**APLIKASI REKOMENDASI PERPUSTAKAAN DIGITAL MENGGUNAKAN DEEP COLLABORATIVE FILTERING BERBASIS MOBILE DAN WEB**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**EVAN OWEN PASARIBU** (NIM. 171111067)

**IMAN FAJAR LOMBU** (NIM. 171111768)

**MARTUA SINAGA** (NIM. 171112356)



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**

**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER**

**MIKROSKIL**

**MEDAN**

**2021**

**MOBILE AND WEB APPLICATION FOR DIGITAL LIBRARY RECOMMENDATION USING DEEP COLLABORATIVE FILTERING**

**FINAL RESEARCH**

By:

**EVAN OWEN PASARIBU** (NIM. 171111067)

**IMAN FAJAR LOMBU** (NIM. 171111768)

**MARTUA SINAGA** (NIM. 171112356)



**STUDY PROGRAM OF INFORMATICS ENGINEERING**

**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER**

**MIKROSKIL**

**MEDAN**

**2021**

# DAFTAR ISI

[DAFTAR ISI i](#_Toc72265584)

[DAFTAR GAMBAR iii](#_Toc72265585)

[DAFTAR TABEL iv](#_Toc72265586)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc72265587)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc72265588)

[1.2 Rumusan Masalah 2](#_Toc72265589)

[1.3 Tujuan 2](#_Toc72265590)

[1.4 Manfaat 2](#_Toc72265591)

[1.5 Batasan Masalah 2](#_Toc72265592)

[1.6 Metodologi Pengembangan Sistem 3](#_Toc72265593)

[BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5](#_Toc72265594)

[2.1 Perpustakaan Digital 5](#_Toc72265595)

[2.1.1 Jenis Koleksi Digital 5](#_Toc72265596)

[2.1.2 Format File Digital 6](#_Toc72265597)

[2.1.3 Digitalisasi File Digital 7](#_Toc72265598)

[2.1.4 Klasifikasi Item Perpustakaan 9](#_Toc72265599)

[2.2 Sistem Rekomendasi 11](#_Toc72265600)

[2.2.1 Content-Based Recommendation 12](#_Toc72265601)

[2.2.2 Collaborative Filtering Recommendation 13](#_Toc72265602)

[2.2.3 Hybrid Approaches 15](#_Toc72265603)

[2.3 Matriks Factorization 16](#_Toc72265604)

[2.4 Deep Learning 17](#_Toc72265605)

[2.5 Deep Collaborative Filtering 18](#_Toc72265606)

[2.5.1 Normalisasi Data Pada Deep Collaborative Filtering 20](#_Toc72265607)

[2.5.2. Menghitung Kesalahan Model (Loss Function) 20](#_Toc72265608)

[2.5.3 Tahapan Rekomendasi Pada Deep Collaborative Filtering 21](#_Toc72265609)

[2.6 Pengujian Perangkat Lunak dan Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi 23](#_Toc72265610)

[2.6.1 Pengujian Perangkat Lunak dengan Black Box Testing 24](#_Toc72265611)

[2.6.2 Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi 24](#_Toc72265612)

[DAFTAR PUSTAKA 26](#_Toc72265613)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2.1 Contoh *Matriks Factorization* 17](#_Toc72265513)

[Gambar 2.2 Ilustrasi Penerapan *Deep Collaborative Filtering* 19](#_Toc72265514)

[Gambar 2.3 Perkalian Matriks *Latent Factor User* Dan *Item* 23](#_Toc72265515)

# DAFTAR TABEL

[Tabel 2.1 Kelas Umum Dewey Decimal Classification 23 10](#_Toc72265569)

[Tabel 2.2 Kelas Utama Universal Decimal Classification 10](#_Toc72265570)

[Tabel 2.3 Matriks rating *content-based recommendation* 12](#_Toc72265571)

[Tabel 2.4 Matriks *User* x *Item* Pada Sistem Rekomendasi *Collaborative Filtering* 14](#_Toc72265572)

[Tabel 2.5 Contoh Matriks *Rating User* Terhadap Suatu *Item* 16](#_Toc72265573)

[Tabel 2.6 Ringkasan Notasi 19](#_Toc72265574)

[Tabel 2.7 Data Sebelum Normalisasi 20](#_Toc72265575)

[Tabel 2.8 Data Setelah Normalisasi 20](#_Toc72265576)

[Tabel 2.9 Matriks *Rating* Hasil Prediksi 23](#_Toc72265577)

# BAB I PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Saat ini sistem rekomendasi telah diterapkan di berbagai domain seperti musik, film, buku, dan produk (Zhang & Yang, 2019). Penggunaan teknik rekomendasi yang akurat dan efisien sangat penting bagi suatu sistem untuk memberikan hasil yang baik dan bermanfaat kepada setiap penggunanya (Isinkaye, et al., 2015). Sistem rekomendasi *collaborative filtering* dapat merekomendasikan *item* berdasarkan kumpulan *user* dengan preferensi yang sama (Rahmawati, et al., 2018). Tetapi, sistem rekomendasi ini mengalami masalah *sparsity* pada matriks *rating*. Banyak *user* hanya menilai sejumlah kecil *item* sehingga rekomendasi yang dihasilkan memiliki akurasi yang sangat rendah (Saeed & Mansoori, 2017). Sementara dalam konteks perpustakaan digital, banyaknya koleksi dan kebutuhan informasi yang beragam membuat *rating* dari *user* sangat diperlukan. Tetapi, *rating* pada perpustakaan digital cenderung jarang diberikan oleh *user* (Wenige & Ruhland, 2018). Oleh karena itu, diperlukan suatu teknik yang dapat memprediksi *rating* *user* terhadap *item* (Bobadilla, et al., 2020).

*Deep learning*, sebagai jenis pendekatan *machine learning* telah berhasil diterapkan di banyak domain penelitian berbeda, seperti *computer vision*, *speech recognition*, *natural language processing* dan lain sebagainya (Liu & Wu, 2017). Menggunakan *deep learning* pada sistem rekomendasi memungkinkan model secara otomatis mempelajari fitur yang digeneralisasi dengan baik bagi *user* dan *item* dari sumber daya yang berbeda, sehingga membuat sistem rekomendasi akanlebih memahami apa yang dibutuhkan *user* dan hal tersebut akan meningkatkan hasil rekomendasi (Ikasari, et al., 2018). Model *deep learning* untuk *collaborative filtering* merupakan penggabungan *collaborative filtering* berbasis matriks *factorization* dengan algoritma *deep learning*. *Deep collaborative filtering* yang merupakan model *hybrid*, menggunakan matriks *rating* dan *side information* serta mengintegrasikan matriks *factorization* dan fitur *learning* dengan memodelkan pemetaan antara *latent factors* yang digunakan dalam *collaborative filtering* dan *latent layers* dalam *deep models* (Li, et al., 2015).

*Deep collaborative filtering* dapat memberikan hasil yang lebih baik daripada *collaborative filtering* (Li, et al., 2015). Karena penerapan *deep learning* pada perpustakaan digital dapat membantu sistem memberikan rekomendasi lebih akurat (Li, et al., 2020). Oleh karena itu, *deep collaborative filtering* diharapkan dapat mengatasi masalah *sparsity* pada perpustakaan digital.

Berdasarkan uraian di atas, maka dikembangkan sebuah aplikasi yang dapat memberikan rekomendasi kepada *user* dengan mengurangi *sparsity* pada matriks *rating* dan dituangkan dalam tugas akhir dengan judul “APLIKASI REKOMENDASI PERPUSTAKAAN DIGITAL MENGGUNAKAN DEEP COLLABORATIVE FILTERING BERBASIS MOBILE DAN WEB”.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka yang menjadi permasalahan pada penelitian ini adalah *user* jarang memberikan *rating* pada perpustakaan digital sehingga mengalami *sparsity* matriks *rating*. Akibatnya *user* tidak mendapatkan hasil rekomendasi yang baik dan bermanfaat.

## Tujuan

Tujuan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Menerapkan *deep collaborative filtering* untuk mengatasi *sparsity* matriks *rating* pada perpustakaan digital.
2. Mengembangkan aplikasi rekomendasi perpustakaan digital yang memberikan rekomendasi dalam menentukan *item* yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan *user*.

## Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi rekomendasi perpustakaan digital bersifat *easy to use*, sehingga mempermudah dalam melakukan pencarian dan menampilkan hasil sesuai keinginan *user*.
2. Hasil laporan ini diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan sistem rekomendasi perpustakaan digital yang lebih besar.

## Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. *Rating* didapatkan dengan asumsi ketika *user* telah selesai membuka *item* perpustakaan.
2. *Member* akan mendapatkan rekomendasi setelah mendaftar pada perpustakaan digital.
3. *Guest* akan mendapatkan rekomendasi *item* dengan *rating* tertinggi.
4. *Mobile application* sebagai produk dari Tugas Akhir ini hanya dapat dijalankan pada *smartphone* dengan *operating system* android versi minimal Lollipop 5.0+.
5. Jumlah aktor dalam sistem ini yaitu dari 3 (tiga), terdiri dari *admin*, *member* dan *guest* dengan peran masing-masing aktor yaitu:

*Admin*:

1. Mengelola data *item* digital.
2. Melakukan pengujian keakuratan sistem rekomendasi.
3. Melakukan verifikasi *member* terdaftar.
4. Mengelola laporan member, *item* digital, *member* baru.

*Member*:

1. Mendapat rekomendasi *item* digital.
2. Mencari, membaca, mengembalikan dan memperpanjang *item* digital.
3. Memberi *rating* dan *review* *item* digital yang telah dibaca.

*Guest*:

1. Mendapat rekomendasi *item* digital.
2. Mencari dan melihat rincian *item* digital.
3. Melakukan pendaftaran pada sistem.
4. Dataset yang digunakan sejumlah 100 data buku digital yang diperoleh dari [www.kaggle.com](https://www.kaggle.com/ruchi798/bookcrossing-dataset) yang berisi metadata produk buku pada *Book-Crossing: User review ratings* pada agustus 2020 yang dikumpulkan oleh Ruchi Bhatia. Dataset terdiri dari 3 *file* yaitu *file* *BX\_Books* (.csv) dengan atribut *ISBN, Book-Title, Book-Author, Year-Of-Publication, Publisher, Image-URL,* *file BX-Book-Ratings* (.csv) dengan atribut *User-ID, ISBN, Book-Rating,* dan *file BX-Users* (.csv) dengan atribut *User-ID, Location, Age* dengan jumlah 1,149,780 *metadata.*
5. Format *item* digital yang digunakan berupa Portable Document Format (PDF).
6. Kriteria aturan dalam aplikasi perpustakaan digital tentang peminjaman *item* digital yaitu, batas akhir penggunaan yaitu 1 minggu menggunakan model bisnis meminjam (rental) dengan ketentuan maksimal jumlah peminjaman aktif setiap *user* adalah 5 (lima) *item.*

## Metodologi Pengembangan Sistem

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini menggunakan model *waterfall* dengan setiap fase sebagai berikut:

1. Analisis Proses

Melakukan perhitungan secara manual dengan contoh masalah yang sederhana dan menggunakan *flowchart* untuk menganalisis proses algoritma yang digunakan.

1. Analisis Kebutuhan

Melakukan analisis kebutuhan fungsional dan kebutuhan *non*-fungsional. Untuk kebutuhan fungsional menggunakan *use case diagram*, kebutuhan *non-*fungsional memanfaatkan *PIECES* (*Performance*, *Information, Economy, Control, Efficiency, Service*).

1. Perancangan

Melakukan perancangan tampilan (interface) menggunakan software Figma, pemodelan basis data menggunakan Microsoft Visio, yang akan diimplementasikan ke dalam basis data menggunakan server MySQL.

1. Implementasi

Melakukan penulisan kode program, aplikasi *website* menggunakan bahasa pemrograman *PHP (Hypertext Preprocessor), Javascript* dan *Python*, dan aplikasi *mobile* menggunakan bahasa pemrograman *Kotlin dan Python.*

1. Pengujian Program

Melakukan pengujian untuk memastikan perangkat lunak yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan fungsionalitasnya.

1. Pengujian sistem rekomendasi *deep collaborative filtering* menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Pengujian MAE dan RMSE digunakan untuk mengukur keakuratan nilai rekomendasi di mana nilai dari hasil pengujian pada sistem rekomendasi akan menjadi parameter akurat atau tidaknya rekomendasi yang diberikan.
2. Pengujian fungsionalitas dari aplikasi perpustakaan digital, menggunakan metode *Black Box Testing* untuk menguji perangkat lunak apakah hasilnya sesuai dengan yang diharapkan.
3. Kesimpulan hasil pengujian

Penarikan kesimpulan diambil berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan*.*

# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

## Perpustakaan Digital

Kemajuan teknologi komunikasi informasi, internet, dan digitalisasi buku, surat kabar, majalah, jurnal, video ceramah, dan sebagian besar buku referensi mengubah konsep perpustakaan konvensional dengan model perpustakaan baru yang disebut *resource center*. Sumber daya digital ini disimpan menggunakan teknologi penyimpanan elektronik atau berlangganan dari penyedia layanan tersebut untuk mengurangi penyimpanan buku, jurnal, majalah berbasis kertas dan kemudahan dalam pencarian database, akses fasilitas, dan menekan biaya pemeliharaan perpustakaan (Aithal, 2016).

Perpustakaan digital adalah bidang penelitian yang terus berkembang. Perpustakaan digital didefinisikan sebagai kumpulan informasi elektronik yang berisi *repository* objek digital yang besar dan beragam, dan dapat diakses oleh sejumlah besar *user* yang tersebar secara geografis. Objek digital yang dimaksud seperti teks, gambar, peta, suara, video, katalog, dan jurnal ilmiah (Khiste, et al., 2018). Setiap *user* dapat mengakses sumber daya hingga informasi yang tersedia di perpustakaan dengan menggunakan komputer dan koneksi ke jaringan perpustakaan tanpa harus hadir secara fisik di perpustakaan (Nahak & Padhi, 2019).

Sejak 1990, sistem rekomendasi telah menjadi bidang yang dipelajari secara ekstensif, karena telah menjadi teknologi kunci dalam aplikasi *e-commerce*. Sistem rekomendasi dalam perpustakaan digital merupakan permintaan yang spesifik, karena luasnya koleksi digital dan kebutuhan informasi yang beragam membuat umpan balik yang efektif dari *user* diperlukan. Berbagai sistem rekomendasi telah dikembangkan seperti *content-based*, *collaborative filtering*, dan *hybrid systems*. Sistem ini bekerja berdasarkan histori *user*, seperti catatan pinjaman, *session* data atau umpan balik dari *user*. Namun, informasi umpan balik jarang dilakukan oleh *user* sehingga mempengaruhi kualitas rekomendasi (Wenige & Ruhland, 2018).

### Jenis Koleksi Digital

Perubahan perpustakaan konvensional menjadi perpustakaan digital telah mengubah operasi, fungsi dan layanan perpustakaan (Kapoor & Tiwari, 2020). Perpustakaan digital kini berperan sebagai media informasi yang menyediakan jenis koleksi digital seperti:

1. E-book

*E-book* adalah publikasi buku dalam bentuk digital yang terdiri dari teks, gambar, atau keduanya dan dapat dibaca di komputer, *e-readers* atau perangkat elektronik lainnya. *E-book* disukai oleh *user* karena fitur-fitur yang ada di dalamnya, seperti ukuran font yang dapat diubah, membuat kutipan, tautan ke situs lain yang relevan, pencarian, *sharing*, dll (Kapoor & Tiwari, 2020).

1. E-Journal

seperti makalah penelitian, komunikasi ilmiah, terbitan berkala ilmiah dalam bentuk elektronik merupakan alat yang berguna bagi para peneliti. *E-journal* berdampak tidak hanya pada perpustakaan tetapi juga pada penulis dan penerbit. Oleh karena itu, mayoritas *user* sekarang mengharapkan informasi terkini dan tepat waktu yang dapat diperoleh dengan mudah, cepat, tepat dan dari jarak jauh. Perpustakaan akademik dan perpustakaan khusus biasanya tidak dapat menolak *e-journal* dalam koleksinya. Terdapat jenis jurnal online lainnya seperti artikel akses terbuka yang tersedia di web untuk dilihat dan di *download* tanpa biaya (Kapoor & Tiwari, 2020).

1. E-Thesis

*E-Thesis* merupakan layanan yang sangat berguna bagi *user* atau sebagian besar peneliti dalam mengumpulkan data yang besar untuk mata pelajaran tertentu. Pengadaan dan pengaksesan e-thesis dapat mengurangi duplikasi pekerjaan penelitian dan memberikan wilayah penelitian kepada para *user* (Kapoor & Tiwari, 2020).

### Format File Digital

Terdapat banyak format file digital, di antaranya sebagai berikut:

1. PDF (*Portable Document Format*)

PDF adalah salah satu format *e-book* paling populer. Karena format PDF dikembangkan untuk menyediakan sarana yang tidak bergantung platform untuk menampilkan dan bertukar dokumen dengan tata letak tetap. File PDF didukung oleh hampir semua perangkat *e-reader*, seperti *tablet*, PC, *laptop*, dan *smartphone*. Hal tersebut membuat PDF dapat diterima secara luas sebagai format pengarsipan digital. Namun, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa PDF bukanlah format yang ideal untuk membaca di layar perangkat. Karena format PDF yang dirancang untuk mereproduksi halaman dengan tata letak tetap, sehingga aliran ulang teks agar sesuai dengan perangkat seluler dan layar pembaca *e-book* bisa menjadi masalah. Mallett mencatat bahwa perangkat *Sony Reader* dan *iPod Touch* melakukan pekerjaan yang buruk dalam mendukung PDF, dokumen ditampilkan dengan ukuran yang sangat kecil dan kata-katanya terkadang campur aduk (Zeng, et al., 2016).

1. EPUB (*Electronic Publication*)

EPUB merupakan standar *e-book* gratis dan terbuka yang dibuat oleh *International Digital Publishing Forum* (IDPF). EPUB dikembangkan dengan menggunakan format teks mengalir secara *real-time* sehingga orang dapat membacanya menggunakan *e-reader* mana pun. Hal tersebut membuat EPUB menjadi format *file* yang disukai dalam hal keterbacaan informasi secara tekstual dan lebih cocok untuk persyaratan ilmiah daripada format PDF. Meskipun EPUB adalah standar industri, EPUB belum sepenuhnya didukung oleh semua perangkat *e-reader* (Zeng, et al., 2016)*.*

1. HTML (*Hyper Text Markup Language*)

HTML merupakan tulang punggung dari *world wide web*. Ada banyak teks yang didistribusikan dalam format ini karena dapat digunakan pada berbagai *platform* komputer dengan sistem operasi yang berbeda-beda. HTML memiliki *style* utama CSS (*cascading style sheet*) dan dapat disisipi bahasa pemrograman lainnya seperti PHP, Perl, JavaScript, VBScript, dll. Namun, HTML tidak bisa berdiri sendiri sebagai bahasa pemrograman web, memiliki penggunaan tag yang banyak, dan versi HTML yang baru belum tentu bisa dijalankan pada semua *browser* (Fitri & Syah, 2020).

1. AZW (*Amazon World*)

Format AZW merupakan format *file* milik amazon yang menyerupai format MOBI dengan menyertakan DRM (*digital rights management*) yang di khususkan untuk *kindle* *amazon* yang tidak di dukung secara luas di *e-reader* (Fitri & Syah, 2020)*.*

### Digitalisasi File Digital

Digitalisasi di definisikan sebagai proses pengambilan bahan pustaka tradisional berupa buku dan kertas dan mengubahnya menjadi bentuk elektronik sehingga dapat disimpan dan dimanipulasi oleh komputer (Singh, 2017). Terdapat enam tahapan digitalisasi *item* digital yaitu:

1. Registering

Sebelum memindai dokumen perlu untuk mendaftarkannya terlebih dahulu dan menggunakan sistem pengarsipan untuk melacaknya. Ini berfungsi untuk menghindari risiko kehilangan *hardcopy*, kehilangan *file*, melewatkan langkah-langkah dalam proses atau menggandakan pekerjaan yang mungkin tanpa disadari. Ada juga risiko kehilangan *file* versi elektronik karena salah nama atau disimpan di *subdirectory* yang salah.

1. Scanning Document

Sebelum melakukan pemindaian dokumen, bersihkan dokumen, pastikan semua halaman dokumen ada dan terurut, jika terdapat dokumen dalam kondisi buruk carilah salinan baru. Lakukan pemindaian sesuai dengan alat dan teknik pemindaian yang ada.

1. Optical Character Recognition (OCR)

OCR merupakan perangkat lunak yang berfungsi mengubah gambar yang dipindai menjadi *file* teks yang dapat dibaca oleh *software* pengolah kata. OCR akan memecah blok teks menjadi beberapa baris atau menjadi karakter individu dan mencocokkan gambar dari setiap huruf dengan pola yang dikenali sebagai "a", "b", dll. Gunakan OCR yang dikhususkan untuk menghindari masalah penggunaan bahasa skrip latin dengan karakter beraksen.

1. Proofreading

*Proofreading* merupakan tahapan koreksi teks dan tata letak dokumen. Ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Membandingkan teks yang dipindai pada layar dengan *hardcopy* dan memasukkan koreksi langsung ke komputer. Pemeriksa ejaan pengolah kata akan membantu dalam kesalahan ejaan dengan cepat.
2. Mencetak teks pindaian dan membandingkannya dengan salinan aslinya. Tandai koreksi apa pun pada hasil cetak, lalu masukkan ke dalam komputer. Ini adalah metode yang lebih lambat, tetapi mungkin merupakan opsi terbaik jika tidak ada cukup komputer untuk setiap korektor.
3. Reformatting

OCR dapat menghasilkan dokumen yang terdiri dari teks lurus, tanpa kolom, *header* dan *footer*. Untuk itu diperlukan pembaruan untuk mengoreksi dan memasukkannya ulang dalam halaman, atau juga adanya pembaharuan jenis huruf, *style* judul, dan sebagainya, untuk membuat dokumen lebih menarik dan mudah dibaca. Sebagai alternatif, sesuaikan pengaturan program OCR untuk mempertahankan tata letak halaman.

1. Final Version

Kebanyakan dokumen memerlukan beberapa informasi tambahan agar pembaca dapat mengidentifikasinya dengan mudah. Contohnya, untuk sebuah buku diperlukan penambahan judul buku, penulis atau editor, penerbit, dan tanggal penerbitan pada dokumen terkait. Untuk artikel jurnal perlu mencantumkan judul jurnal, tanggal, volume dan nomor terbitan, judul artikel dan pengarang serta nomor halaman pada jurnal asli yang dicetak. Dengan kata lain ada kebutuhan untuk menambahkan Metadata untuk mendeskripsikan setiap dokumen.

### Klasifikasi Item Perpustakaan

Klasifikasi merupakan salah satu alat tertua yang dikembangkan oleh ahli pustakawan dan dianggap sebagai dasar dari kepustakawanan karena fungsinya yang serbaguna. Tujuan tradisional klasifikasi untuk menempatkan objek fisik di rak telah kehilangan fungsinya dalam kasus sumber daya elektronik jarak jauh. Namun, klasifikasi memiliki fungsi lain dalam kategorisasi, yang lebih berguna dalam kasus sumber daya elektronik, karena berperan dalam pengorganisasian subjek (Kumbhar, 2012). Berikut beberapa sistem klasifikasi yang digunakan sebagai pedoman dalam perpustakaan, yaitu:

1. *Dewey Decimal Classification*

*Dewey decimal classification* atau disingkat DDC merupakan sistem yang mengorganisasi pengetahuan secara umum, yang terus menerus direvisi untuk mengikuti perkembangan pengetahuan. DDC diterbitkan pertama kali pada tahun 1873 oleh Melvin Dewey. Edisi termutakhir dari DDC adalah DDC 23 yang diterbitkan pada tahun 2011 oleh Joan S. Mitchell dengan hak cipta pada *Online Computer Library Centre, Inc*. (OCLC) (Mallawa, 2012). Kelas Umum Dewey Decimal Classification 23 dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. Kelas Umum Dewey Decimal Classification 23

Sumber (Suresha & Narayanaswamy, 2016)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | Kode | Subjek |
| 1 | 000 | *Computers, Information and General Reference* |
| 2 | 100 | *Philosophy and Psychology* |
| 3 | 200 | *Religion* |
| 4 | 300 | *Social Sciences* |
| 5 | 400 | *Language* |
| 6 | 500 | *Science and Mathematics* |
| 7 | 600 | *Technology* |
| 8 | 700 | *Arts and Recreation* |
| 9 | 800 | *Literature* |
| 10 | 900 | *History and Geography* |

1. *Universal Decimal Classification*

*Universal Decimal Classification* atau disingkat UDC merupakan klasifikasi internasional pertama yang dirancang untuk informasi bibliografi dan pekerjaan dokumentasi yang disebut perluasan dari *Dewey Decimal Classification* (Satija, 2008). *Universal Decimal Classification* mencakup seluruh domain pengetahuan, dengan 10 kelas utama dan kelas utama ke-4 yang masih kosong, dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. Kelas Utama *Universal Decimal Classification*

Sumber (Satija, 2008)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | Kode | Subject |
| 1 | 0 | *Generalities* |
| 2 | 1 | *Philosophy; Psychology* |
| 3 | 2 | *Religion, Theology* |
| 4 | 3 | *Social Sciences* |
| 5 | 4 | *[Vacant]* |
| 6 | 5 | *Natural Sciences; Mathematics* |
| 7 | 6 | *Technology* |
| 8 | 7 | *The Arts* |
| 9 | 8 | *Language; Linguistics; Literature* |
| 10 | 9 | *Geography; Biography; History* |

Dari ke-10 kelas utama tersebut dapat diperluas lagi dengan notasi dari table bantu yang terdiri dari dua jenis, yaitu alat bantu umum yang dapat diterapkan secara universal dan alat bantu khusus yang dapat diterapkan secara terbatas atau secara local (Satija, 2008).

## Sistem Rekomendasi

Sistem rekomendasi merupakan fitur yang berfungsi untuk membantu *user* untuk menemukan saran tentang *item* apa yang sebaiknya digunakan atau dipilih. Secara umum sistem rekomendasi ditujukan untuk individu yang kekurangan pengalaman atau kompetensi yang cukup untuk mengevaluasi banyaknya jumlah alternatif *item* yang ada pada suatu kasus tertentu (Elahi, et al., 2016). Saat ini sistem rekomendasi telah diterapkan di berbagai domain seperti musik, film, buku, dan produk. Fungsi tersebut tidak hanya dapat merekomendasikan produk yang disukai *user* tetapi juga dapat secara aktif mempromosikan pemasaran produk. Dasar dari sistem rekomendasi dibangun dengan asumsi bahwa riwayat *user* internet dapat sepenuhnya mewakili preferensi *user*, dan asumsi ini berarti bahwa preferensi *user* dapat diperoleh dengan *data mining* dan analisis riwayat *user* (Zhang & Yang, 2019)*.*

Penggunaan teknik rekomendasi yang akurat dan efisien sangat penting bagi suatu sistem untuk memberikan hasil yang baik dan bermanfaat kepada setiap penggunaanya. Salah satu masalah yang menyebabkan sistem rekomendasi tidak akurat adalah karena terjadinya *sparsity*. *Sparsity* merupakan masalah yang terjadi akibat kurangnya informasi yang cukup, yaitu hanya sedikit dari jumlah *item* yang tersedia dalam database yang dinilai oleh *user.* Akibatnya, *user* tidak mendapatkan hasil rekomendasi yang baik dan bermanfaat (Isinkaye, et al., 2015).

Dalam melakukan pengumpulan data *user* untuk sistem rekomendasi, terdapat dua cara (Andini & Zulkarnain, 2013) yaitu dengan cara Eksplisit dan Implisit. Eksplisit merupakan pengumpulan data yang diperoleh berdasarkan *feedback* dari *user* secara langsung, data dapat diperoleh dengan meminta pendapat langsung dari *user*, bisa berupa *rating*, *likes/dislikes*, maupun kata pencarian (*keyword*). Metode Implisit merupakan pengumpulan data berdasarkan pengamatan pola kecenderungan *user*, seperti kecenderungan *user* terhadap suatu *item* dengan kriteria tertentu yang dimiliki *item* tersebut. Metode pengumpulan data pada teknik implisit tidak melibatkan kontribusi *user* melainkan dengan cara pendekatan dari perilaku *user* dan menyimpulkan data-data yang sudah dikumpulkan oleh sistem. Berdasarkan pendekatan yang umum dalam sistem rekomendasi dibagi menjadi tiga klasifikasi yaitu*: content-based recommendation, collaborative filtering recommendation, dan hybrid recommendation* (Lü, et al., 2012).

### Content-based Recommendation

*Content-based recommendation* menggunakan ketersediaan konten (sering juga disebut dengan fitur, atribut atau karakteristik) sebuah *item* sebagai basis dalam pemberian rekomendasi (Ricci, et al., 2015). Sebagai contoh, sebuah film mempunyai konten seperti genre, *author*, tahun rilis, dan lain-lain, atau sebuah file dokumen memiliki konten berupa tulisan yang ada di dalamnya.

*Content-based recommendation* mencoba untuk melakukan mencocokkan (*matching*) antara profil *user* (*user* *profile*) dengan konten *item* (*item* *content*). Misalnya, seorang *user* telah memberi *rating* kepada 5 buah *item* 𝑖1, 𝑖2, 𝑖3, 𝑖4, 𝑖5 yang memiliki empat buah fitur 𝑗1, 𝑗2, 𝑗3, 𝑗4, 𝑗5. Angka 1 menandakan bahwa *item* tersebut memiliki atribut yang bersangkutan, sedangkan angka 0 menunjukkan bahwa *item* tersebut tidak memiliki atribut tersebut. Contoh matriks *rating* *content-based recommendation* dapat dilihat pada tabe 2.3.

Tabel 2. Contoh Matriks *Rating* *Content-based Recommendation*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Fitur* | *Fitur* | *Fitur* | *Fitur* | *Fitur* |
| *Item* | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| *Item* | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| *Item* | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| *Item* | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| *Item* | 1 | 1 | 0 | 1 | ? |

Untuk menghitung bobot dari masing-masing atribut dapat dengan menggunakan rumus berikut (Uluyagmur, et al., 2012).

(1)

Di mana:

𝑤 (𝑢, 𝑗𝑘) merupakan bobot yang dimiliki oleh *user* u terhadap fitur 𝑗𝑘.

𝐼𝑢 merupakan satu set *item* yang telah di *rating* oleh *user* u.

𝑥 (𝑖, 𝑗) merupakan nilai kehadiran (angka 1atau 0) sebuah fitur di dalam sebuah *item*.

𝑟 (𝑢, 𝑖) merupakan *rating* yang diberikan *user* u terhadap *item* i.

Sedangkan untuk menghitung prediksi *rating* yang akan diberikan seorang *user* terhadap sebuah *item* dapat menggunakan formula berikut ini.

(2)

Di mana :

merupakan prediksi *rating* *user u* terhadap *item i.*

𝐷𝑖 merupakan fitur yang muncul di dalam *item i*.

*Content-based recommendation* memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

1. Sistem rekomendasi ini dapat menjelaskan bagaimana hasil rekomendasi didapatkan.
2. Sistem rekomendasi ini dapat merekomendasikan *item* yang bahkan belum pernah di *rating* oleh *user*.

Namun, *content-based recommendation* juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

1. Sistem rekomendasi ini tidak memiliki kemampuan untuk dapat memberikan hasil rekomendasi yang tidak terduga (*serendipity problem*).
2. Sistem rekomendasi ini memerlukan sebuah profil *user* yang berisikan ketertarikan dan minat *user*. Bagi *user* baru yang belum pernah melakukan aktivitas apapun dan tidak memiliki profil *user* yang cukup, sistem rekomendasi tidak dapat memberikan rekomendasi yang andal kepadanya (*cold start problem*).

### Collaborative Filtering Recommendation

Sistem rekomendasi *collaborative filtering* memberikan rekomendasi *item* berdasarkan kumpulan *user* dengan preferensi yang sama atau *similarity* dari setiap *user*. Proses *collaborative* *filtering* dilakukan dengan melihat persamaan *rating* pada pekerjaan dengan metode *user to user*. *Similarity* antara *user* dapat dihitung berdasarkan dari *rating* yang diberikan pada oleh *user*. Metode *collaborative* *filtering* juga sering disebut sebagai “*people-to-people correlation*” (Rahmawati, et al., 2018). Pendekatan *collaborative filtering* dibagi menjadi dua kelompok: Pendekatan berbasis memori dan model. Pendekatan berbasis memori (berbasis *heuristik*) membuat prediksi berdasarkan kesamaan antara *user* dan *item*. Pendekatan berbasis model berusaha membuat model prediksi melalui *machine learning*. Secara khusus, model berbasis faktorisasi matriks telah memperoleh popularitas karena memiliki akurasi dan skalabilitas yang relatif tinggi. Meski demikian, *collaborative filtering* masih memiliki tantangan terhadap *sparsity* matriks *rating* (Yang, et al., 2017).

*Collaborative filtering* bertujuan untuk merekomendasikan *item* baru atau memperkirakan kegunaan *item* tertentu terhadap *user* tertentu berdasarkan kesukaan *user* di masa lalu dan pandangan dari *user* lain yang berpikiran sama. Terdapat dua tugas yang dapat dilakukan oleh *collaborative filtering* yakni (Nilashi, et al., 2013):

1. *Rating* *Prediction* yaitu memprediksi peringkat yang akan dimiliki oleh *item* yang tak terlihat kepada *user* target.
2. *Recommendation Task* yaitu menyediakan daftar rekomendasi *top*-N dari *item* relevan yang tak terlihat kepada *user* target.

*Collaborative filtering* beroperasi di dalam sebuah matriks *rating*. *Rating* yang diberikan oleh *user* terhadap *item* direpresentasikan sebagai R dan nilai *rating* tersebut merupakan bilangan bulat tidak negatif atau bilangan real dengan jarak tertentu. *Collaborative filtering* mencoba memprediksi *rating* yang akan diberikan oleh *user* terhadap suatu *item* yang belum pernah diberi *rating* sebelumnya.

Misalnya, terdapat lima *user* 𝑢1,2,𝑢3,..𝑢5 dan lima *item* 𝑖1,2,𝑖3,..𝑖5. Sebuah sistem rekomendasi ingin memprediksi berapa *rating* yang akan diberikan oleh 𝑢1 kepada 𝑖5 seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2. Contoh Matriks *User* x *Item* Sistem Rekomendasi *Collaborative Filtering*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Item* | *Item* | *Item* | *Item* | *Item* |
| *User* | 5 | 7 | 5 | 7 | 7 |
| *User* | 5 | 7 | 5 | 7 | 9 |
| *User* | 5 | 7 | 5 | 7 | 9 |
| *User* | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| *User* | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |

Proses pada *collaborative filtering* dimulai dengan menghitung *similarity* antar *user* yang memiliki ketertarikan yang sama dengan menggunakan persamaan (Rahmawati, et al., 2018):

(3)

Keterangan:

adalah *similarity* antara *user* u dan *user* j

adalah interaksi *user* u pada pekerjaan x

adalah rata-rata interaksi dari *user* u

adalah interaksi dari *user* j pada pekerjaan x

adalah rata-rata interaksi dari pengguna j

Kemudian dihitung prediksi interaksi menggunakan persamaan (Rahmawati, et al., 2018):

(4)

Keterangan:

U’x adalah prediksi interaksi *user* u pada pekerjaan x

adalah rata-rata interaksi dari *user* u

adalah interaksi dari *user* j pada pekerjaan x

adalah *similarity* antara *user* u dan *user* j

Pada praktiknya sistem rekomendasi *collaborative filtering* mengalami berbagai macam masalah. Salah satu masalahnya yaitu *sparsity* matriks *rating*. Di sebagian besar sistem rekomendasi, banyak *user* hanya menilai sejumlah kecil *item* sehingga membuat ukuran kesamaan memiliki akurasi yang sangat rendah (Saeed & Mansoori, 2017)*. Sparsity* identik dengan data yang jarang atau belum terisi penuh. hal ini diakibatkan oleh adanya *item* baru yang muncul, *item* yang baru muncul bisa jadi kurang sesuai dengan keinginan *user* sehingga *user* baru membiarkan begitu saja *item* yang ditampilkan dan tidak memberikan *rating-*nya pada suatu *item* karena kurangnya referensi, *rating* *user* merupakan bagian penting untuk menghasilkan rekomendasi yang andal, *item* yang tidak mendapatkan *rating* akan sulit untuk ditemukan kaitannya dengan *item* yang lain. Banyak lagi faktor yang menyebabkan data *sparsity* ini sehingga menjadi tantangan terbesar dalam *collaborative filtering* yang paling sulit untuk diatasi (Li, et al., 2012). Sistem rekomendasi *collaborative filtering* memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah (Lucas, et al., 2013):

1. Hasil rekomendasi yang tidak andal yang dikarenakan matriks *rating* yang jarang. (*Sparsity Problem*).
2. Jika terdapat *item* baru di dalam sistem tersebut, maka sistem tidak dapat merekomendasikan *item* tersebut sampai *user* lain berminat pada *item* tersebut. (*First Rater Problem*)
3. Hasil rekomendasi tidak selamanya andal, terdapat kemungkinan adanya sebuah *user* yang hanya memiliki sedikit *neighbor* dengan tingkat kesamaan (*similarity*) yang kecil. (*grey sheep problem*)

### Hybrid Approaches

Masing-masing teknik sistem rekomendasi memiliki kelebihan dan kelemahannya tersendiri. Sehingga Algoritma *hybrid recommendation* *system* yang menggabungkan kekuatan dari model dan algoritma yang berbeda untuk mengatasi dan menyelesaikan masalah-masalah yang telah disebutkan di atas dan menjadi target penelitian yang sedang marak dikembangkan (Lü, et al., 2012).

Terdapat beberapa cara penggabungan yang dapat dilakukan dalam metode *hybrid* yaitu:

1. Penggabungan Linear (*linear combination*)

Penggabungan ini menggabungkan hasil prediksi (*rating*) dari metode *content-based* dan *collaborative*. Penggabungan ini dilakukan dengan cara pemberian *ranking* atau *Voting* (Li & Kim, 2003).

1. Penggabungan secara Sekuensial (*Sequential Combination*)

Penggabungan ini adalah melakukan perhitungan pada salah satu pendekatan *filtering* (misalkan *content-based*) kemudian hasilnya digabungkan dengan pendekatan lainnya (misalkan *collaborative*) (Li & Kim, 2003).

1. Penggabungan secara *Item-based Clustering Hybrid Method* (ICHM)

Penggabungan ini menggabungkan informasi *item* dan *rating* *user* untuk menghitung kemiripan *item-item*. Metode *Item-based* *clustering* *Hybrid Method (ICHM)* merupakan sebuah metode yang menerapkan penggabungan *hybrid recommender* system dengan tujuan untuk meningkatkan akurasi prediksi pendekatan *collaborative filtering* dan menangani masalah *item* baru yang belum di *rating* (*cold-star problem*) (Li & Kim, 2003).

## Deep Learning

*Deep learning* adalah bentuk *machine learning* yang memungkinkan komputer untuk belajar dari pengalaman dan memahami dunia dalam hal hierarki konsep. Karena komputer mengumpulkan pengetahuan dari pengalaman, sehingga operator komputer manusia tidak diperlukan untuk menentukan semua pengetahuan yang dibutuhkan oleh komputer. Hierarki konsep memungkinkan komputer untuk mempelajari konsep yang rumit dengan membangunnya menjadi konsep yang lebih sederhana. Grafik hierarki ini akan memiliki banyak lapisan (Kwanggi, 2016).

*Deep learning* telah berhasil diterapkan di banyak domain penelitian berbeda, seperti *computer vision*, *speech recognition*, *natural language processing* dan lain sebagainya.Pada bidang ini, dibandingkan dengan pendekatan tradisional, pendekatan *deep learning* meningkatkan kinerja secara luar biasa. Karena keberhasilan besar *deep learning*, beberapa peneliti mencoba menggunakannya dalam sistem rekomendasi dan berharap dapat meningkatkan kinerja sistem rekomendasi, seperti halnya penerapan model deep learning di bidang penelitian lain (Liu & Wu, 2017). Dalam satu dekade terakhir, banyak sekali penelitian yang mencoba untuk memperkenalkan metode deep learning ke dalam sistem rekomendasi untuk meningkatkan kinerja, hasilnya metode ini dapat memperoleh hasil rekomendasi yang memuaskan berbeda dengan sistem rekomendasi tradisional. Misalnya, *Restricted Boltzmann Machines* (RBM) yang terdiri dari *hidden layer* dan *visible layer* (Zhou, et al., 2018)*.*

Salah satu teknik yang digunakan pada deep learning adalah *auto-encoder. Auto-encoder* merupakan metode *unsupervised learning* yang mencobamerekonstruksi masukan data di lapisankeluaran secara umum, lapisan *bottleneck* (lapisan paling tengah) digunakan sebagairepresentasi fitur menonjol dari datamasukan. Ada banyak varian dari *auto-encoders* seperti *denoising auto-encoder, marginalized denoising auto-encoder, sparse auto-encoder, contractive auto-encoder* dan *variational auto-encode*r (VAE). Teknik *deep learning* memungkinkan model untuk secara otomatis mempelajari fitur bagi *user* dan *item* dari sumber daya yang berbeda. Fitur ini digeneralisasi dengan baik dan dapat digunakan secara efektif untuk meningkatkan kualitas rekomendasi. Dengan menggunakan *deep learning* dalam pemodelan berbagai tipe data, sistem rekomendasi akan dapat lebih memahami apa yang dibutuhkan *user* dan hal tersebut akan meningkatkan hasil rekomendasi (Ikasari, et al., 2018).

## Matriks Factorization

Matriks *factorization* adalah pendekatan *collaborative filtering* yang paling efektif. Ini memungkinkan kita untuk menemukan *latent factor* interaksi *user-item* dengan memfaktorkan matriks interaksi ke dalam *latent space* *user-item feature*. Matriks *factorization* menguraikan matriks *rating* *R* € yang terdiri dari *rating yang diberikan* oleh *m* *user* untuk *n* *item* menjadi dua low-rank *U* € dan *V* € yang terdiri dari fitur *user* dan *item*. Contoh matriks *factorization* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. Contoh *Matriks Factorization*

(Sumber: <https://developers.google.com/machinelearning/recommendation/collaborative/matrix>)

Salah satu metode matriks *factorization* klasik adalah *probabilistic matrix factorization* (PMF). Asumsi yang mendasari metode ini adalah bahwa distribusi probabilitas sebelumnya dari *latent factor* dan probabilitas *rating* yang diamati mengikuti *Gaussian distribution*. Banyak algoritma yang telah dikembangkan untuk meningkatkan kinerja PMF, dengan memasukkan *side information* seperti hubungan sosial. Tetapi metode matriks *factorization* masih mengalami masalah *cold-start*, yaitu rekomendasi apa yang harus dibuat ketika *user* / *item* baru tiba di sistem. Masalah lain yang sering muncul di banyak aplikasi dunia nyata adalah *sparsity* data. Memasukkan *side information* telah menunjukkan kinerja yang menjanjikan dalam *collaborative filtering*. Tetapi akan bermasalah jika *side information* tidak lengkap. Oleh karena itu, menggabungkan *deap learning* dengan matriks *factorization* akan memberikan hasil yang lebih baik Model pada penelitian ini didasarkan pada pendekatan *probabilistic matrix factorization* karena telah terbukti memiliki kinerja yang sangat baik pada beberapa domain.

Sistem mempelajari *latent factor* dengan meminimalkan fungsi objektif berikut:

(5)

Di mana adalah *loss* *function* untuk memprediksi *rating* menggunakan *latent factor* U dan V dan dua istilah terakhir adalah regularisasi yang digunakan untuk menghindari *overfitting*. merupakan *frobenius norm*. Pada *weighted matrix factorization* . C merupakan bobot matriks (Li, et al., 2015). .

## Marginalized Denoising Auto-encoder

Sebagai bentuk dari jaringan neural, auto-encoder mengambil suatu masukan dan memetakannya (menyandikan) ke representasi tersembunyi melalui pemetaan deterministik. Denoising auto-encoders merekonstruksi masukan dari versi data yang rusak dengan mempelajari pemetaan yang lebih kuat dari data. Berbagai jenis auto-encoder telah dikembangkan dalam literatur dan telah menunjukkan hasil yang menjanjikan di beberapa domain. Selain itu, *denoising auto-encoder* dapat ditumpuk untuk membangun *deep network* yang juga dikenal sebagai *stacked denoising autoencoder* (SDA) yang memungkinkan pembelajaran representasi tingkat yang lebih tinggi. Salah satu kelemahan utama SDA adalah biaya pelatihan komputasi yang tinggi, karena SDA mengandalkan teknik pengoptimalan berulang dan numerik untuk mempelajari sejumlah besar parameter model.

*Marginalized denoising auto-encoder* (mDA) adalah varian dari SDA yang menghindari biaya komputasi yang tinggi dengan meminggirkan kerusakan fitur secara acak dan dengan demikian memiliki solusi *closed-form* untuk mempelajari parameter model. Oleh karena itu, mDA sangat skalabel dan lebih cepat dari SDA.

Diberikan sampel set mDA mempertimbangkan beberapa lintasan (misalnya, c-*times*) dari *corruptions* acak untuk mendapatkan . Kemudian merekonstruksi *input* dengan pemetaan W yang meminimalkan *squared loss* sebagai berikut:

, (6)

Di mana merepresentasikan *corrupted version* ke- dari *input original* dan W merepresentasikan pemetaan yang diharapkan dapat meminimalkan *loss function*.

Objektif di atas dapat ditulis ulang dalam bentuk matriks sebagai

, (7)

Di mana merupakan *c-times repeated version* dari X, dan merupakan *corrupted version*. , di mana dan (Li, et al., 2015).

## Deep Collaborative Filtering

Algoritma *deep collaborative filtering* adalah algoritma yang dibuat untuk mengatasi masalah *sparsity* matriks *rating* pada algoritma *collaborative filtering.* Penyelesaian permasalahan tersebut dilakukan dengan mempelajari *side information* yang diperoleh dari profil *user* / *item* seperti demografi *user*, genre *item*, dll. *Deep collaborative filtering* yang menjembatanimatriks *factorization* dan *deep feature learning* merupakan *hybrid collaborative filtering model*. *Deep collaborative filtering* menggabungkan *probabilistic matrix factorization* dan *marginalized denoising auto-encoders. Probabilistic matrix factorization* adalah pendekatan *collaborative filtering* yang diterapkan secara luas dengan kinerja yang sangat baik, dan *marginalized denoising auto-encoders* adalah metode yang andal dalam mengekstraksi fitur tingkat tinggi dari *input*. *Marginalized denoising auto-encoders* merupakan varian dari *auto-encoder* yang merupakan metode *unsupervised learning.* Kombinasi keduanya memanfaatkan fungsinya masing-masing untuk mempelajari model yang lebih kompleks (Li, et al., 2015). Notasi yang digunakan pada *deep collaborative filtering* dapat dilihat pada tabel 2.6 dan ilustrasi penerapan *deep collaborative filtering* dapat dilihat pada gambar 2.2.

Tabel 2. Ringkasan Notasi

Sumber (Li, et al., 2015)

|  |  |
| --- | --- |
| Notasi | Deskripsi |
| m | Jumlah *user* |
| n | Jumlah *item* |
| d | Dimensi *latent factor* |
| p | Dimensi *user feature* |
| q | Dimensi *item feature* |
| *R* € | Matriks *Rating* |
| *U* € | *Latent factor user* |
| *V* € | *Latent factor item* |
| *X* € | *Side information of user* |
| *Y* € | *Side information of item* |
| *W1*  € | *Mapping Function* untuk X di *auto-encoder* |
| *P1* € | Matriks *Projection* untuk *U* |



Gambar 2. Ilustrasi Penerapan *Deep Collaborative Filtering*

Sumber (Li, et al., 2015)

### Normalisasi Data Pada Deep Collaborative Filtering

Normalisasi data dilakukan pada matriks *rating* yang mengindikasikan penilaian oleh *user* terhadap *item*. Normalisasi dilakukan dengan menggunakan *zero-mean normalization*. Nilai *rating* dari dataset dalam skala 1 – 10 akan dinormalisasikan menjadi *zero-mean* (Li, et al., 2015). U1-U10 adalah *user* dan J1-J10 adalah *item* yang di-*rating* ataupun yang tidak di-*rating* oleh *user*. Data yang belum dinormalisasi dapat dilihat pada tabel 2.7 dan data yang sudah dinormalisasi dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2. Data Sebelum Normalisasi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **User** | **J1** | **J2** | **J3** | **J4** | **J5** | **J6** | **J7** | **J8** | **J9** | **J10** |
| **U1** | 8 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **U2** | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 5 |
| **U3** | 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 4 | 0 |
| **U4** | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 | 7 | 0 | 6 | 0 | 6 |
| **U5** | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 2 | 1 | 3 | 0 |
| **U6** | 0 | 1 | 0 | 5 | 3 | 4 | 0 | 4 | 8 | 2 |
| **U7** | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| **U8** | 0 | 4 | 3 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| **U9** | 0 | 3 | 4 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 |
| **U10** | 1 | 4 | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 | 3 | 5 | 0 |

Tabel 2. Data Setelah Normalisasi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **User** | **J1** | **J2** | **J3** | **J4** | **J5** | **J6** | **J7** | **J8** | **J9** | **J10** |
| **U1** | 2,989 | 1,042 | 0,555 | -0,905 | -0,905 | -0,419 | -0,905 | -0,905 | -0,905 | -0,905 |
| **U2** | -0,905 | -0,419 | -0,905 | -0,419 | 0,068 | -0,419 | -0,905 | 0,068 | -0,905 | 1,528 |
| **U3** | 1,528 | -0,419 | -0,419 | -0,905 | -0,419 | 0,555 | -0,905 | -0,419 | 1,042 | -0,905 |
| **U4** | -0,905 | -0,905 | 0,555 | 1,042 | -0,905 | 2,502 | -0,905 | 2,015 | -0,905 | 2,015 |
| **U5** | -0,905 | -0,905 | -0,419 | -0,905 | -0,905 | 1,528 | 0,068 | -0,419 | 0,555 | -0,905 |
| **U6** | -0,905 | -0,419 | -0,905 | 1,528 | 0,555 | 1,042 | -0,905 | 1,042 | 2,989 | 0,068 |
| **U7** | -0,419 | 0,068 | -0,905 | -0,905 | -0,905 | 1,042 | 0,555 | 0,555 | 1,042 | 1,528 |
| **U8** | -0,905 | 1,042 | 0,555 | 0,068 | 0,555 | -0,905 | 0,068 | -0,905 | -0,905 | -0,905 |
| **U9** | -0,905 | 0,555 | 1,042 | 0,068 | -0,905 | -0,419 | 0,068 | 0,068 | -0,419 | 2,015 |
| **U10** | -0,419 | 1,042 | -0,905 | 0,555 | -0,419 | 0,555 | -0,905 | 0,555 | 1,528 | -0,905 |

### Menghitung Kesalahan Model (Loss Function)

Inti dari *machine learning* adalah model yang dilatih dengan data pelatihan, dan metode untuk menyesuaikan parameter model adalah berdasarkan *loss function*. Tujuan dari pelatihan ini adalah untuk meminimalkan *loss* akibat salah prediksi rata-rata model. *Loss function* diterapkan untuk menilai kualitas dan kapabilitas model pada pelatihan model *machine learning* (Chen, et al., 2018). *Deep collaborative filtering* memanfaatkan *loss function* dari *probabilistic matrix factorization* untuk menguraikan matriks *rating* R yaitu, . Berikut fungsi objektif yang digunakan pada *deep collaborative filtering* :

(8)

Di mana:

A adalah matriks indikator yang menunjukkan entri yang tidak kosong di matriks *rating* dan melambangkan produk *Hadamard* atau *pointwise product*. adalah pemetaan rekonstruktif, adalah Matriks *Projection*, adalah parameter *tradeoff*. Istilah pertama menunjukkan proses pembelajaran *marginalized denoising auto encoders.* Ini mengukur kesalahan rekonstruksi antara input fitur *user* dan fitur yang dipetakan dari input yang rusak yakni, . adalah *learned mapping* yang diharapkan untuk meminimalkan *loss data.* Istilah kedua menghubungkan *hidden layer feature* dan *latent factor* U (Li, et al., 2015).

### Tahapan Rekomendasi Pada Deep Collaborative Filtering

* + - 1. Mencari *latent factor user* dan *item*

*Latent factor* *model* telah menjadi teknik yang sukses digunakan untuk membangun sistem rekomendasi. Sebagian besar penelitian difokuskan untuk mempelajari l*atent factor* dalam situasi data *sparsity* (Rao, et al., 2017). Model *latent factor* mencoba menemukan perkiraan *rating* di matriks *user-item*, di mana *rating* digunakan untuk mengisi entri yang hilang (Sammut & Webb, 2011). Pada proses untuk mendapatkan *latent factor* akan terdapat *noisy data* yang tak terhingga jumlahnya sehingga perlu dilakukan *mapping function* untuk *side information user* dan *item* (Li, et al., 2015). Dilakukan *mapping function* W1 untuk *side information* *user* dan W2 untuk *side information item*.

(9)

(10)

,

.

Lalu diperlukan suatu matriks *projection* untuk memetakan *latent factor user* dan *item* ke *feature space.* *feature space* merupakan kumpulan fitur yang digunakan untuk mengkarakterisasi data yang akan dilatih (Mohamed, 2017). Berikut rumus matriks *projection* matriks:

(11)

(12)

untuk matriks *projection* *latent factor user* dan untuk matriks *projection* *latent factor item*.

Untuk menyelesaikan permasalahan *latent factor* U dan V, digunakan algoritma *stochastic gradient descent (SGD).* SGD adalah metode yang befungsi untuk mengoptimalkan fungsi *objective* *machine-learning* (Li & Orabona, 2019). Berikut rumus untuk mencari SGD:

(13)

(14)

Di mana η adalah *learning rate*, dan turunan dari rumus diatas didefinisikan sebagai berikut:

(15)

(16)

**Algoritma DCF untuk menemukan *latent factor* *user* dan *item***

**Input:** Matriks rating *R*, user feature *X,* item feature *Y,* Parameters

**Output :** Latent factor *U,V*

1: Initialize *U,V,*and

2: ***while*** validation error decreases, **do**

3: Update using (9);

4: Update using (10);

5: Update using (11);

6: Update using (12);

7: ***for*** each observed , ***do***

8: Update using (13);

9: Update using (14);

10: ***end for***

11: ***end while***

* + - 1. Menghasilkan rekomendasi *set*

Setelah *latent factor user* dan *item* ditemukan, dilakukan perkalian matriks untuk kedua *latent factor* seperti pada gambar 2.3, sehingga didapatkan *user-item* matriks *rating* yang baru. Matriks *rating* yang baru dapat dilihat pada tabel 2.9.



Gambar 2. Perkalian Matriks *Latent Factor User* Dan *Item*

Tabel 2. Matriks *Rating* Hasil Prediksi

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| # | Item1 | Item2 | Item3 | Item4 |
| User1 | 2,36704 | 3,55596 | 1,68560 | 2,30801 |
| User2 | 3,61134 | 4,85569 | 3,06585 | 3,81974 |
| User3 | 3,13898 | 3,82720 | 2,66200 | 3,31269 |
| User4 | 2,88840 | 3,23815 | 2,30140 | 3,13117 |

Jadi, setiap *user* akan mendapat rekomendasi *item* berdasarkan prediksi *rating user* terhadap *item* di mulai dari *item* dengan *rating* tertinggi sampai yang terendah.

## Pengujian Perangkat Lunak dan Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi

Perangkat lunak memiliki *bug* dan hal itu tidak bisa untuk dihindari. Kode ditulis oleh manusia, dan manusia dapat membuat kesalahan. Kebutuhan dapat ambigu atau salah, Kebutuhan dapat disalahpahami, komponen perangkat lunak dapat disalahgunakan, pengembang dapat membuat kesalahan saat menulis kode, dan bahkan kode yang pernah berfungsi mungkin tidak lagi benar ketika asumsi yang sebelumnya valid menjadi tidak lagi berlaku setelah perubahan. Pengujian perangkat lunak adalah respons intuitif untuk masalah ini. Setelah membangun dan menjalankan sistem, dilakukan pemeriksaan apakah sistem berfungsi seperti yang diharapkan (Fraser & Rojas, 2019). Terdapat 2 pengujian yang akan dilakukan antara lain:

### Pengujian Perangkat Lunak dengan Black Box Testing

*Black box testing* memainkan peran penting dalam pengujian perangkat lunak, ini membantu dalam validasi fungsionalitas keseluruhan sistem. *Black box testing* dilakukan berdasarkan kebutuhan pelanggan sehingga setiap persyaratan yang tidak lengkap atau tidak terduga dapat dengan mudah diidentifikasi dan diatasi. *Black box testing* dilakukan berdasarkan perspektif *user* akhir. Pentingnya *black box testing* adalah menangani masukan yang valid dan tidak valid dari sudut pandang pelanggan (Nidhra & Dondeti, 2012).

Keuntungan utama dari *black box testing* adalah, penguji tidak perlu memiliki pengetahuan tentang bahasa pemrograman tertentu, tidak hanya bahasa pemrograman tetapi juga pengetahuan tentang implementasi. Dalam *black box testing*, baik pemrogram maupun penguji tidak bergantung satu sama lain. Keuntungan lainnya adalah pengujian dilakukan dari sudut pandang *user*. Keuntungan signifikan dari *black box testing* adalah membantu mengungkap ambiguitas atau ketidakkonsistenan dalam spesifikasi persyaratan (Nidhra & Dondeti, 2012).

### Pengujian Keakuratan Hasil Rekomendasi

Sistem rekomendasi diimplementasikan untuk membantu *user* dalam mengenali informasi yang diinginkan. Akurasi adalah salah satu metrik kinerja yang banyak digunakan untuk rekomendasi untuk mengukur tingkat *error* antara peringkat aktual dan prediksi. Ini juga merupakan kriteria paling umum yang digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan sistem pemberi rekomendasi baik yang terkait dengan prediksi rating maupun rekomendasi. Dalam sistem rekomendasi, hasil rekomendasi yang diberikan perlu dilakukan pengukuran untuk mengukur tingkat akurasi hasil rekomendasi dapat dilakukan dengan melihat nilai *error* pada hasil rekomendasi yang diberikan. Metode perhitungan *error* yang digunakan yaitu *Mean Absolute Error (MAE)* dan *Root Mean Square Error* (RMSE). MAE dan RMSE disebut sebagai metrik akurasi prediksi untuk mengevaluasi kesesuaian dengan *rating* *user* sebenarnya dari prediksi sistem pemberi rekomendasi (Nilashi, et al., 2013).

1. Mean Absolute Error (MAE)

MAE adalah metrik yang umumnya digunakan untuk pengukuran akurasi prediksi dan jauh lebih banyak digunakan daripada metrik lainnya. MAE ditentukan sebagai deviasi absolut rata-rata antara peringkat yang diprediksi dan peringkat sebenarnya. Persamaan MAE yaitu sebagai berikut (Nilashi, et al., 2013):

(14)

Di mana*,*

*pi* = Nilai prediksi *item* ke i

*qi* = Nilai *rating* sebenarnya *item* ke i

N = jumlah *item* yang dihitung

Semakin rendah nilai MAE yang didapat, maka sistem semakin akurat dalam memprediksi.

1. Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE adalah metrik lain dalam akurasi prediksi, yaitu menghitung statistik akurasi. Secara konsep ini mirip dengan MAE, perbedaannya RMSE mendapatkan hasil dengan mengkuadratkan *error* (Nilashi, et al., 2013). Persamaan RMSE yaitu sebagai berikut.

(15)

Di mana,

𝑓𝑡 = Permintaan aktual periode *t*

= Ramalan permintaan periode *t*

m = Jumlah periode peramalan

# DAFTAR PUSTAKA

Aithal, D. P. S., 2016. Smart Library Models For Future Generations. *International Journal Of Engineering Research And Modern Education (IJERME),* 1(1), p. 695.

Andini, T. D. & Zulkarnain, A., 2013. Suggestions Friends Engine Berbasis Hybrid Recommender System Untuk Mendapatkan Rekomendasi Teman Terbaik Pada Web Jejaring Sosial. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia,* 7(2).

Bobadilla, J., Alonso, S. & Hernando, A., 2020. Deep Learning Architecture for Collaborative Filtering Recommender Systems. *Applied Sciences,* p. 1.

Chen, S., Liu, X. & Li, B., 2018. A Cost-Sensitive Loss Function for Machine Learning. p. 1.

Elahi, M., Ricci, F. & Rubens, N., 2016. A Survey Of Active Learning In Collaborative Filtering Recommender Systems. *Computer Science Review,* Volume 20.

Fitri, A. A. D. & Syah, W. A., 2020. Pembelajaran Bahasa Arab Berbasis E-book. *Trends and Future Perspectives on Arabic Education, Linguistics, Leterature, Culture, and Translation,* p. 225.

Fraser, G. & Rojas, J. M., 2019. Software Testing. In: S. Cha, R. N. Taylor & K. C. Kang, eds. *Handbook of Software Engineering.* s.l.:Springer International Publishing.

Han, J. et al., 2019. Adaptive Deep Modeling of Users andItems Using Side Informationfor Recommendation. *IEEE Transactions On Neural Networks And Learning Systems.*

Ikasari, D., Suhendra, A. & Farida, N., 2018. Metode Deep Learning Pada Sistem Rekomendasi : Review Paper. Volume 2, pp. 46-47.

Isinkaye, F., Folajimi, Y. & Ojokoh, B., 2015. Recommendation Systems: Principles, Methods And Evaluation. *Egyptian Informatics Journal,* p. 4.

Kapoor, N. & Tiwari, P., 2020. Library Collection Development In Digital Era. In: S. Dhar, U. Dhar & S. D. Mishra, eds. *Impact Of Research On Society: Evolving Perspectives.* New Delhi: Excellent Publishing House, pp. 150-151.

Khiste, G. P., Deshmukh, D. R. K. & Awate, A. P., 2018. Literature Audit of 'Digital Library': an Overview. *Vidyawarta,* p. 403.

Kumbhar, R., 2012. *Library Classification Trends in the 21st Century.* s.l.:Chandos Publishing.

Kwanggi, K., 2016. Book Review: Deep Learning. *Healthcare Informatics Research,* Volume 22, p. 1.

Li, Q. & Kim, B., 2003. An Approach For Combining Content-Based And Collaborative Filters. *J. Intell. Inf. Syst..*

Li, S., Hao, Z. & Ding, L., 2020. Research on the application of information technology of big data in chinese digital library. Volume 40, p. 525.

Li, S., Kawale, J. & Fu, Y., 2015. Deep Collaborative Filtering via Marginalized DenoisingAuto-encoder. pp. 812, 814.

Liu, J. & Wu, C., 2017. Deep Learning Based Recommendation: A Survey. p. 452.

Li, X. & Orabona, F., 2019. On the Convergence of Stochastic Gradient Descent with Adaptive Stepsizes. p. 1.

Lucas, J. P. et al., 2013. A hybrid recommendation approach for a tourism system. *Department of Computing and Automatic,* pp. 1-4.

Lü, L. et al., 2012. Recommender Systems. *Physics Reports,* Volume 519.

Mallawa, S., 2012. Media Pustakawan. *Dewey Decimal Classification Edisi Ke-23 : Perubahan dan Perluasan Notasi Tentang Indonesia,* 19(3), p. 11.

Mohamed, A. E., 2017. Comparative Study of Four Supervised Machine Learning Techniques for Classification. Volume 7, p. 3.

Nahak, B. & Padhi, S., 2019. The Role Of Smart Library And Smart Librarian For E- Library Services. p. 89.

Nidhra, S. & Dondeti, J., 2012. Black Box And White Box Testing Techniques - A Literature Review. *International Journal of Embedded Systems and Applications,* Volume 2.

Nilashi, M. et al., 2013. Collaborative Filtering Recommender Systems. *Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology,* p. 4173.

Rahmawati, S., Nurjanah, D. & Rismala, R., 2018. Analisis dan Implementasi Pendekatan Hybrid untuk Sistem Rekomendasi dengan Metode Knowledge Based Recommender System dan Collaborative Filtering. *Indonesian Journal Of Computing,* 3(2), pp. 12-13.

Rao, V., V, R. K. & Padmanabhan, V., 2017. Divide and Transfer: Understanding Latent Factors for Recommendation Tasks. p. 1.

Ricci, F., Shapira, B. & Rokach, L., 2015. *Recommender Systems Handbook, Second Edition.* 2 ed. New York: Springer US.

Saeed, M. & Mansoori, E. G., 2017. A Novel Fuzzy-Based Similarity Measure For Collaborative Filtering To Alleviate The Sparsity Problem. *School of Electrical and Computer Engineering,* Volume 14, p. 2.

Sammut, C. & Webb, G. I., 2011. Latent Factor Models and Matriks factorizations. p. 1.

Satija, M., 2008. DESIDOC Journal of Library & Information Technology. *Universal Decimal Classification: Past and Present,* 28(6), pp. 3-5.

Singh, U., 2017. Digitization Of Library Resources And The Formation Of Digital Libraries: A Practical Approach. pp. 11-13.

Suresha, G. & Narayanaswamy, B., 2016. International Research: Journal of Library & Information Science. *The Scheme of Library Classifications: Concerning the Structural changes of 23rd Dewey Decimal Classification (DDC),* 6(4), pp. 645-646.

Uluyagmur, M., Cataltepe, Z. & Tayfur, E., 2012. Content-Based Movie Recommendation Using Different Feature Sets. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science,* Volume 1.

Wenige, L. & Ruhland, J., 2018. Retrieval By Recommendation: Using Lod Technologies To Improve Digital Library Search. *Int J Digit Libr,* p. 2.

Yang, B., Lei, Y., Liu, J. & Li, W., 2017. Social Collaborative Filtering by Trust. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,* 39(8), p. 1.

Zeng, Y., Bai, X., Xu, J. & He, C. G. H., 2016. The Influence Of E-book Format And Reading Device On Users’ Reading Experience A Case Study Of Graduate Students. *Publishing Research Quarterly,* 32(3), pp. 2-3.

Zhang, J.-D., Chow, C.-Y. & Xu, J., 2016. Enabling Kernel-Based Attribute-Aware Matrix factorization For Rating Prediction. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering.*

Zhang, M. & Yang, Z., 2019. GACOforRec: Session-Based Graph Convolutional Neural Networks Recommendation Model. *IEEE Access,* Volume 7, p. 114077.

Zhou, W. et al., 2018. Deep Learning Modeling for Top-N Recommendation With Interests Exploring. Volume 6, p. 51442.