAN COLLABORATIVE FILTERING**

Skripsi



Disusun oleh:

BRAMMATIA MAHARDHICHA

71110070

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA

2015

**SISTEM REKOMENDASI TEMPAT MAKAN
MENGUNAKAN COLLABORATIVE FILTERING**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh:

BRAMMATIA MAHARDHICHA

71110038

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA**

2015

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

SISTEM REKOMENDASI TEMPAT MAKAN MENGGUNAKAN COLLABORATIVE FILTERING

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 30 September 2015




BRAMMATIA MAHARDHICHA
71110070

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : SISTEM REKOMENDASI TEMPAT MAKAN
MENGUNAKAN COLLABORATIVE FILTERING
Nama Mahasiswa : BRAMMATIA MAHARDHICHA
N I M : 71110070
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TIW276
Semester : Gasal
Tahun Akademik : 2015/2016

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 3 September 2015

Dosen Pembimbing I



Budi Susanto, SKom.,M.T.

Dosen Pembimbing II



Antonius Rachmat C., S.Kom.,M.Cs.

HALAMAN PENGESAHAN

SISTEM REKOMENDASI TEMPAT MAKAN MENGGUNAKAN COLLABORATIVE FILTERING

Oleh: BRAMMATIA MAHARDHICHA / 71110079

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 16 September 2015

Yogyakarta, 30 September 2015

Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Budi Susanto, S.Kom., M.T.
2. Antonius Rachmat C., S.Kom., M.Cs.
3. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.
4. Willy Sudiarto Raharjo, S.Kom., M.Cs.



Dekan

Budi Susanto
(Budi Susanto, S.Kom., M.T.)

Ketua Program Studi

Gloria Virginia
(Gloria Virginia, Ph.D.)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, skripsi yang berjudul “Sistem Rekomendasi Tempat Makan Menggunakan Collaborative Filtering” dapat terselesaikan. Penulis menyusun skripsi ini dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Informatika. Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Penulis menyadari banyak masukan, saran, dan campur tangan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis hendak berterima kasih kepada:

1. Bapak Budi Susanto, S.Kom.,M.T., selaku dosen pembimbing I, yang telah banyak membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Antonius Rachmat C., S.Kom.,M.Cs., selaku dosen pembimbing II yang juga telah banyak membimbing, memberikan bantuan dan masukan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Keluarga terkasih, mama dan kakak saya yang memberikan dukungan dan semangat hingga skripsi ini bisa selesai.
4. Teman-teman Teknik Informatika Universitas Kristen Duta Wacana angkatan 2011 yang telah memberikan dukungan, bantuan dan telah bersama-sama berjuang untuk menyelesaikan skripsi dan saling memberi semangat.
5. Teman-teman yang selalu memotivasi saya untuk segera menyelesaikan masa studi saya terutama Ivana, Abidin, Handoko yang tidak bosan mengingatkan saya.
6. Terakhir, penulis hendak berterima kasih pula untuk setiap nama yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas dukungan dan doa yang telah diberikan tanpa diketahui penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan pada topik dalam skripsi ini dan penulisannya yang masih banyak terdapat kekurangan.

Oleh karena itu, penulis sangat menghargai dan menerima jika ada berbagai masukan dari para pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan-penulisan Skripsi di masa yang akan datang. Penulis meminta maaf bila ada kesalahan dalam penulisan skripsi ini.

Terima Kasih

©UKYDWN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “SISTEM REKOMENDASI TEMPAT MAKAN MENGGUNAKAN COLLABORATIVE FILTERING”.

Dengan selesainya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan masukan-masukan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari bentuk penyusunan maupun materinya. Oleh karena itu segala kritikan dan saran yang membangun akan penulis terima dengan baik. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada kita sekalian.

Yogyakarta, Mei 2015

Penulis

ABSTRAK

Di jaman modern sekarang ini, pilihan tempat makan yang ada sangat banyak, berbagai fasilitas dan jenis makanan, dan harga yang ditawarkan. Melihat dari jumlah tempat makan yang sangat banyak, dibutuhkan sistem rekomendasi yang dapat menyaring informasi berdasarkan kebutuhan.

Beberapa metode yang sering digunakan dalam sistem rekomendasi antara lain *Content-based recommendation*, *Collaborative-based recommendation*, *Hybrid-based recommendation*, dan beberapa ada yang metode lainnya. Pada penelitian kali ini penulis memilih untuk menggunakan metode *Collaborative Filtering* karena yang menjadi acuan adalah rating dari pengguna terhadap item. Selain itu juga digunakan metode *Demographic Attribute* untuk penanggulangan bagi pengguna baru yang menggunakan profil pengguna sebagai acuan. Kedua algoritma tersebut sama – sama menghitung kedekatan antar pengguna dan memprediksi rating pengguna kemudian merekomendasikannya.

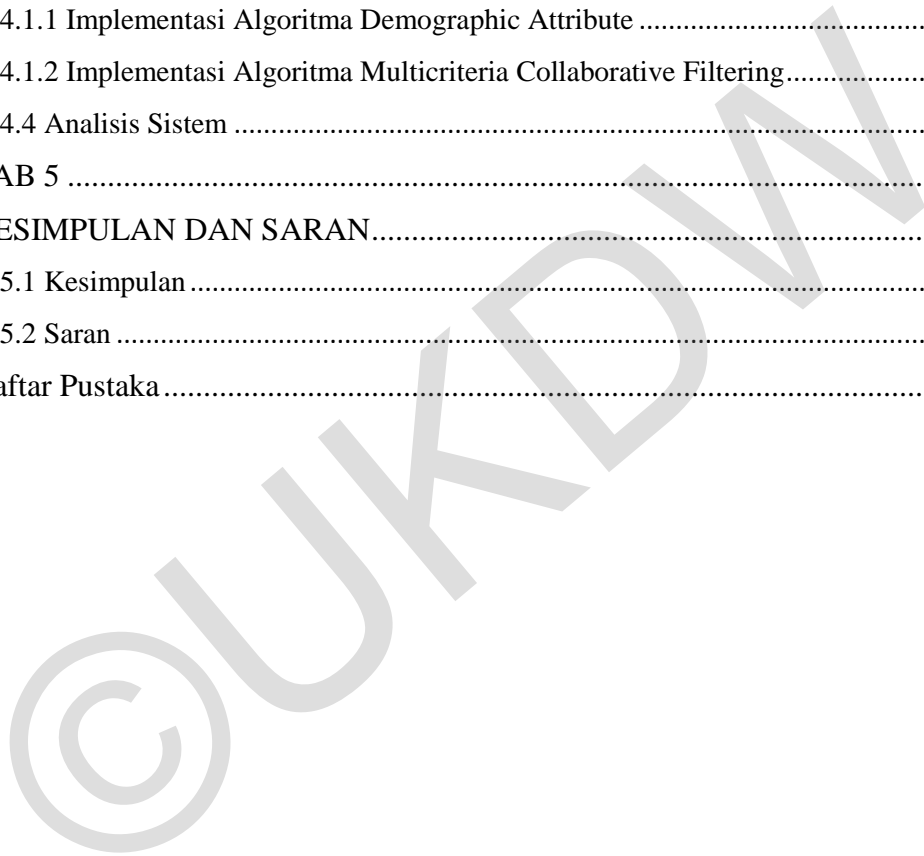
Penelitian ini menghasilkan suatu sistem rekomendasi tempat makan yang sesuai dengan keinginan pengguna dengan prosentase kesesuaian 53,33% menggunakan metode *Collaborative Filtering* dan 35,55% menggunakan metode *Demographic Attribute*.

Kata kunci: Collaborative Filtering, Demographic Attribute, rekomendasi, rating, tempat makan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Sistem.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Sistem Rekomendasi.....	7
2.2.2 Collaborative Filtering	7
2.2.2.1. User Based Collaborative Filtering.....	8
2.2.3. Demographic Attribute	10
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	13
3.1. Spesifikasi Sistem	13
3.2. Use Case Diagram	13
3.3. Flowchart	18
3.4. Rancangan basis data.....	19

3.4.1	Kamus Data	19
3.4.2	Skema Diagram	24
3.5	Rancangan Antarmuka.....	25
3.6	Rancangan Pengujian.....	31
BAB 4	.....	32
PENERAPAN DAN ANALISIS SISTEM	.....	32
4.1	Implementasi Sistem.....	32
4.1.1	Implementasi Algoritma Demographic Attribute	32
4.1.2	Implementasi Algoritma Multicriteria Collaborative Filtering.....	34
4.4	Analisis Sistem	36
BAB 5	.....	45
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
Daftar Pustaka	.....	46



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel User Multitasking.....	9
Tabel 3.1 Keterangan Use Case Memberikan Rating	15
Tabel 3.2 Keterangan Use Case Rekomendasi Tempat Makan	15
Tabel 3.3 Keterangan Use Case Pendaftaran Akun	16
Tabel 3.4 Keterangan Use Case Login	16
Tabel 3.5 Keterangan Use Case Demographic Attribute	17
Tabel 3.6 Keterangan Use Case Multicriteria Collaborative Filtering	17
Tabel 3.7 Keterangan Use Case Rekomendasi Tempat Makan	18
Tabel 3.8 Keterangan Use Case Tambah Data	18
Tabel 3.9 Parameter Demographic Filtering	25
Tabel 4.1 Rating pengguna yang akan diuji	37
Tabel 4.2 Kesamaan pengguna yang akan diuji dengan pengguna lain dengan metode collaborative filtering.....	39
Tabel 4.3 Kesesuaian rekomendasi collaborative filtering dengan pengguna..	42
Tabel 4.4 Kesamaan pengguna yang akan diuji dengan pengguna lain dengan metode demographic attribute	43
Tabel 4.5 Kesesuaian rekomendasi demographic attribute dengan pengguna ..	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rating item tiap kriteria.....	9
Gambar 3.1 Use case diagram	13
Gambar 3.2 Flowchart alur kerja sistem rekomendasi pada aplikasi rekomendasi tempat makan.....	18
Gambar 3.3 Relasi antar table database.....	24
Gambar 3.4 Rancangan Antarmuka Halaman Login	25
Gambar 3.5 Rancangan Antarmuka Halaman Awal Untuk Pengguna	26
Gambar 3.6 Rancangan Antarmuka Halaman Awal Administrator	27
Gambar 3.7 Rancangan Antarmuka Halaman Tambah Tempat Makan	27
Gambar 3.8 Rancangan Antarmuka Halaman Data Makanan	28
Gambar 3.9 Rancangan Antarmuka Halaman Tambah Makanan	28
Gambar 3.10 Rancangan Antarmuka Halaman Hasil Pencarian	29
Gambar 3.11 Rancangan Antarmuka Halaman Detail Makanan.....	30
Gambar 3.12 Rancangan Antarmuka Halaman Daftar	30
Gambar 4.1 Halaman Daftar Pengguna.....	32
Gambar 4.2 <i>Pseudocode Demographic Attribute</i>	33
Gambar 4.3 Halaman Utama.....	34
Gambar 4.4 <i>Pseudocode Multicriteria Collaborative Filtering</i>	35
Gambar 4.5 Grafik MAE Collaborative Filtering	40
Gambar 4.6 Grafik MAE Demographic Attribute	43

ABSTRAK

Di jaman modern sekarang ini, pilihan tempat makan yang ada sangat banyak, berbagai fasilitas dan jenis makanan, dan harga yang ditawarkan. Melihat dari jumlah tempat makan yang sangat banyak, dibutuhkan sistem rekomendasi yang dapat menyaring informasi berdasarkan kebutuhan.

Beberapa metode yang sering digunakan dalam sistem rekomendasi antara lain *Content-based recommendation*, *Collaborative-based recommendation*, *Hybrid-based recommendation*, dan beberapa ada yang metode lainnya. Pada penelitian kali ini penulis memilih untuk menggunakan metode *Collaborative Filtering* karena yang menjadi acuan adalah rating dari pengguna terhadap item. Selain itu juga digunakan metode *Demographic Attribute* untuk penanggulangan bagi pengguna baru yang menggunakan profil pengguna sebagai acuan. Kedua algoritma tersebut sama – sama menghitung kedekatan antar pengguna dan memprediksi rating pengguna kemudian merekomendasikannya.

Penelitian ini menghasilkan suatu sistem rekomendasi tempat makan yang sesuai dengan keinginan pengguna dengan prosentase kesesuaian 53,33% menggunakan metode *Collaborative Filtering* dan 35,55% menggunakan metode *Demographic Attribute*.

Kata kunci: Collaborative Filtering, Demographic Attribute, rekomendasi, rating, tempat makan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di jaman modern sekarang ini, pilihan tempat makan yang ada sangat banyak, berbagai fasilitas dan jenis makanan, dan harga yang ditawarkan. Melihat dari jumlah tempat makan yang sangat banyak, dibutuhkan sistem rekomendasi yang dapat menyaring informasi berdasarkan kebutuhan.

Sistem tersebut memberikan rekomendasi tempat makan yang sesuai dengan keinginan pengguna. Ada beberapa metode atau teknik yang digunakan dalam sistem rekomendasi. Setiap metode disesuaikan dengan permasalahan dalam menghasilkan sebuah informasi yang sesuai. Belka dan Plöbñig (2004) menyatakan metode atau pendekatan yang dipilih pada sistem rekomendasi bergantung pada permasalahan yang akan diselesaikan, teknik rekomendasi yang berbeda-beda digunakan untuk aplikasi yang berbeda, dasar dari suatu tujuan dan objektif dari sebuah aplikasi. Beberapa metode yang sering digunakan dalam sistem rekomendasi antara lain *Content-based recommendation*, *Collaborative-based recommendation*, *Hybrid-based recommendation*, dan beberapa ada yang metode lainnya.

Content-based recommendation adalah hasil dari penelitian penyaringan informasi dalam sistem berbasis konten. Sistem rekomendasi berbasis konten dimulai dengan memahami kebutuhan user (pengguna), preferensi dan kendala jika ada. Informasi ini digabungkan dengan log dari interaksi user sebelumnya (jika ada) untuk membangun profil pengguna (Sharda N., 2007). Sistem menggunakan informasi profil user kemudian mencocokkannya dengan informasi tentang produk yang telah tersimpan di database. Namun menurut Li, Qing dan Kim, Byeong Man (2002) sistem rekomendasi berbasis konten memiliki kelemahan

penyaringan berbasis konten sulit untuk menghasilkan rekomendasi yang tidak teduga (serendipitous recommendation), karena semua informasi dipilih dan direkomendasikan berdasarkan konten dan tidak reliable(handal) tidak adanya ide, pendapat serta masukan dari pengguna sebelumnya yang sulit dianalisis oleh komputer sehingga sulit untuk user(pengguna) pemula memakai sistem ini secara efektif.

Pada penelitian kali ini penulis memilih untuk menggunakan metode *Collaborative Filtering* karena yang menjadi acuan adalah rating dari pengguna terhadap item, bukan data profil dari pengguna, dan hal yang lain, sehingga metode ini merupakan metode yang paling cocok digunakan dengan menggunakan pendekatan *user-based* yaitu perhitungan berdasarkan kesamaan antara satu pengguna dengan pengguna lain berdasar pada rating pengguna satu dengan pengguna lain terhadap item-item yang sudah di rating dan *item-based* yaitu perhitungan berdasarkan kesamaan antara satu item dengan item yang lain dengan cara melihat rating yang diberikan oleh para pengguna terhadap kedua item yang akan dihitung kemiripannya. Kedua pendekatan tersebut dilakukan berdasarkan rating untuk menghasilkan informasi inputan dari pengguna dan akan menghasilkan rekomendasi tempat makan yang cocok untuk pengguna.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana menghasilkan sistem rekomendasi yang akurat sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pengguna menggunakan Collaborative Filtering dan Demographic Attribute.

1.3. Batasan Sistem

Berdasarkan rumusan masalah di atas, dilakukan batasan masalah sebagai berikut :

- a. Studi kasus yang dilakukan terhadap tempat makan yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta.
- b. Data yang digunakan adalah rating pengguna terhadap tempat makan.
- c. Algoritma sistem rekomendasi yang digunakan adalah *Collaborative Filtering* dan *Demographic Filtering* dengan pendekatan *user-based*.
- d. Sistem rekomendasi akan merekomendasikan tempat makan berdasarkan batasan seperti harga, jenis makanan, fasilitas tempat.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian pada kasus rekomendasi tempat makan yang cocok untuk pengguna ini bertujuan untuk :

- a. Mengembangkan sebuah sistem yang dapat memberikan rekomendasi tempat makan menggunakan algoritma Collaborative Filtering dan Demographic Filtering dengan pendekatan *user-based*.
- b. Membantu pengguna dalam menentukan pilihan tempat makan.
- c. Menentukan ketepatan hasil rekomendasi yang menggunakan Collaborative Filtering dan Demographic Filtering

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian dan pengembangan sistem rekomendasi buku menggunakan Collaborative Filtering ini, langkah-langkah yang diterapkan sebagai berikut:

a. Pengambilan Data

- 1) Pembuatan dataset dilakukan secara manual oleh penulis yang bersumber dari website kuliner(www.foodspoting.com, www.gudeg.net dan www.hahap.com).

b. Implementasi

- 1) Mengklasifikasi data training menggunakan keseluruhan data makanan yang di rating oleh pengguna.
- 2) Membandingkan kesamaan pengguna dengan pengguna lain berdasarkan makanan-makanan yang telah di rating oleh pengguna dan pengguna lain jika pengguna belum memiliki data rating maka akan dihitung berdasarkan biodata dari pengguna.
- 3) Mencari makanan-makanan yang telah di rating oleh pengguna lain yang memiliki kesamaan dengan pengguna.
- 4) Memprediksi rating pengguna untuk setiap makanan dari hasil pencarian, kemudian menampilkan hasil prediksi rating

c. Analisis dan Pengujian

- 1) Menentukan jumlah sampel yang akan diuji
- 2) Menghitung keakuratan prediksi rating.

- 3) Mengolah hasil perhitungan keakuratan prediksi dan tingkat keberhasilan penelitian

1.6 Sistematika Penulisan

Konsep penelitian dan sistem akan dijelaskan pada Bab 1, Bab 2 dan Bab 3. Bab 1 merupakan pendahuluan dari penelitian ini berupa gambaran penelitian yang akan dibuat meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan. Bab 2 akan menjelaskan tentang landasan teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian tentang sistem rekomendasi ini, yaitu algoritma *Collaborative Filtering* yang berdasarkan dari kesamaan pengguna dan kesamaan item, serta metode dan untuk menguji hasil rekomendasi dengan kuisisioner. Pada Bab 3 berisi tentang analisis dan implementasi sistem yang akan dikembangkan yang terdiri dari usecase, penjelasan tentang masukan data, database, dan penjelasan tentang antarmuka dari sistem yang akan dibangun untuk mempermudah pengguna dalam memanfaatkan sistem tersebut.

Yang terakhir adalah hasil dan analisis sistem yang dijelaskan pada Bab 4 dan Bab 5. Bab 4 akan menjelaskan tentang implementasi dan analisis sistem yang akan menjelaskan tentang keluaran yang dihasilkan oleh sistem yang berkaitan dengan penelitian ini, dalam hal ini metode *Multicriteria Collaborative Filtering* dan *Demographic Filtering* yang digunakan untuk sistem rekomendasi, dan akan diuji dengan mean absolute error (MAE) hasil keluaran dari sistem rekomendasi tersebut. Pada Bab 5 adalah kesimpulan dan saran, bagian ini menjawab rumusan masalah yang telah dijabarkan dan menyimpulkan hasil analisis yang telah dilakukan selama penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah menyelesaikan tahap implementasi dan pengujian hasil rekomendasi sistem, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Algoritma Collaborative Filtering dan Demographic Attribute dapat diimplementasikan untuk mengembangkan sistem rekomendasi tempat makan dengan parameter riwayat rating dan profil pengguna.
2. Sistem rekomendasi menggunakan Collaborative Filtering dapat menghasilkan rekomendasi dengan prosentase kesesuaian antara rekomendasi sistem dengan keinginan pengguna sebesar 82,22%, sedangkan sistem rekomendasi menggunakan Demographic Attribute dapat menghasilkan rekomendasi dengan prosentase kesesuaian antara rekomendasi sistem dengan keinginan pengguna sebesar 76.44%.
3. Sistem rekomendasi menggunakan Collaborative Filtering cenderung memiliki nilai kesalahan besar pada iterasi ketiga, artinya semakin sedikit data yang dimiliki pengguna maka akurasi prediksinya semakin kecil.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk pengembangan sistem atau penelitian selanjutnya :

1. Keyword yang dijadikan parameter untuk kesamaan pengguna pada Demographic Attribute sebaiknya unik agar menghasilkan nilai similarity yang lebih baik.
2. Sistem rekomendasi menggunakan collaborative filtering akan lebih optimal jika lebih banyaknya pengguna berbanding lurus dengan banyaknya rating yang dilakukan, sehingga nilai kesamaan pengguna yang dihasilkan akan lebih baik.

Daftar Pustaka

- Uyun, S., Fahrurrozi, I., & Mulyanto, A. (2011). Item Collaborative Filtering untuk rekomendasi buku secara online. *JUSI* .
- Ampaziz, N. (2008). Collaborative Filtering via Concept Decomposition on the Netflix Dataset. *ECAI Workshop on Recommender System* .
- Chen, T., & He, L. (2009). Collaborative Filtering based on demographic attribute vector. *Future Computer and Communication* , 2.
- Christianti, M., & Hadiguna, C. (2011). Aplikasi E-Commerce dengan Sistem Rekomendasi Berbasis Collaborative Filtering pada Toko Komputer Ekaria. *Jurnal Informatika, Vol. 7, No.2* .
- Purwanto, A. (2009). Metode Analisis Rekomendasi Pada Sistem Rekomendasi.
- Sahal, R., Selim, S., & ElKorany, A. (2014). An Adaptive Framework for Enhancing Recommendation Using Hybrid Techniques. *International Journal of Computer Science & Information Technology* , 55-56.
- Wiranto, Hartati, S., Winarko, E., & Wardoyo, R. (2014). Improving the Prediction Accuracy of Multicriteria Collaborative Filtering by Combination Algorithm. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* , 1.